

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование)

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

(код и наименование направления подготовки)

Технология машиностроения

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления вторичного вала коробки передач

Обучающийся

С.Н.Абызов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Д.Ю.Воронов

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

Консультанты

к.э.н., доцент Е.Г.Смышляева

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

к.т.н., доцент Д.А.Романов

Тольятти 2024

Аннотация

Название выпускной квалификационной работы – «Технологический процесс изготовления вторичного вала коробки передач». Работа состоит из пояснительной записки на 70 листов, которая содержит 3 рисунка, 13 таблиц, 28 формул, 26 ссылок на источники, из которых 5 – иностранные, а также графическую часть, представленную на 6 листах А1.

Работа посвящена разработке технологического процесса изготовления вторичного вала коробки передач в условиях массового производства АО «АВТОВАЗ».

В технологической части работы выполнен выбор метода получения заготовки и её расчёт, создан технологический маршрут обработки поверхностей и рассчитаны технологические параметры времени и режимов обработки; выбрано используемое оборудование и средства оснащения.

Выполнен анализ производственных рисков и вредных факторов, влияющих на рабочих, изготавливающих деталь по данному технологическому процессу и предложены методы их снижения. Увеличена экологичность производства.

Выбран наиболее экономически эффективный метод производства, за счёт анализа выбранных вариантов и выбора самого выгодно из них. Его удалось достичь посредством применения оптимального оборудования и оснащения.

Подводя итог, работа выполнена. Итогом стал полученный усовершенствованный технологический процесс, который эффективнее, экономичнее и экологичнее существующего.

ABSTRACT

Title of the graduation work is «Technological process of manufacturing of the secondary shaft of the gearbox». The graduation work consists of an explanatory note on 70 pages, including 3 figures, 13 tables, 28 formulas, the list of 26 references including 5 foreign sources and 2 appendices, and the graphic part on 6 A1 sheets.

The aim of the graduation work is development of a technological process for manufacturing of the secondary shaft of the gearbox in the conditions of mass production at JSC AVTOVAZ.

The graduation work describes in details the method of obtaining the blank, its calculation, a technological processing route for surfaces, technological parameters, such as times and modes, choosing equipment and tools.

We also examine production risks and harmful factors affecting the workers involved in manufacturing process. Then proposed methods to reduce them. The environmental friendliness of production has been increased.

Much attention is given to economic aspect. Efficient production method chosen through analysis of selected options and selection of the most advantageous one. This achieved by using optimal equipment and tools.

The results show clearly that work is completed. The result is an improved technological process that is more efficient, cost-effective, and environmentally friendly than the existing one.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Служебное назначение детали.....	6
1.2 Систематизация поверхностей детали.....	7
1.3 Анализ технологичности детали.....	9
1.4 Определение задач работы.....	11
2 Разработка технологии изготовления детали.....	12
2.1 Обоснование выбора типа производства.....	12
2.2 Обоснование выбора метода получения заготовки.....	13
2.3 Проектирование заготовки.....	16
2.4 Выбор методов обработки поверхностей.....	18
2.5 Разработка плана изготовления детали.....	20
2.6 Выбор средств технологического оснащения.....	22
2.7 Проектирование технологических операций.....	26
3 Разработка технологической оснастки.....	34
3.1 Разработка станочного приспособления.....	34
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	37
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	41
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта.....	41
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	42
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	43
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	45
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	46
5 Экономическая эффективность работы.....	48
Заключение.....	51
Список используемых источников.....	52
Приложение А Технологическая документация.....	55
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам.....	68

Введение

Разработка технологического процесса является важным шагом в процессе производства изделия. Грамотно созданный технологический процесс позволяет добиться изготовления детали лучшего качества. При этом нужно обеспечить выпуск необходимого количества деталей, с заданным качеством, низкий процент брака, безопасность производства и соответствие экологическим требованиям. Если совместно с соблюдением приведённых выше условий добиться минимальной себестоимости изготавливаемого продукта, то это обеспечит преимущество перед конкурентами. Лучшим решением для создания такого технологического процесса является применение новейших решений в сфере оборудования и внедрение последних разработок в области машиностроения.

