

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 редуктора

Студент(ка)	<u>П.А. Козлов</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

Козлов Павел Александрович. Технологический процесс изготовления шестерни редуктора. Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства». ТГУ, Тольятти, 2019 г.

В данной выпускной квалификационной работе рассматриваются вопросы проектирования технологического процесса изготовления шестерни редуктора. Рассмотрен вопрос выбора и проектирования заготовки для рассматриваемой детали. Для этого проведено экономическое сравнение возможных вариантов получения заготовки, рассчитаны припуски на обработку и определены исходные параметры заготовки. Далее рассмотрен вопрос проектирования технологии изготовления шестерни. Для этого составлен маршрут ее изготовления, выбраны средства технологического оснащения техпроцесса, определены режимы резания для операций механической обработки и проведено их нормирование, разработана технологическая документация. Также в работе рассмотрен вопрос совершенствования внутришлифовальной и токарной чистовой операций. Совершенствование внутришлифовальной операции произведено путем проектирования специального зажимного приспособления. Совершенствование токарной чистовой операции произведено путем проектирования специального резца. В ходе выполнения работы также были рассмотрены вопросы безопасности выполнения спроектированного технологического процесса и его экономической эффективности.

Выпускная квалификационная работа включает пояснительную записку состоящую из 69 страниц, 10 таблиц и 3 рисунка, графическую часть, состоящую из 7 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Служебное назначение детали.....	6
1.2 Технологичность детали.....	7
1.3 Анализ параметров техпроцесса.....	8
1.4 Задачи работы.....	9
2 Разработка технологической части работы.....	11
2.1 Обоснование выбора заготовки.....	11
2.2 Проектирование заготовки.....	13
2.3 Проектирование маршрута изготовления детали.....	18
2.4 Выбор средств оснащения техпроцесса.....	20
2.5 Определение режимов резания.....	22
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	25
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	25
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	32
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	35
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	35
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	36
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	38
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	40
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	43
4.6 Заключение по разделу.....	45
5 Экономическая эффективность работы.....	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	51
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	55

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	65

ВВЕДЕНИЕ

В технике для изменения частоты вращения и величины крутящего момента используются редукторы. Область их применения очень широкая и затрагивает все отрасли экономики. На базе редукторов строятся различные машины и механизмы от кухонной техники до авиационной промышленности. Конструкция редукторов различается по количеству ступеней, по направлению передачи крутящего момента, по исполнению и по ряду других технических признаков.

Многие машины и механизмы строятся на базе типовых редукторов. Область применения таких редукторов может быть достаточно широкой, поэтому они изготавливаются с запасом по надежности, точности и ряду других эксплуатационных характеристик. Рассматриваемая в работе шестерня входит в состав такого редуктора общего назначения. Все требования к эксплуатационным характеристикам редуктора в полной мере переносятся на данную шестерню. Выполнение данных требований закладывается на двух стадиях жизненного цикла изделия. Первая стадия это проектирование изделия, а вторая это разработка его технологии изготовления.

Главной целью данной выпускной работы является обеспечение стадии разработки технологии изготовления шестерни. Требования к технологии заключаются в обеспечении выполнения всех технических требований, предъявляемых к шестерне для всей годовой программы выпуска при минимизации затрат на ее изготовление в соответствии с производственным графиком выпуска изделий.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали

Шестерня редуктора предназначена для изменения направления передачи крутящего момента, который поступает от ведущей муфты на торцевые кулачки детали и передается ведомому валу-шестерне через эвольвентное зацепление. В редукторе шестерня устанавливается на вал при помощи шлицевого соединения, что позволяет выводить торцевые кулачки из зацепления с ведущей муфтой и тем самым останавливать передачу крутящего момента.

Характеристика условий работы шестерни складывается из нескольких факторов. К ним относят: рабочие нагрузки, условия работы непосредственно в редукторе, условия работы механизма в целом, возможность влияния внешних факторов. Рабочие нагрузки данной шестерни зависят, прежде всего, от того в каком механизме планируется применение редуктора. В большинстве случаев нагрузки будут циклическими и знакопеременными. На условия работы шестерни в механизме, прежде всего, влияет наличие смазки и внутреннего давления в редукторе. В данном случае смазывание осуществляется масляным туманом, что обеспечивает хорошие условия смазки трущихся поверхностей. Внутреннее давление регулируется специальным клапаном, что предотвращает появление избыточного давления. Условия работы механизма в целом можно зависят от области его эксплуатации. Чаще всего редуктора общего назначения применяются для выполнения работ в условиях производственных помещений и складов, поэтому условия их эксплуатации на шестерню сильного влияния не оказывают. Влияние внешних факторов на шестерню достаточно ограничено, т.к. она установлена в закрытом корпусе. Ограниченное влияние могут оказывать внешние вибрации от работы других механизмов. В целом условия работы шестерни можно охарактеризовать как типичные для данного типа деталей.

1.2 Технологичность детали

Оценка детали на технологичность выполняется по рекомендациям [1].

Сначала оценивается материал шестерни на технологичность. Оценка заключается в анализе его характеристик с точки зрения обрабатываемости на операциях механической обработки. Необходимо определить его химический состав и механические характеристики. Для этого используем данные [2]. Химический состав стали 20Х2Н4А ГОСТ 4543-71: углерод 0,16-0,22%, хром 1,25-1,65, никель 3,25-3,65%, марганец 0,3-0,6%, кремний 0,17-0,37%, медь 0,3%, сера 0,025%, фосфор 0,025%, железо около 93%. Механические характеристики: предел прочности на растяжение от 860 до 940 МПа, твердость от 280 до 320 НВ. Данные характеристики материала обеспечивают приемлемую обрабатываемость резанием как быстрорежущими сталями и твердыми сплавами, так и абразивными инструментальными материалами. В случае необходимости проведения термической обработки, данные характеристики материала позволяют использовать все стандартные методы проведения термической обработки.

Далее оценивается конструкция шестерни на технологичность. В соответствии с принятыми критериями оценки шестерня имеет конструкцию характерную для деталей этого типа. Имеются зубчатый венец, шлицы и стандартные элементы, такие как фаски, галтели и канавки. Из особенностей конструкции следует отметить наличие на торце детали кулачков. Эта конструктивная особенность шестерни позволяют использовать типовые технологические процессы для проектирования технологии изготовления, но с введением операций по обработке торцевых кулачков. Получение конфигурации детали, а также ее параметров точности и шероховатости не требует применения специальных методов обработки.

На следующем этапе оценки шестерни на технологичность оценивается возможность получения заготовки различными методами. Согласно рекомендациям [3], с учетом используемого материала детали в данном случае наиболее приемлемы методы пластического деформирования, с

учетом конфигурации детали наилучшие результаты будут при использовании штамповки на горизонтально-ковочной машине или штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе. Оба из предлагаемых методов получения заготовки достаточно производительны и обладают хорошей точностью, поэтому для окончательного выбора необходимо проведение соответствующего экономического анализа.

Анализ технологичности шестерни показал, что деталь по всем основным критериям отвечает необходимым требованиям технологичности и может считаться технологичной.

1.3 Анализ параметров техпроцесса

Параметры технологического процесса принимаются в первую очередь исходя из типа производства. Для его определения на начальной стадии проектирования используется методика [4]. Данная методика предполагает определение типа производства по массе и годовой программе выпуска деталей. Массе детали 1,4 кг и годовой программе выпуска в 5000 штук соответствует среднесерийный тип производства.

Согласно данным литературы [5] данный тип производства характеризуется следующими особенностями. Большая номенклатура изделий, которые изготавливаются периодически сменяющимися друг друга партиями. В производственном процессе возможно применение различных типов технологического оборудования, оснастки, инструмента и средств контроля, но предпочтение должно отдаваться универсальным и обеспечивающим наибольшую гибкость производственного процесса средствам оснащения техпроцесса. Разработка технологического процесса должна проводиться на базе типового техпроцесса. Ее результатом является технологическая документация в виде маршрутных карт, операционных карт и технологических наладок.