В текущих условиях актуальным является вопрос используемого оборудования. Предприятия машиностроения нуждаются в новом оборудовании отечественного производства или покупке его у новых партнёров. Новые многошпиндельные конфигурации оборудования позволяют повысить эффективность обработки, за счёт одновременного проведения нескольких операций. Это снижает стоимость изготовления детали и даёт выигрыш во времени изготовления. Данные станки оснащены системой числового программного управления или являются автоматами, что снижает участие человека в процессе обработки и, соответственно, снижает количество брака, вызванного человеческим фактором.

Цель выпускной квалификационной работы – разработка технологического процесса изготовления вторичного вала коробки передач. В качестве вторичного вала будет рассматриваться деталь, устанавливаемая в коробки передач автомобилей LADA Granta и LADA Vesta. Необходимо модернизировать технологический процесс, используемый для изготовления данной детали, повысив производительность и снизив себестоимость изготовления.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали

Вторичный вал находится в составе узла коробки переключения передач автомобилей LADA Granta и LADA Vesta и предназначен для передачи крутящего момента на передние ведущие колеса автомобиля.

Данная деталь является одной из основных в системе трансмиссии автомобиля. Это тело вращения, которое представляет собой полый вал. Вал связывается с первичным посредством зацепления двух необходимых шестерен: ведущей и ведомой. На вторичном валу располагаются ведомые шестерни пяти передач переднего хода. Доступ смазки осуществляется за счёт наличия радиальных отверстий. При работе деталь испытывает несколько видов нагрузок: радиальная знакопеременная, осевая нагрузка и крутящий момент. Для шлицев это изгибающие усилие, трение и контактное давление. Исходя из испытываемых нагрузок к детали предъявляется ряд технических требований. Деталь должна быть устойчива к обозначенным нагрузкам и обеспечивать бесперебойную работу механизма на протяжении всего срока службы.

Деталь изготавливается из конструкционной высокоуглеродистой легированной стали 20ХГНМ по ТУ 14-1-2252-2018. Типовыми изделиями из данного материала являются изделия, которые испытывают вибрационные и динамические нагрузки. Таковыми являются узлы рулевого управления и трансмиссии автомобилей: червяки, валы, втулки и оси. Детали выполненные из данного материала обеспечивают длительный срок службы в широком диапазоне температур от минус 70°С до 450°С. «Данная сталь получила широкое распространение в машиностроении за сочетание механических свойств и низкой стоимости» [15].

«Механические свойства материала при температуре 20°С приведены в таблице 1» [10].

Таблица 1 – механические свойства стали 20ХГНМ

Предел кратковременной прочности, σ_b , МПа	Предел текучести для остаточной деформации, σ_t , МПа	Относительное удлинение при разрыве, δ_5 , %	Ударная вязкость, КСУ, кДж/м ²
1180-1570	930	7	590

Плотность данного материала – стали 20ХГНМ равняется 7826 кг/м³

Данный материал обладает высокой прочностью, твердостью, и хорошей стойкостью к износу.

В таблице 2 представлен химический состав используемого материала.

Таблица 2 – Химический состав стали 20ХГНМ

Углерод, %	Кремний, %	Марганец, %	Никель, %	Сера, %	Фосфор, %	Хром, %	Молибден, %	Медь, %
0,18 – 0,23	0,17 – 0,37	0,7 – 1,1	0,4 – 0,7	до 0,035	до 0,035	0,4 – 0,7	0,15 – 0,25	до 0,3

В составе материала присутствуют следующие легирующие элементы: хром, никель, молибден и марганец. Сталь хорошо поддается термообработке. Типовой является выполнение последовательности: закалка, отпуск и нитроцементация, что позволяет повысить прочность изделия, за счёт упрочнения поверхностного слоя.

1.2 Систематизация поверхностей детали

В технологии машиностроения все поверхности детали подразделяются на три основные категории. Конструкторские, которые подразделяются ещё на два типа – основные и вспомогательные; рабочие, свободные. Данная деталь содержит всё три типа поверхностей. На рисунке 1 представлен эскиз детали, с пронумерованными поверхностями.

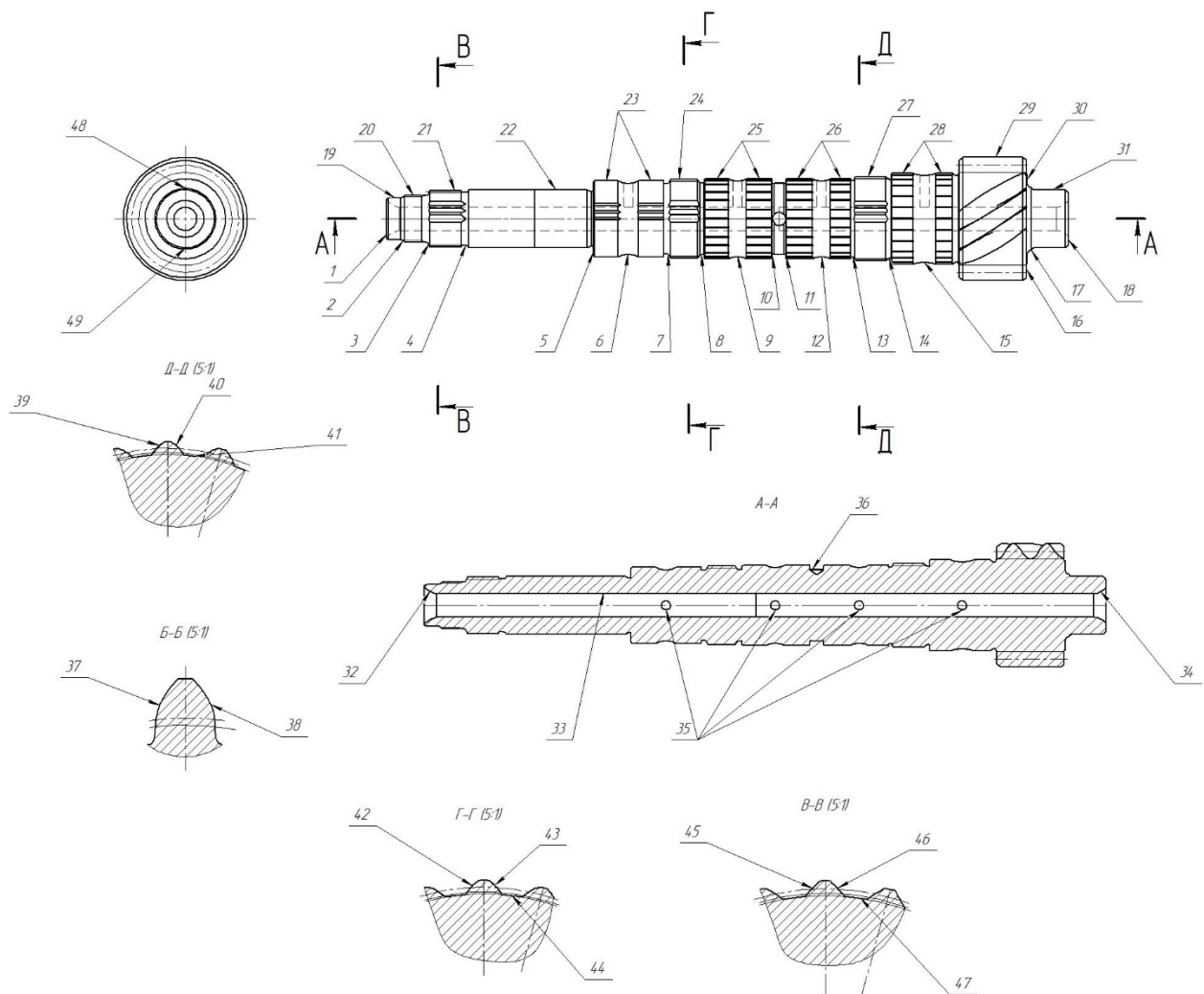


Рисунок 1 – эскиз с нумерацией поверхностей

Далее необходимо провести распределение пронумерованных поверхностей согласно их служебному назначению. Конструкторские поверхности определяют дальнейшее положение детали после процесса сборки. С помощью рабочих поверхностей деталь исполняет свои функции при функционировании механизма, в котором она установлена. Свободные поверхности служат средством связи между рабочими и конструкторскими поверхностями. Итог распределения приведён в таблице 3

Таблица 3 – Систематизация поверхностей.