Проведем анализ типового технологического процесса изготовления шестерни. Согласно данным литературы [6] типовая деталь имеет следующий маршрут изготовления:

- 1) операции предварительной токарной обработки,
- 2) операции окончательной токарной обработки,
- 3) операции по получению элементов детали типа шпоночный паз и шлицы,
- 4) операции зубообработки,
- 5) операции термического упрочнения,
- 6) операции черного шлифования,
- 7) операции чистового шлифования,
- 8) операции отделки зубчатого венца,
- 9) моечная операция,
- 10) контрольная операция.

Для создания технологического маршрута изготовления шестерни редуктора будем использовать приведенный выше типовой технологический маршрут с небольшими доработками. В частности, следует учесть наличие внутренних шлицов и ввести соответствующую операцию для их получения. Также следует предусмотреть операции по обработке торцовых кулачков. В базовом техпроцессе отсутствуют специальные операции по получению чистовых технологических баз и их исправлению после термической обработки, поэтому следует предусмотреть включение соответствующих переходов в операции технологического процесса. При проектировании техпроцесса также следует учесть, что на чистовых операциях базирование заготовки следует выполнять по эвольвентной поверхности зубчатого венца, что нереализуемо стандартными приспособлениями, поэтому желательно провести проектирование такого станочного приспособления.

1.4 Задачи работы

Сформулируем основные задачи выпускной квалификационной работы, основываясь на поставленной цели и анализе исходных данных:

- 1) выбрать один из двух методов получения заготовки возможных в данном случае и провести ее проектирование, для этого необходимо

разработать маршруты обработки поверхностей и рассчитать припуски на обработку;

2) разработать технологический процесс изготовления шестерни на основе проведенного анализа типового техпроцесса;

3) выбрать средства оснащения техпроцесса соответствующие типу производства;

4) провести проектирование технологических операций, путем определения их структуры, а также расчетов режимов резания и нормирования операций;

5) для лимитирующих операций спроектировать специальные средства оснащения техпроцесса;

6) проанализировать техпроцесс на безопасность его внедрения в производство;

7) рассчитать экономическую эффективность принятых проектных решений.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Обоснование выбора заготовки

Анализ шестерни на технологичность показал, что выбор метода получения заготовки необходимо сделать из штамповки на горизонтально-ковочной машине и штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе путем их экономического сравнения. С этой целью используем методику [7]. Согласно ей выбирается тот метод получения заготовки, который покажет наименьшие общие затраты на получение детали. Расчет данного показателя производится по формуле:

$$C_T = C_{ЗАГ} \cdot Q + C_{МЕХ} (Q - q) - C_{ОТХ} (Q - q), \quad (2.1)$$

где $C_{ЗАГ}$ – удельная стоимость заготовки, руб/кг;

Q – масса заготовки, кг;

$C_{МЕХ}$ – удельная стоимость механической обработки, руб/кг;

q – масса детали, кг;

$C_{ОТХ}$ – удельная стоимость отходов, руб/кг.

Удельная стоимость заготовки получаемой штамповкой определяется по формуле:

$$C_{ЗАГ} = C_{ОТ} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{П}, \quad (2.2)$$

где $C_{ОТ}$ – удельная стоимость заготовки, руб/кг;

h_T – коэффициент точности выполнения штамповки;

h_C – коэффициент группы сложности штамповки;

h_B – коэффициент массы штамповки;

h_M – коэффициент марки материала;

$h_{П}$ – коэффициент производственной программы.

$$C_{ЗАГ1,2} = 75,12 \cdot 1,06 \cdot 0,7 \cdot 0,82 \cdot 2,2 \cdot 0,5 = 50,28 \text{ руб.}$$

Масса заготовки может быть определена упрощенно по формуле:

$$Q_i = q \cdot K_p, \quad (2.3)$$

где q – масса детали, кг;

K_p – коэффициент, учитывающий особенности технологического процесса штамповки и формы детали.

Рассчитываем массу заготовки получаемой методом штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе.

$$Q_1 = 7,99 \cdot 1,6 = 12,78 \text{ кг.}$$

Рассчитываем массу заготовки получаемой методом штамповки на горизонтально-ковочной машине.

$$Q_2 = 7,99 \cdot 1,4 = 11,19 \text{ кг.}$$

Удельная стоимость механической обработки определяется по формуле:

$$C_{МЕХ} = C_c + E_H \cdot C_K, \quad (2.4)$$

где C_c - удельные затраты на снятие стружки, руб/кг;

C_K - удельные капитальные затраты руб/кг;

E_H - коэффициент капитальных затрат.

$$C_{МЕХ1,2} = 3,56 + 0,1 \cdot 10,35 = 4,6 \text{ руб.}$$

Рассчитываем общие затраты на получение детали по формуле (2.1).

$$C_{T1} = 50,28 \cdot 7,99 + 4,6 \cdot (2,78 - 7,99) \cdot 1,4 = 416,07 \text{ руб.}$$

$$C_{T2} = 50,28 \cdot 7,99 + 4,6 \cdot (1,19 - 7,99) \cdot 1,4 = 411,98 \text{ руб.}$$

Проведенные расчеты показали, что метод получения заготовки на горизонтально-ковочной машине более эффективен с экономической точки

зрения, поэтому его выбираем для дальнейшего проектирования. Экономический эффект от использования выбранного метода получения заготовки в данном случае можно определить по формуле:

$$\mathcal{E} = (C_{T_1} - C_{T_2}) \cdot N, \quad (2.5)$$

где N – программа выпуска шестерни, шт.

$$\mathcal{E} = (416,07 - 411,98) \cdot 1000 = 4090 \text{ руб.}$$

2.2 Проектирование заготовки

Проектирование заготовки следует начинать с определения методов обработки поверхностей. Для этого используется методика основанная на анализе суммарных удельных затрат для каждого маршрута обработки поверхностей [8]. Выполняем эскиз шестерни и на нем каждой поверхности присваиваем номер. Эскиз представлен на рисунке 2.1.

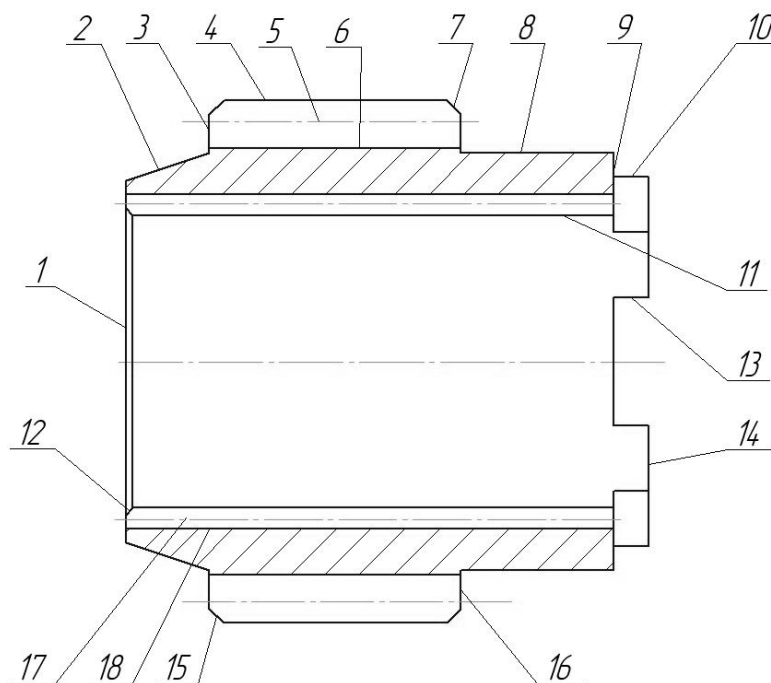


Рисунок 2.1. – Эскиз детали

Пользуясь данными [8] определяем оптимальный маршрут обработки для каждой поверхности. Согласно принятой методике на выбор маршрута

вливают заданная точность поверхности, ее шероховатость и сумма удельных затрат методов обработки, применяемых в каждом конкретном маршруте.