Тип поверхности	Номер поверхности
основная конструкторская база	22, 31
вспомогательная конструкторская база	23, 25, 26, 28, 29
исполнительная поверхность	37, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 48, 49
вспомогательная поверхность	все остальные

Исходя из типа поверхности назначаются технические требования. Исполнительные поверхности имеют самые жесткие требования к точности поверхности и шероховатости. Свободные поверхности имеют самые низкие требования к точности.

1.3 Анализ технологичности детали

Чтобы оценить технологичность детали нужно проверить соответствие техническим требованиям и возможность выполнения функционального назначения, при этом сохраняя минимально возможную себестоимость и расход материала.

Для определения технологичности детали существует два метода качественный и количественный. В ходе качественного анализа проверяется соответствие детали следующим критериями:

- «элементы детали должны быть простыми и унифицированными; возможность применения высокопроизводительных методов обработки;
- элементы детали должны обеспечивать простое и надежное базирование детали с использованием принципов совмещения и постоянства баз;
- в детали не должно быть труднодоступных мест для обработки сложных поверхностей;
- при обработке детали должен быть обеспечен беспрепятственный подвод и отвод, замена режущего инструмента;

- жесткость детали должна обеспечивать получение заданной точности поверхности.» [14]

Для оценки технологичности вторичного вала прибегнем ко второму методу. Приступим к анализу:

- чертеж обладает всей информацией для начала изготовления, присутствуют размеры и виды в соответствии с ГОСТ 2.305, изображения дополнительных видов, сечений и разрезов не требуются.
- обрабатываемость стали 20ХГНМ режущим инструментом при НВ 170 и пределу прочности равняющимся 520 МПа при обработке твёрдосплавными инструментами равняется 1,2; при обработке быстрорежущими инструментами 1,05.
- вычисленные коэффициенты не выходят за пределы диапазона $1 < K < 1,4$, следовательно, материал хорошо поддается обработке.
- все поверхности, определяющие деталь, не препятствуют свободному доступу режущего и контрольного инструмента. Единственное исключение составляет отверстие в центре муфты, так как при контроле размера возникнут проблемы. Они вызваны шлицами, которые препятствуют свободному доступу инструмента.
- шероховатость элементарных поверхностей составляет Ra1,25, Ra3.2 Ra6.3, Ra12.5. Четырнадцатый квалитет. Это означает большое поле допуска и уменьшенные затраты на наладку оборудования и изготовление детали.
- поверхности получаемый с помощью механической обработки имеют необходимые и достаточные параметры точности и шероховатости. Это гарантирует достижения максимальной точности и последующую стабильную работу детали.
- в центре вала располагается сквозное отверстие большого диаметра, это существенно усложняет процесс обработки детали.

Учитывая, что деталь не отвечает всем приведенным выше критериям можно сделать вывод. Деталь показывает недостаточную степень технологичности, и, следовательно, не является технологичной.

1.4 Определение задач работы

Исходя из поставленной в ведении цели работы и ряда проведенных анализов необходимо сформулировать и выполнять ряд задач.

Следует начать с определения типа производства. Данная задача является первостепенной, так как выбранный тип производства непосредственно влияет на все характеристики технологического процесса и маршрут обработки.

Определение способа получения заготовки является второй по приоритету задачей. Необходимо рассмотреть несколько методов и определить самый эффективный среди них. Далее можно приступать к определению припусков, отталкиваясь от полученных данных и выполнять чертеж заготовки.

Дальнейшая работа не менее важна. На данном этапе разрабатывается технологический маршрут, назначаются средства технологического оснащения и оснастка, производится разработка содержания операций. Чтобы успешно спроектировать операции также понадобится вычислить нормы времен и режимы резания.

После этого следует сосредоточиться на создании станочного приспособления и режущего инструмента, чтобы повысить эффективность операции и сократить затраты во времени и материале.

В заключительной задаче необходимо проверить соответствие разработанного технологического процесса требованиям экологичности и безопасности, а также подсчитать полученную экономическую выгоду от внедренных изменений.

2 Разработка технологии изготовления детали

2.1 Обоснование выбора типа производства

Годовой объем производства вторичного вала составляет 342000 штук. Масса одной детали составляет 1,72 килограмма. Согласно методике [9] предварительный тип производства – массовый.

Следуя выбранной ранее методике более точно определим тип производства. Для этого рассчитаем коэффициент закрепления операций:

$$K_{з.о} = \frac{O}{C_{п}} \quad (1)$$

где O – число технологических операций, выполненных на участке в течении месяца;

$C_{п}$ – количество рабочих мест на участке.

Коэффициент закрепления операций составляет:

$$K_{з.о} = \frac{21}{21} = 1$$

Коэффициент равняется единице, что соответствует массовому типу производства. Это подтверждает правильность выбранного типа производства.

Характеристики массового типа производства представлены в таблице 4.

Таблица 4 – характеристики массового производства

«Показатель производства	Характеристика показателя
фактор	массовое
номенклатура	одно или несколько изделий
повторяемость выпуска	постоянен
применяемое оборудование	в основном специальное

Продолжение таблицы 4

Показатель производства	Характеристика показателя
расположение оборудования	цепное
применяемый инструмент	преимущественно специальный
разработка технологического процесса	подетально-пооперационно
технология	операционная
закрепление деталей и операций за станками	на каждом станке одна и та же операция над одной деталью
взаимозаменяемость	полная
квалификация рабочих	в основном низкая
себестоимость единицы продукции	низкая
факторы эффективности	сокращение длительности ПЦ, увеличение производительности, сокращение себестоимости, упрощение системы контроля, учёта и расчётов.» [11]

В целом массовое производство имеет несколько отличительных черт. Одна из них – это выпуск очень ограниченного числа продукции большими партиями. Высокая степень автоматизации и стандартизации производства также можно отнести к ключевым.

2.2 Обоснование выбора метода получения заготовки

«Учитывая геометрические параметры детали, а также выбранный тип производства, в качестве заготовки можно использовать листовой прокат или штампованную заготовку (поковка). Необходимо сравнить два этих варианта и выбрать самый выгодный.» [1]

Стоимость заготовки из проката определяется по формуле:

$$C_{\text{заг}} = \frac{C}{1000} \cdot M_{\text{заг}} - (M_{\text{заг}} - M_{\text{д}}) \cdot \frac{C_{\text{от}}}{1000} \quad (2)$$

где C – стоимость тонны Стали 20ХГНМ, руб./т;

« C составляет 77910 руб./т» [20];

$M_{\text{д}}$ – масса детали, кг;

$M_{\text{д}}$ равняется 1,72 кг;

$C_{от}$ – стоимость 1 тонны отходов, руб./т;

« $C_{от}$ составила 21000 руб./т» [21];

$M_{заг}$ – масса заготовки, кг.

Масса заготовки рассчитывается по формуле

$$M_{заг} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L \cdot \rho \quad (3)$$

где d – диаметр проката, мм;

L – длина проката, мм;

ρ – плотность материала заготовки, кг/м³.

$$M_{заг} = \frac{3,14 \cdot 75^2}{4} \cdot 152 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 5,27 \text{ кг}$$

Теперь подставим данные в формулу (2) и вычислим стоимость заготовки из проката:

$$C_{заг} = \frac{77910}{1000} \cdot 5,27 - (5,27 - 1,72) \cdot \frac{21000}{1000} = 336,0357 \text{ руб.}$$

Стоимость получения заготовки методом поковки рассчитывается по формуле:

$$C_{шт} = \left(\frac{C}{1000} \cdot M_{шт} \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_P \right) - (M_{шт} - M_D) \cdot \frac{C_{от}}{1000} \quad (4)$$

где C – стоимость 1 тонны заготовок, полученных штамповкой из стали 20ХГНМ, руб./т;

$C = 112000$ руб./т;

$C_{от}$ – стоимость 1 тонны отходов, руб./т;

$C_{от} = 21000$ руб./т;

« K_T – коэффициент, учитывающий точность поковки. Класс точности поковок задаётся исходя из типа используемого оборудования по ГОСТ 7505-89. Используем КГШП с классом точности Т3.

$K_T = 1$ для класса точности ТЗ» [4];

K_c – коэффициент, учитывающий сложность поковки.