Маршрут обработки поверхностей 1, 14 имеющих точность IT 8 и шероховатость 0,8 мкм: точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое.

Маршрут обработки поверхностей 2, 3, 4, 8, 12, 16 имеющих точность IT 12 и шероховатость 12,5 мкм: точение, термическая обработка.

Маршрут обработки поверхности 5 имеющей степень точности 8 и шероховатость 1,6 мкм, а также эвольвентный профиль: зубофрезерование, шевингование, термическая обработка, зубошлифование.

Маршрут обработки поверхности 6 имеющей степень точности 12 и шероховатость 12,5 мкм, а также эвольвентный профиль: зубофрезерование, термическая обработка.

Маршрут обработки поверхностей 7, 15 имеющих точность IT 12 и шероховатость 12,5 мкм, с учетом их формы и расположения: точение чистовое, термическая обработка.

Маршрут обработки поверхностей 9, 10, 13 имеющих точность IT 9 и шероховатость 1,6 мкм: фрезерование, фрезерование чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое.

Маршрут обработки поверхности 11 имеющей точность IT 8 и шероховатость 0,8 мкм: точение, протягивание, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое.

Маршрут обработки поверхности 17 имеющей точность IT 9 и шероховатость 1,6 мкм: протягивание, термическая обработка.

Маршрут обработки поверхности 18 имеющей точность IT 12 и шероховатость 12,5 мкм: протягивание, термическая обработка.

Имея маршрут обработки для каждой поверхности, определяем припуски на их обработку.

Для поверхности 11, с учетом ее точности определение припусков производится по расчетно-аналитической методике [9].

Согласно выбранной методике определения припусков рассчитываем минимальный припуск на обработку для каждого перехода. Данный припуск складывается из трех основных составляющих: глубины дефектного слоя на предыдущем переходе a_{i-1} , погрешности установки в приспособлении на текущем переходе ε_i , погрешности пространственных отклонений на предыдущем переходе Δ_{i-1} .

$$Z_{i\min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}. \quad (2.6)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,28^2 + 0,08^2} = 0,691 \text{ мм.}$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,1 + \sqrt{0,06^2 + 0,02^2} = 0,163 \text{ мм.}$$

$$Z_{3\min} = a_{TO} + \sqrt{\Delta_{TO}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,25 + \sqrt{0,16^2 + 0,06^2} = 0,421 \text{ мм.}$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,15 + \sqrt{0,09^2 + 0,02^2} = 0,242 \text{ мм.}$$

Далее выполняется расчет максимального припуска на обработку для каждого перехода:

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5 \cdot \sqrt{Td_{i-1} + Td_i}, \quad (2.7)$$

где Td_{i-1} - допуск на предыдущем переходе;

Td_i - допуск на текущем переходе.

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5 \cdot \sqrt{TD_0 + TD_1} = 0,691 + 0,5 \cdot \sqrt{0,62 + 0,25} = 1,146 \text{ мм.}$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5 \cdot \sqrt{TD_1 + TD_2} = 0,163 + 0,5 \cdot \sqrt{0,25 + 0,025} = 0,226 \text{ мм.}$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5 \cdot \sqrt{TD_{TO} + TD_3} = 0,421 + 0,5 \cdot \sqrt{0,039 + 0,039} = 0,46 \text{ мм.}$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5 \cdot \sqrt{TD_3 + TD_4} = 0,242 + 0,5 \cdot \sqrt{0,039 + 0,025} = 0,274 \text{ мм.}$$

Выполняем расчет среднего припуска:

$$Z_{cpi} = \sqrt{Z_{i\max} + Z_{i\min}} \cdot 2. \quad (2.8)$$

$$Z_{cp1} = \frac{D_{1max} + D_{1min}}{2} = \frac{4,146 + 0,691}{2} = 0,919 \text{ мм.}$$

$$Z_{cp2} = \frac{D_{2max} + D_{2min}}{2} = \frac{0,226 + 0,163}{2} = 0,195 \text{ мм.}$$

$$Z_{cp3} = \frac{D_{3max} + D_{3min}}{2} = \frac{0,46 + 0,421}{2} = 0,441 \text{ мм.}$$

$$Z_{cp4} = \frac{D_{4max} + D_{4min}}{2} = \frac{0,274 + 0,242}{2} = 0,258 \text{ мм.}$$

Максимальные диаметры на переходах определяются по формуле:

$$D_{(i-1)max} = D_{imax} - 2 \cdot Z_{imin} \quad (2.9)$$

Минимальные диаметры на переходах определяются по формуле:

$$D_{(i-1)min} = D_{(i-1)max} - TD_{i-1} \quad (2.10)$$

Средние диаметры на переходах определяются по формуле:

$$D_{ср} = \frac{D_{imax} + D_{imin}}{2} \quad (2.11)$$

Для термического перехода минимальный диаметр определяется по формуле:

$$D_{(TO-1)max} = D_{(i-1)max} \cdot 0,999 \quad (2.12)$$

Выполняем расчеты.

$$D_{4min} = 42,000 \text{ мм.}$$

$$D_{4max} = 42,025 \text{ мм.}$$

$$D_{cp4} = \frac{D_{4max} + D_{4min}}{2} = \frac{42,025 + 42,000}{2} = 42,0125 \text{ мм.}$$

$$D_{3max} = D_{4max} - 2 \cdot Z_{4min} = 42,025 - 0,484 = 41,58 \text{ мм.}$$

$$D_{3min} = D_{3max} - TD_3 = 41,58 - 0,039 = 41,541 \text{ мм.}$$

$$D_{cp3} = \frac{D_{3max} + D_{3min}}{2} = \frac{41,51 + 41,58}{2} = 41,561 \text{ мм.}$$

$$D_{TO\max} = D_{3\max} - 2 \cdot Z_{3\min} = 40,738 - 0,842 = 40,738 \text{ мм.}$$

$$D_{cpTO} = \varnothing_{TO\max} + D_{TO\min} \rceil 2 = \varnothing_{40,699} + 40,738 \rceil 2 = 40,719 \text{ мм.}$$

$$D_{TO\min} = D_{3\max} - TD_3 = 40,738 - 0,039 = 40,699 \text{ мм.}$$

$$D_{2\max} = D_{TO\max} \cdot 0,999 = 40,738 \times 0,999 = 40,699 \text{ мм.}$$

$$D_{2\max} = D_{2\max} - TD_2 = 40,699 - 0,25 = 40,449 \text{ мм.}$$

$$D_{cp2} = \varnothing_{2\max} + D_{2\min} \rceil 2 = \varnothing_{40,699} + 40,449 \rceil 2 = 40,574 \text{ мм.}$$

$$D_{1\max} = D_{2\max} - 2 \cdot Z_{2\min} = 40,449 - 0,326 = 40,123 \text{ мм.}$$

$$D_{1\min} = D_{1\max} - TD_1 = 40,123 - 0,1 = 40,023 \text{ мм.}$$

$$D_{cp1} = \varnothing_{1\max} + D_{1\min} \rceil 2 = \varnothing_{40,123} + 40,023 \rceil 2 = 40,073 \text{ мм.}$$

$$D_{0\max} = D_{1\max} - 2 \cdot Z_{1\min} = 40,023 - 1,382 = 38,641 \text{ мм.}$$

$$D_{0\min} = D_{0\max} - TD_0 = 38,641 - 0,62 = 38,021 \text{ мм.}$$

$$D_{cp0} = \varnothing_{0\max} + D_{0\min} \rceil 2 = \varnothing_{38,641} + 38,021 \rceil 2 = 38,331$$