Степень сложности поковки определяется по формуле:

$$C = \frac{M_{шт}}{M_{\phi}} \quad (5)$$

где $M_{шт}$ – масса штампованной заготовки, кг.

Вычислим по формуле:

$$M_{шт} = \frac{\pi}{4} \cdot \rho \cdot \left(\sum_1^n d_i^2 \cdot L_i \right) \quad (6)$$

где d_i – диаметр i -той ступени заготовки на длине L_i , мм.

$$M_{шт} = \frac{3,14}{4} \cdot 7,85 (30^2 \cdot 36 + 36^2 \cdot 26 + 45^2 \cdot 7 + 70^2 \cdot 41,6 + \\ + 45 \cdot 16,2 + 30^2 \cdot 15) = 2 \text{ кг}$$

$$M_{шт} = 1,3 \cdot 2 = 2,6 \text{ кг}$$

M_{ϕ} – масса простейшей геометрической фигуры с минимальным объемом, в которую вписывается заготовка, кг. Тогда:

$$M_{\phi} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot L \cdot \rho \quad (7)$$

$$M_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 70^2}{4} \cdot 148 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 4,47 \text{ кг}$$

Тогда:

$$C = \frac{2,6}{4,47} = 0,58$$

Степень сложности – С2.

$K_c = 0,7$ для С2;

K_B – коэффициент учитывающий массу поковки;

$$K_B = 0,87;$$

K_M – коэффициент, учитывающий материал;

$$K_M = 1;$$

K_P – коэффициент, учитывающий серийность;

$$K_P = 1.$$

Стоимость штампованной заготовки:

$$C_{шт} = \left(\frac{112000}{1000} \cdot 2,6 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (2,6 - 1,72) \times \\ \times \frac{21000}{1000} = 158,8608 \text{ руб.}$$

Теперь сравним полученные результаты. Стоимость получения заготовки методом горячей штамповки более чем в 2 раза дешевле, чем из проката. Значит, для дальнейших расчетов будем использовать заготовку, полученную поковкой. Данный тип получения заготовок широко распространён и его использование не потребует много средств на организацию производства.

2.3 Проектирование заготовки

«При изготовлении заготовки методом поковки горячей штамповкой рассчитаем припуски на размер, на одну сторону номинального размера поковки, допуска и итоговые размеры заготовки, руководствуясь рекомендациями ГОСТ 7505-89» [4]. Чтобы приступить к расчету необходимо набор следующих данных: масса детали, группа стали, уровень сложности и требуемый класс точности.

Масса детали известна и составляет 1,72 кг.

Сталь 20ХГНМ относится к группе М1 – «стали с массовой долей углерода до 0,35 процента включительно и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2 процентов включительно.» [4].

Уровень сложности заготовки был определён ранее по формуле (5) и составляет С2.

Класс точности также был выбран ранее в пункте 2.2 и является Т3.

Далее с помощью полученных данных выберем исходный индекс. Для массы до 1,8 кг. Группе М1, сложности С2 и точности Т3 индекс составляет 8.

«В соответствии с найденным исходным индексом назначается припуск и допуск на обработку учитывая, размер и точность заготовки. Также добавим припуски на технологические неточности в процессе изготовления заготовки.» [18] Далее общий припуск прибавляется к исходному размеру детали и таким образом вычисляется размер заготовки.

Результат расчёта приведён в таблице 5

Таблица 5 – Припуски и допуски заготовки

Размер детали, мм	Припуск на сторону, мм	Смещение по поверхности разъема, мм	Отклонения от плоскостности, мм	Отклонения межосевого расстояния, мм	Размер заготовки, мм	Допуск, мм
292,5	1,3	0,2	0,5	0,8	296,6	2
30,85	0,9	0,2	0,5	0,8	34,15	1
29,05	0,9	0,2	0,5	0,8	32,35	1
17,6	0,9	0,2	0,5	0,8	20,9	1
109,15	1,1	0,2	0,5	0,8	112,85	1,4
47,75	1	0,2	0,5	0,8	51,25	1,2
88,65	1	0,2	0,5	0,8	92,15	1,2
диаметр 25	0,9	0,2	0,5	0,8	Ø 28,3	+0,7 -0,3
диаметр 53,099	1	0,2	0,5	0,8	Ø 56,599	+0,8 -0,4
диаметр 39	0,9	0,2	0,5	0,8	Ø 42,3	+0,8 -0,4
диаметр 35,983	0,9	0,2	0,5	0,8	Ø 39,283	+0,7 -0,3
диаметр 34,5	0,9	0,2	0,5	0,8	Ø 37,8	+0,7 -0,3
диаметр 32,8	0,9	0,2	0,5	0,8	Ø 36,1	+0,7 -0,3
диаметр 25	0,9	0,2	0,5	0,8	Ø 28,3	+0,7 -0,3