Припуски на обработку для остальных поверхностей определяются статистическим методом [10]. Результаты определения минимальных Z_{\min} и максимальных Z_{\max} припусков для каждого перехода представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты определения припусков В миллиметрах

Номер поверхности	Номер перехода	Z_{\min}	Z_{\max}
1	2	3	4
1	1	1,8	3,02
	2	0,8	1,2
	3	0,4	0,5
	4	0,1	0,18
2	1	1,5	2,54
3	1	1,8	2,97
4	1	1,5	2,54
5	1	0,5	1,29

Продолжение таблицы 2.1

В миллиметрах

1	2	3	4
	2	0,25	0,34
	3	0,15	0,21
6	1	0,5	0,81
8	1	1,5	2,54
9	1	1,5	1,67
	2	0,5	1,36
	3	0,05	0,11
13	1	1,5	1,67
	2	0,5	1,36
	3	0,05	0,11
14	1	1,8	1,2
	2	0,8	0,5
	3	0,4	0,5
	4	0,1	0,18

После определения припусков на обработку проектируем заготовку путем прибавления к контуру детали припусков на обработку, а также напусков. Более подробно конструкция заготовки шестерни представлена на чертеже графической части. Все необходимые для проектирования чертежа параметры заготовки приняты согласно данным [11].

2.3 Проектирование маршрута изготовления детали

Маршрут изготовления шестерни проектируется на базе типового технологического маршрута изготовления, анализ которого был проведен ранее. В процессе анализа были отмечены ключевые особенности детали, которые необходимо учесть при формировании маршрута ее изготовления. Согласно рекомендациям [12] целесообразно использовать определенные

ранее маршруты обработки отдельных поверхностей путем группирования одинаковых переходов по операциям. При этом следует учесть возможности предполагаемого к использованию технологического оборудования и оснастки. Прежде всего, это относится к возможности обработки с одного установа детали по всей ее длине. В случае невозможности такой обработки следует предусмотреть на операции два установа или разбить ее на две операции. Построенный по данным принципам маршрут изготовления шестерни выглядит следующим образом:

- 1) операция 005 Токарная, поверхности для обработки 1, 2, 3, 11;
- 2) операция 010 Токарная, поверхности для обработки 4, 8, 14, 16;
- 3) операция 015 Протяжная, поверхности для обработки 11, 17, 18;
- 4) операция 020 Токарная, поверхности для обработки 1, 14;
- 5) операция 025 Фрезерная, поверхности для обработки 9, 13;
- 6) операция 030 Фрезерная, поверхности для обработки 9, 13;
- 7) операция 035 Зубофрезерная, поверхности для обработки 5, 6;
- 8) операция 040 Зубофосаочная, обрабатываются кромки зубьев;
- 9) операция 045, Шевинговальная, поверхность для обработки 5;
- 10) операция 050 Термическая, обрабатываются все поверхности;
- 11) операция 055 Шлифовальная, поверхности для обработки 11, 14;
- 12) операция 060 Шлифовальная, поверхность для обработки 1;
- 13) операция 065 Шлифовальная, поверхности для обработки 11, 14;
- 14) операция 070 Шлифовальная, поверхность для обработки 1;
- 15) операция 075 Зубошлифовальная, поверхность для обработки 5;
- 16) операция 080 Шлифовальная, поверхности для обработки 9, 13;
- 17) операция 085 Шлифовальная, поверхность для обработки 9, 13;
- 18) операция 090 Моечная, мойке подвергаются все поверхности;
- 19) операция 095 Контрольная, контроль поверхностей по карте контроля.

Полученный маршрут изготовления используется для формирования плана изготовления детали. В данном технологическом документе должны

быть указаны все операции техпроцесса, технологическое оборудование, операционные эскизы и технические требования на выполнение операций. На операционных эскизах указываются все обрабатываемые поверхности, операционные размеры и схемы базирования. Особое внимание следует уделить выбору схем базирования. От правильности их простановки зависит точность обработки и величина операционных припусков. Более подробно рекомендации по выбору рациональных схем базирования представлены в литературе [13], а выбранные схемы базирования на листе плана изготовления графической части работы.

2.4 Выбор средств оснащения техпроцесса

Средства оснащения техпроцесса выбираются исходя из множества факторов. Согласно данным литературы [14] выделим наиболее значимые факторы, влияющие на выбор: форма заготовки, требуемая точность обработки, требуемая шероховатость обрабатываемых поверхностей, габаритные размеры заготовки, реализуемый метод обработки поверхностей, материал заготовки, экономические показатели.

Модели, марки и типоразмеры средств технологического оснащения принимаются по данным справочной литературы [15, 16, 17, 18, 19]. Ниже приведены результаты выбора.

Средства технологического оснащения операции 005: станок токарно-винторезный SPI-1000, патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80, резец контурный ГОСТ 18879-73 Т15К6, резец расточной специальный Т15К6, штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.

Средства технологического оснащения операции 010: станок токарно-винторезный SPI-1000, упор, патрон цанговый ГОСТ 2876-80, резец контурный ГОСТ 18879-73 Т15К6, штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.

Средства технологического оснащения операции 015: станок горизонтально-протяжной 7А523, планшайба, протяжка ГОСТ 20365-74 Р6М5, калибр.

Средства технологического оснащения операции 020: станок токарно-винторезный SPI-1000, упор, патрон цанговый ГОСТ 2876-80, резец контурный ГОСТ 18879-73 Т30К4, штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.

Средства технологического оснащения операции 025: станок горизонтально-фрезерный FVV-200, упор, приспособление специальное, фреза концевая ГОСТ 17026-71 P6M5, калибр.

Средства технологического оснащения операции 030: станок горизонтально-фрезерный FVV-200, упор, приспособление специальное, фреза концевая ГОСТ 17026-71 P6M5, калибр.

Средства технологического оснащения операции 035: станок зубофрезерный YB3120A, упор, приспособление специальное, фреза червячная ГОСТ 9324-80 P9K10, калибр.

Средства технологического оснащения операции 040: станок зубофасочный BC-500, упор, приспособление специальное, фреза специальная P6M5, калибр.

Средства технологического оснащения операции 045: станок шевинговальный BC-E02B, упор, приспособление специальное, шевер дисковый А Ø180 ГОСТ 8570-80 P9Ф5, калибр.

Средства технологического оснащения операции 050: установка для нагрева, емкость с охлаждающей средой.

Средства технологического оснащения операции 055: станок внутришлифовальный RIG-150, упор, патрон мембранный специальный, круг шлифовальный 1-32x40x10 23A46N7V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007, круг шлифовальный 6-100x50x20 24A54M8V30м/с1А ГОСТ 52781-2007, микрометр МК-100 ГОСТ 160-80, прибор для контроля отверстий типа «Солекс».

Средства технологического оснащения операции 060: станок внутришлифовальный RIG-150, упор, патрон мембранный специальный, круг шлифовальный 1-32x40x10 23A60K5V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007, круг

шлифовальный 6-100x50x20 24A90L7K 30м/с1А ГОСТ 52781-2007, круг
шлифовальный 1-32x40x10 23A60K5V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007,
микрометр МК-100 ГОСТ 160-80.

Средства технологического оснащения операции 065: станок
внутришлифовальный RIG-150, упор, патрон мембранный специальный, круг
шлифовальный 6-100x50x20 24A90L7K 30м/с1А ГОСТ 52781-2007,
микрометр МК-100 ГОСТ 160-80, прибор для контроля отверстий типа
«Солекс».

Средства технологического оснащения операции 070: станок
внутришлифовальный RIG-150, упор, патрон мембранный специальный, круг
шлифовальный 1-32x40x10 23A60K5V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007, круг
шлифовальный 6-100x50x20 24A90L7K 30м/с1А ГОСТ 52781-2007,
микрометр МК-100 ГОСТ 160-80.

Средства технологического оснащения операции 075: станок
зубошлифовальный YK7332A, упор, приспособление специальное, круг
шлифовальный 3-80x10x20 24A90L7K 30м/с1А ГОСТ 52781-2007, калибр.

Средства технологического оснащения операции 080: станок
плоскошлифовальный РВР-300А, упор, приспособление специальное, круг
шлифовальный 1-8x16x2,5 23A60K5V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007, калибр.

Средства технологического оснащения операции 085: станок
плоскошлифовальный РВР-300А, упор, приспособление специальное, круг
шлифовальный 1-8x16x2,5 24A90L7K 30м/с1А ГОСТ 52781-2007, калибр.

Средства технологического оснащения операции 090: моечная машина,
приспособление для загрузки-выгрузки кассет с деталями.

Средства технологического оснащения операции 095: контрольный
стол, средства контроля согласно требуемым контролируемым параметрам.

2.5 Определение режимов резания

Определить режимы резания и провести нормирование необходимо для
всех операций технологического процесса с целью применения их для

проектирования технологических операций. В ходе расчета режимов резания должны быть определены: подача на оборот S_o , скорость резания V , частота вращения n . Нормирование операций заключается в определении длины рабочего хода $L_{рх}$ и основного времени на обработку T_o . Режимы резания определяем по методике и справочным данным [9, 20], а нормирование операций по данным [21]. Результаты отражены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Режимы резания

Переход	S_o , мм/об	V , м/мин	n , об/мин	$L_{рх}$, мм	T_o , мин
1	2	3	4	5	6
Операция 005					
1	0,43	127	1000	52	0,12
2	0,43	127	1000	80	0,18
Операция 010					
1	0,43	127	1000	115	0,27
Операция 015					
1	(0,05-0,1)	3,1	-	18	0,32
Операция 020, установ А					
1	0,5	201	1250	124	0,20
Операция 020, установ Б					
1	0,5	201	1250	124	0,20
Операция 025					
1	(0,12)	29,4	1600	276	0,36
Операция 030					
1	(0,05)	39	1600	276	0,87
Операция 035					
1	1,5	32	100	36	2,7
Операция 045					
1	1,5	131	260	36	1,2

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6
Операция 055					
1	0,16	22	12000	62	0,2
2	0,16	22	12000	32	0,15
Операция 060					
1	0,16	22	12000	54	0,18
Операция 065					
1	0,086	30	18000	62	0,16
2	0,086	30	18000	32	0,1
Операция 070					
1	0,086	30	18000	54	0,14
Операция 075					
1	0,03	32	1000	36	0,48
Операция 080					
1	0,16	35	1000	276	0,33
Операция 085					
1	0,086	35	1000	276	0,11

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование станочного приспособления

Анализ базового технологического процесса показал, что при изготовлении шестерни одна из основных проблем возникает на шлифовальной чистовой операции, эскиз которой представлен на рисунке 3.1. Суть проблемы заключается в том, что для реализации теоретической схемы базирования не существует стандартного станочного приспособления. В связи с этим необходимо разработать станочное приспособление с механизированным приводом зажима, которое реализовывает теоретическую схему базирования принятую на данной операции и обеспечивает необходимую точность обработки. Реализация такой схемы возможна только при использовании в качестве установочных элементов роликов [22]. Расчет данного приспособления проводится с использованием методики проектирования и данных [23].

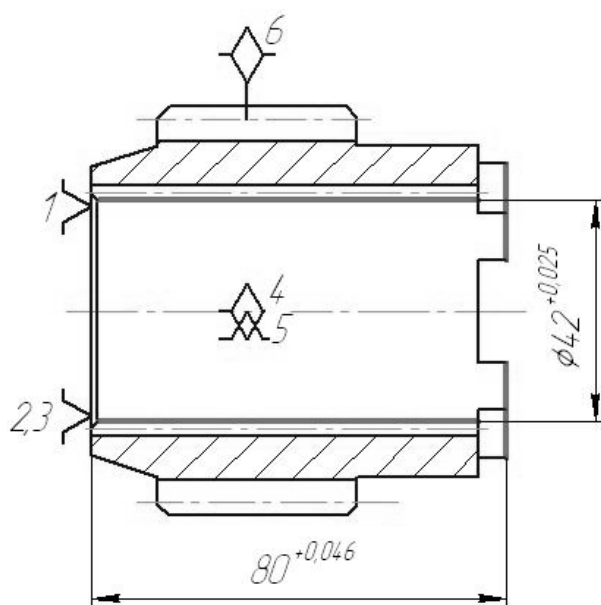


Рисунок 3.1 – Эскиз операции

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.

$$N = 0,36 \cdot 21^{0,35} \cdot 0,01^{0,4} \cdot 1,8^{0,4} \cdot 40^{0,3} = 0,6 \text{ кВт.}$$

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 .

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

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

$$P_z = \frac{0,6 \cdot 102 \cdot 60}{21} 1,25 = 219 \text{ Н.}$$

$$P_y = (3 \dots 1,8) 219 \cdot 1,25 = 329 \text{ Н.}$$

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.

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

где r_d – радиус делительной окружности, мм;

α_1 – угол зацепления, град.

$$r_0 = 69 \cdot \cos 20^\circ = 64,839 \text{ мм.}$$

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

где r_g – радиус выступов, мм;

m – модуль, мм.

$$r_2 = 73,8 - 0,3 \cdot 3 = 72,9 \text{ мм.}$$

Угол α_2 определяется из соотношения:

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

$$\cos \alpha_2 = \frac{64,839}{72,9} = 0,88942; \quad \alpha_2 = 0,475 \text{ рад.}$$

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

где z – число зубьев;

s – толщина зуба по дуге делительной окружности, мм;

θ_1, θ_2 – углы эвольвенты, рад.

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

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

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

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

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

$$d = 2 \cdot 4,839 \cdot \operatorname{tg} 0,09259 + 0,475 = 72,9 \cdot \sin 0,475 = 15,98 \text{ мм.}$$

Принимаем ближайшее стандартное большее значение диаметра ролика равное 16 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:

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

$$\alpha_3 = \frac{\pi \cdot 69}{2 \cdot 23 \cdot 69} + 0,0149 + \frac{16}{2 \cdot 64,839} - \frac{\pi}{23} = 0,069987 \text{ рад.}$$

$$L = \frac{69}{\cos 0,069987} = 76,17 \text{ мм.}$$

$$r_2^{\perp} = \sqrt{\left(152,34 \cdot \sin 0,069987 - \frac{16}{2}\right)^2 + 69^2} = 72,625 \text{ мм.}$$

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:

$$D = \frac{E \cdot h}{12 \cdot (1 - \mu^2)}, \quad (3.16)$$

где E – модуль упругости, МПа;

h – толщина мембраны, мм.

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

Ролики должны расходиться на угол:

$$\varphi = \frac{M_3 \cdot b}{D \cdot (1 + \mu)}, \quad (3.17)$$

где b – радиус поверхности закрепления, мм.

$$\varphi = \frac{90,5 \cdot 3,6}{13462 \cdot (1 + 0,3)} = 0,0186 \text{ рад.}$$

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:

$$P = \frac{4 \cdot \pi \cdot D \cdot \varphi^1}{2,3 \cdot \lg \frac{a}{b}}, \quad (3.19)$$

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:

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

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

Исходя из этого напряжения, производим подбор материала мембраны.

Примем пневматический силовой привод.

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.

$$D_{пор} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{5884}{0,4}} = 117 \text{ мм.}$$

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.

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

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

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

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

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

Конструкция спроектированного мембранного патрона представлена на соответствующем листе графической части.

3.2 Проектирование режущего инструмента

Одной из задач работ была поставлена задача проектирования режущего инструмента с целью модернизации одной из операций технологического процесса, имеющей технические недостатки. В проектируемом технологическом процессе на токарных операциях при растачивании отверстия основная проблема заключается в появлении сливной стружки. Решение задачи устранения данного недостатка произведем с помощью литературного анализа и расчета расточного резца согласно методике и данных [24].

В качестве материала режущей пластины выбираем твердый сплав Т30К4. Геометрия режущей пластины выбирается исходя из требуемой точности обработки и шероховатости. В качестве крепления режущей пластины к державке принимаем механический способ крепления.

Для определения параметров резца необходимо определить сечение срезаемого слоя:

$$F = t \cdot S, \quad (3.24)$$

где t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об.

$$F = 0,195 \cdot 0,5 = 0,0975 \text{ мм}^2.$$

Данному сечению соответствуют следующие параметры: рабочая высота резца 25 мм; диаметр державки резца 32 мм; длина резца 170 мм.

Для крепления режущей пластины к державке используем систему крепления винтом через прихват, путем прижима к опорной пластине [24]. В данной системе ключевым элементом является винт. Определим его минимально возможный диаметр:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_\delta}}, \quad (3.25)$$

где Q_1 – сила, действующая на винт, Н;

σ_δ – допускаемое напряжение, МПа.

Величина Q_1 определяется из соотношения:

$$P_{z \max} = 0,7 \cdot Q_1, \quad (3.20)$$

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

$$Q_1 = \frac{P_{z \max}}{0,7}. \quad (3.21)$$

$$Q_1 = \frac{1100}{0,7} = 1572 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1572}{3,14 \cdot 650}} = 1,76 \text{ см.}$$

Минимально возможный диаметр винта 1,76 мм. В данном случае из конструктивных соображений удобно принять диаметр винта 4 мм, что обеспечит необходимые прочностные характеристики.

Для решения проблемы появления сливной стружки будем использовать на режущей пластине уступа, спрофилированного по данным [18], который позволит получить дополнительную деформацию стружки. Конструкция резца представлена на чертеже режущего инструмента.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Выполнение данного раздела произведем с использованием рекомендаций [25].

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

В качестве технического объекта рассматривается технологический процесс изготовления шестерни редуктора, характеристики которого приведены в таблице 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
1	2	3	4	5
Технологический процесс изготовления шестерни редуктора	Токарная операция	Оператор станков с числовым управлением	Станок токарно-винторезный SPI-1000, патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80, резец контурный ГОСТ 18879-73 T15K6, резец расточной специальный T15K6	Сталь 20X2H4A ГОСТ 4543-71, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
	Фрезерная операция	Оператор станков с числовым управлением	Станок горизонтально-фрезерный FVV-200, упор, приспособление специальное, фреза концевая ГОСТ 17026-71 P6M5	

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков выполняется в соответствии с данными [25] приведена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
1	2	3
Токарная операция, фрезерная операция	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования, передвигающиеся изделия, заготовки	Металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент, цеховой транспорт
	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок,	Заготовка, режущий инструмент

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
	инструментов и оборудования	
	Опасные и вредные производственные факторы, электрического тока	Металлорежущий станок
	Опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	Металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент, цеховой транспорт
	Опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека	Металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент
	Опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума	Металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент, цеховой транспорт
	Опасные и вредные производственные факторы, вызванные загрязнением воздушной среды в зоне дыхания парами и аэрозолью смазочно-охлаждающей жидкости	Смазочно-охлаждающая жидкость
	Динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Металлорежущий станок, станочное приспособление, режущий инструмент

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Результаты данного раздела приведены в таблице 4.3.

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

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работающего
2	3	4
Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Соблюдение порядка и сроков проведения инструктажей по охране труда, применение средств коллективной защиты (защитные ограждения кожухи, экраны, автоматические выключатели)	Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, защитные очки, перчатки с полимерным и точечным покрытием, полуботинки кожаные с защитным подноском
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Соблюдение порядка и сроков проведения инструктажей по охране труда, введение в техпроцесс	Перчатки с полимерным и точечным покрытием

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
	дополнительных слесарных переходов для удаления острых кромок и заусенцев	
Опасные и вредные производственные факторы, электрического тока	Соблюдение порядка и сроков проведения инструктажей по охране труда, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, аварийное отключение оборудования	Спецодежда
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	Соблюдение порядка и сроков проведения инструктажей по охране труда, установка оборудования на виброгасящие опоры, применение массивных фундаментов оборудования	Обувь с виброгасящей подошвой
Опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека	Соблюдение порядка и сроков проведения инструктажей по охране труда, применение в технологическом процессе смазочно-охлаждающей жидкости и средств коллективной защиты (кожухи, экраны, ограждения)	Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, перчатки с полимерным и точечным покрытием
Опасные и вредные производственные факторы,	Соблюдение порядка и сроков проведения	Наушники противозумные или

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
характеризуемые повышенным уровнем шума	инструктажей по охране труда, применение звукопоглощающих средств (глушители, капоты, кожухи)	вкладыши противозумные
Опасные и вредные производственные факторы, вызванные загрязнением воздушной среды в зоне дыхания парами и аэрозолью смазочно-охлаждающей жидкости	Соблюдение порядка и сроков проведения инструктажей по охране труда, применение местной вытяжки, изоляция рабочей зоны (экраны, коробка)	Респиратор, фартук из полимерных материалов с нагрудником
Динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Соблюдение порядка и сроков проведения инструктажей по охране труда, соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

С целью обеспечения пожарной безопасности техпроцесса разрабатываем комплекс мер, представленных 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	Станок	Класс	«Пламя и	«Осколки, части

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5
изготовления шестерни редуктора	токарно- винторезный SPI-1000, патрон трехкулачковы й ГОСТ 2675- 80, резец контурный ГОСТ 18879- 73 T15K6, резец расточной специальный T15K6, станок горизонтально- фрезерный FVV-200, упор, приспособлени е специальное, фреза концевая ГОСТ 17026- 71 P6M5	возможного пожара В	искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму» [25]	разрушившихся оборудования, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящи е части оборудования, изделий и иного имущества; воздействие огнетушащих веществ» [25]

Таблица 4.5 – Технические средства пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)
Огнетушители ручные, ящики с песком, пожарные щиты	Пожарные автоцистерны, мотопомпы передвижные огнетушители	Пенная система пожаротушения	Извещатели пожарные; приборы приемно-контрольные пожарные; системы передачи извещений о пожаре; технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные	Пожарная арматура, рукава, гидранты,	Противогаз самоспасатели	Лопата, лом, багор, крюк, ведро и другие емкости для воды и песка, топор

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 редуктора	Организация пожарной охраны, обучение правилам пожарной безопасности, проведение инструктажей по пожарной безопасности, отработка действий персонала при возникновении пожара и эвакуации людей, размещение наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности	Проведение пожарных инструктажей, наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

В таблицах 4.7, 4.8 приведены результаты оценки экологической

безопасности проектируемого технологического процесса.

Таблица 4.7 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно-технологического 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 редуктора	Станок токарно-винторезный SPI-1000, патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80, станок горизонтально-фрезерный FVV-200, упор, приспособление специальное	Металлическая пыль, аэрозоль смазочно-охлаждающей жидкости	Промышленные масла, смазочно-охлаждающая жидкость, растворенная в воде стружка и металлическая пыль	Стружка, ветошь, металлолом, нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей

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 редуктора
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение пылеулавливающего оборудования
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение ступенчатой очистки сточных вод
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Сепарация отходов. Отправка на переплавку металлического лома и стружки. Утилизация отходов на специальных полигонах методом сжигания и захоронения

4.6 Заключение по разделу

Проведен анализ действующих в ходе выполнения технологического процесса изготовления шестерни редуктора опасных и вредных факторов. Разработаны мероприятия по снижению и исключению их воздействия на работников. Проведен анализ пожарной безопасности на производстве. Проанализирована экологическая безопасность рассматриваемого технологического процесса.

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 расточной, T15K6 на резец расточной со специальной заточкой для улучшения дробления стружки, T15K6. Данное совершенствование привело к уменьшению основного времени примерно на 47%;

- 065 шлифовальной, здесь заменили оправку специальную на патрон мембранный специальный. Данное совершенствование привело к уменьшению вспомогательного времени примерно на 24%.

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

- затраты на проектирование совершенствований технологического процесса;
- затраты на инструмент для операции 005;
- затраты на приспособление для операции 065;
- объем незавершенного производства, т.к. на операциях применяется оборудование с числовым программным управлением.

Сложив полученные величины, будут определены общие капитальные вложения, равные сумме 56782,56 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» [26]. Обычно технологическая себестоимость складывается из четырех показателей:

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

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

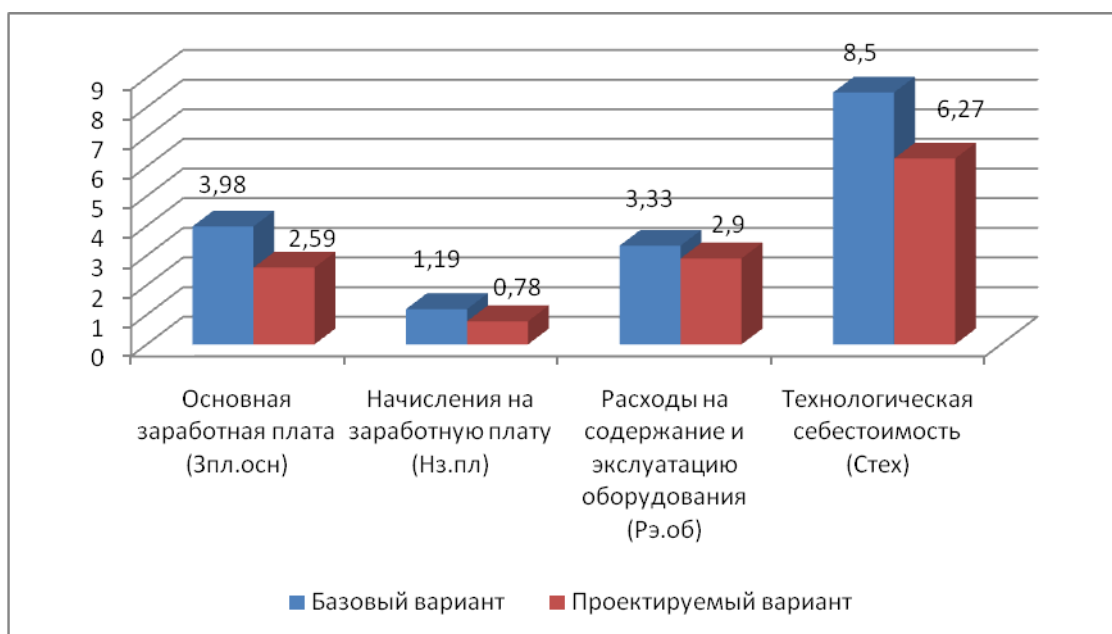


Рисунок 5.1 – Технологическая себестоимость детали «Шестерня», по изменяющимся операциям, и ее составные элементы, руб.

Анализируя представленные значения, можно сделать вывод о том, что по всем параметрам в проектируемом варианте произошло уменьшение, в среднем примерно на 27,5%. Эти изменения привели к снижению всей технологической себестоимости на 2,23 рублей, что составило 26,3%.

Знание величины технологической себестоимости, необходимо для определения величин:

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

Для определения всех указанных величин используется методика «Калькуляция себестоимости обработки» [26], благодаря которой полная себестоимость ($C_{полн}$) по базовому варианту составляет 23,05 рублей, а по проектируемому – 15,76 рублей. Полученные значения, также свидетельствуют о снижении рассчитываемых величин. Разница между сравниваемыми вариантами составляет 7,29 рублей с единицы изделия или 31,6%. Однако при сравнении изменений величин технологической и полной себестоимости, изменение последней увеличилось, это может быть связано с тем, что на определенном этапе произошло уменьшение управленческих расходов.

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

- чистая прибыль ($P_{чист}$), которая составит 29160 рублей;
- срок окупаемости ($T_{ок}$), который составит 3 года;
- чистый дисконтируемый доход ($ЧДД$), величина которого равна 9818,88 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 1,17 рублей на каждый вложенный рубль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы, основываясь на анализе исходных данных, решены основные ее задачи. Выбран один из двух методов получения заготовки возможных в данном случае и проведено ее проектирование, для этого разработаны маршруты обработки поверхностей и рассчитаны припуски на обработку. Разработан технологический процесс изготовления шестерни на основе проведенного анализа типового техпроцесса. Выбраны средства оснащения техпроцесса соответствующие типу производства. Проведено проектирование технологических операций, путем определения их структуры, а также расчетов режимов резания и нормирования операций. Для шлифовальной операции спроектирован специальный механизированный мембранный патрон, который реализует теоретическую схему базирования. Для токарной операции спроектирован резец, в конструкции которого предусмотрены специальные элементы, позволяющие улучшить дробление стружки. Техпроцесс проанализирован на безопасность его внедрения в производство. Эффективность принятых проектных решений подтверждена соответствующими экономическими расчетами. Полученные результаты позволили достигнуть цели данной выпускной работы, которая заключалась в обеспечении разработки технологии изготовления шестерни, позволяющей выполнить все технические требования, предъявляемые к шестерне для всей годовой программы выпуска при минимизации затрат на ее изготовление в соответствии с производственным графиком выпуска изделий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Михайлов, А.В. Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев, А.Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2016. - 335 с.
2. Химический состав и физико-механические свойства стали 20Х2Н4А [Электронный ресурс] – URL: <https://mashinform.ru/marochnik/stal-konstrukcionnaia/20x2n4a-obj585.html> (дата обращения: 05.05.2019).
3. Основы технологии машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. - 295 с. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545566> (дата обращения: 05.05.2019).
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: 06.05.2019).
5. 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.
6. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения: учебник / А.Н. Ковшов. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург. : Лань, 2016. - 320 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/86015> (дата обращения: 10.05.2019).
7. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М. : ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.
8. 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.

9. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение-1, 2003. – 910 с.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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: 13.05.2019).

14. 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.

15. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение-1, 2003. – 941 с.

16. Каталог оборудования. [Электронный ресурс]. – URL: <https://stanok->

kpo.ru/ (дата обращения: 15.05.2019).

17. Клепиков, В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 15.05.2019).

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

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

20. 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: 20.05.2019).

21. Подготовительно-заключительное время. [Электронный ресурс]. – URL: <http://osntm.ru/spravochnik.html> (дата обращения: 20.05.2019).

22. Станочные приспособления: справочник. В 2 т. Т. 1 / А.И. Астахов [и др.]. – Москва. : Машиностроение, 1984. – 591 с.

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

24. Режущий инструмент: учебник для вузов / Д.В. Кожевников [и др.] ; под общ. ред. С.В. Кирсанова. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва. : Машиностроение, 2014. – 520 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/63256> (дата обращения: 22.05.2019).

25. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2018. –

41 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8767> (дата обращения: 30.05.2019).

26. Краснопевцева, И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13> (дата обращения: 05.06.2019).

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Спецификации к сборочным чертежам

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		17		Винт М6х25 ГОСТ 11871-78	3	
		18		Винт М8х25 ГОСТ 11871-69	9	
		19		Винт М8х20 ГОСТ 11863-69	3	
		20		Гайка М30 ГОСТ 11878-87	1	
		21		Гайка М25 ГОСТ 11856-64	3	
		22		Демпфер ГОСТ 17679-72	2	
		23		Кольцо распорное ГОСТ 6321-80	1	
		24		Манжета ГОСТ 6967-60	4	
		25		Подшипник шариковый ГОСТ 6302-80	1	
		26		Упор ГОСТ 1223-89	1	
		27		Шайба ГОСТ 14451-63	1	
		28		Шайба стопорная ГОСТ 144812-62	1	
		29		Шток ГОСТ 2324-67	1	

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дцкл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

19.БР.ОТМП.634.65.00.000

Лист
2

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Маршрутные карты

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа						
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН
Т.19	393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ 160-80.											
20												
А.21	XX XX XX 015 4180 Протяжная											
Б.22	381751 Горизонтально-протяжной 7А510 3 16458 422 1Р 1 1 1200 1 0,52											
0.23	Протянуть поверхность 11, 17, 18 в размер $\phi 40,699_{-0,10}^{+0,10}$, $\phi 48_{-0,10}^{+0,10}$, $\phi 48_{-0,025}^{+0,025}$.											
Т.24	396171 Приспособление специальное; 392302 протяжка Р6М5 ГОСТ 20365-74, 393120 Калибр гладкий.											
25												
А.26	XX XX XX 020 4110 Токарная											
Б.27	381101 Токарный 16К20Ф3 3 18217 422 1Р $_{-0,046}^{+0,046}$ 1 1 1200 1 0,64											
0.28	Точить последовательно Установ А: пов.1 в размер 80,5 $_{-0,046}^{+0,046}$, Установ Б: пов. 14 80,25 $_{-0,046}^{+0,046}$											
Т.29	396171 Патрон цанговый ГОСТ 2675-80; 392101 Резец контурный ГОСТ 188791-73 Т15К6;											
30	393410 микрометр ГОСТ 2166-74.											
31												
А.32	XX XX XX 025 4262 Фрезерная											
Б.33	381631 Фрезерный 6Н81Г 3 18632 422 1Р 1 1 1200 1 0,58											
0.34	Фрезеровать поверхность 9 и 13 в размер $81_{-0,12}^{+0,12}$, $55^{\circ} \pm 45''$.											
Т.35	396171 Оправка разжимная ГОСТ 2675-80; 391801 Фреза твердосплавная Т15К6 ГОСТ 18868-73;											
36	393311 Штангенциркуль ШЦ-3 ГОСТ 160-80; 393400 Калибр.											
37												
А.38	XX XX XX 030 4262 Фрезерная											
Б.39	381631 Фрезерный 6Н81Г 3 18632 422 1Р 1 1 1200 1 1,1											
0.40	Фрезеровать поверхность 9 и 13 в размер $70,61_{-0,046}^{+0,046}$, $55^{\circ} \pm 30''$.											
Т.41	396171 Оправка разжимная ГОСТ 2675-80; 391801 Фреза твердосплавная Т15К6 ГОСТ 18868-73;											
МК												

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа						
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН
Б	393311 Штангенциркуль ШЦ-3 ГОСТ 160-80; 393400 Калибр.											
69												
70												
А 71	XX XX XX	035	4153	Зубофрезерная								
Б 72	381572	Зубофрезерный 5Д32		3	12287	422	1Р	1	1	1200	1	3,1
0 73	Фрезеровать пов. 5, 6 в размер 10-й степени точности											
Т 74	396171 Оправка разжимная ГОСТ 2675-80; 391810 Фреза червячная Р9К10 ГОСТ9324-80.											
75	394300 прибор измерительный универсальный.											
76												
А 77	XX XX XX	040	4162	Зубофасочная								
Б 78	381574	Зубофасочный ВС-320А		3	12287	422	1Р	1	1	1200	1	0,48
0 79	Обработать пов. 4 в размер 15°±30'											
Т 80	396171 Оправка разжимная ГОСТ 2675-80; 391810 Фреза Р6М5 специальная.											
81	393400 Калибр.											
82												
А 83	XX XX XX	045	4157	Зубошвинговальная								
Б 84	381574	Зубошвинговальный 5715		3	12287	422	1Р	1	1	1200	1	1,5
0 85	Швинговать пов. 5 в размер 7-й степени точности											
Т 86	396171 Оправка разжимная ГОСТ 2675-80; 391810 Швер дисктовый Р6М5 ГОСТ19267-73.											
87	394300 прибор измерительный универсальный.											
88												
А 89	XX XX XX	050	Термическая									
90												
91												
МК												

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кштп	Тштп
Б					Код, наименование оборудования										
А 94	XX XX XX	055	4132	Внутришлифовальная											
Б 95	381312	Внутришлифовальный	ЗК228Б	3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1			0,56
0 96	Шлифовать поверхность пов. 11, 14 в размер $\phi 41,58^{+0,025}$; 80,86 ^{+0,040}														
Т 97	396171 Патрон мембранный; 39810 Круги шлифовальные; 393120 Калибры														
98															
А 99	XX XX XX	060	4132	Внутришлифовальная											
Б 100	381312	Внутришлифовальный	ЗК228Б	3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1			0,29
0 101	Шлифовать поверхность 1 в размер; 80,16 ^{+0,040}														
Т 102	396171 Патрон мембранный; 39810 Круг шлифовальный; 393120 Калибры														
103															
А 104	XX XX XX	065	4132	Внутришлифовальная											
Б 105	381312	Внутришлифовальный	ЗК228Б	3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1			0,56
0 106	Шлифовать поверхность пов. 11, 14 в размер $\phi 40^{+0,025}$; 80,68 ^{+0,040}														
Т 107	396171 Патрон мембранный; 39810 Круги шлифовальные; 393120 Калибры														
108															
А 109	XX XX XX	070	4132	Внутришлифовальная											
Б 110	381312	Внутришлифовальный	ЗК228Б	3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1			0,26
0 111	Шлифовать поверхность 1 в размер; 80 ^{+0,040}														
Т 112	396171 Патрон мембранный; 39810 Круг шлифовальный; 393120 Калибры														
113															
А 114	XX XX XX	075	4151	Зубошлифовальная											
Б 115	381562	Зубошлифовальный	5В832	3	12287	422	1Р	1	1	1	1200	1			0,77
0 116	Шлифовать пов. 5 в размер 6-й степени точности														
МК															

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа						
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН
Б	396171 Оправка разжимная ГОСТ 2675-80; 391810 Абразивный круг											
Т 117	394300 Прибор измерительный универсальный.											
118												
119												
А 120	XX XX XX 080 4133 Шлифовальная											
Б 121	381313 Плоскошлифовальный 3Е711В 3 18873 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,56											
0 122	Шлифовать поверхности 9 и 13 в размер 70,11 ^{+0,04} , 55°±20'.											
Т 123	396171 Оправка разжимная цанговая ГОСТ 2675-80; 391801 Круг шлифовальный; 393120 Калибры.											
124												
А 125	XX XX XX 085 4133 Шлифовальная											
Б 126	381313 Плоскошлифовальный 3Е711В 3 18873 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,25											
0 127	Шлифовать поверхности 9 и 13 в размер 70,11 ^{+0,04} , 55°±20'.											
Т 128	396171 Оправка разжимная цанговая ГОСТ 2675-80; 391801 Круг шлифовальный; 393120 Калибры.											
129												
А 130	XX XX XX 090 Моечная											
131												
А 132	XX XX XX 095 Контрольная											
133												
134												
135												
136												
137												
138												
139												
МК												

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Операционные карты