Теперь достаточно данных, чтобы приступить к проектированию чертежа заготовки. Чертеж со всеми необходимыми параметрами представлен в графической части работы.

2.4 Выбор методов обработки поверхностей

Требуемая деталь может быть получена множеством методов. Следует выбирать те из них, которые отвечают требованиям и обеспечат качество получаемой поверхности, при этом, если возможно, следует применять методы, которые не будут требовать применения редкого и дорогостоящего оборудования для их реализации.

Типовыми методами для деталей типа вал являются: точение, фрезерование, шлифование, накатка, зубофрезерование и сверление. Из всего списка типовых методов были выбраны только те, что применимы для получения поверхностей, имеющих в представленной в данной работе детали.

Опираясь на типовые методы, требования к точности поверхности, необходимые свойства и качество поверхности, а также физико-механические свойства. Был составлен предварительный маршрут обработки для каждой из поверхностей, представленный в таблице 6.

Таблица 6 – Технологический маршрут обработки поверхностей

Номер поверхности/поверхностей	Степень точности, IT	Шероховатость, мкм	Технологические переходы
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 24, 27, 29, 30, 48, 49	14	12,5	штамповка
			точение черновое
			термообработка
			фосфатация
32, 34	14	12,5	штамповка
			точение черновое
			фрезерование
			термообработка
			фосфатация

Продолжение таблицы 6

Номер поверхности/поверхностей	Степень точности, IT	Шероховатость, мкм	Технологические переходы
33, 35, 36	14	12,5	штамповка
			сверление
			термообработка
			фосфатация
8, 10, 11, 13	8	2,5	штамповка
			точение черновое
			точение чистовое
			термообработка
			шлифование
			фосфатация
25, 26, 28	6	0,8	штамповка
			точение черновое
			точение чистовое
			накатка
			термообработка
			шлифование
			фосфатация
21, 22, 23, 31	6	0,8	штамповка
			точение черновое
			точение чистовое
			термообработка
			шлифование
			фосфатация
37, 38	6	0,8	штамповка
			зубофрезерование
			термообработка
			шевингование
			фосфатация
39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47	6	2,5	штамповка
			накатка
			термообработка
			фосфатация

Типовой термообработкой для деталей типа вал является нитроцементация с последующей закалкой и отпуском для увеличения твердость материала. Фосфатация используется для насыщения поверхностного слоя детали, чтобы придать ей дополнительную защиту от воздействия внешних факторов.

2.5 Разработка плана изготовления детали

Теперь необходимо разработать технологический маршрут. Он отражает последовательность операций с их подробным описанием, в том числе время и режимы обработки. Необходимо учитывать точность поверхности и выбранный ранее способ получения заготовки. В некоторых случаях, когда требования к точности поверхности особенно высоки, приходится использовать несколько переходов в рамках одной операции для достижения желаемого результата.

За основу технологического маршрута был взят уже используемый на АО «АВТОВАЗ» план изготовления, применяемый для изготовления вторичного вала коробки передач.

В соответствии с целью работы необходимо внести изменения в маршрут таким образом, чтобы снизить себестоимость изготовления детали. Нововведением для данной технологии станет объединение двух операций токарной обработки в одну. Производительности и качество обработки при этом будет обеспечено выбором нового оборудования. Также данное решение позволит выиграть во времени обработки и снизит нагрузку с режущего инструмента, за счёт более рационального использования.

После создания технологического маршрута, разрабатываются операционные и маршрутные технологические карты. «Операционная карта подробно описывает конкретную операцию, указывая максимум данных: содержание операции, режимы обработки, используемая технологическая оснастка, требования безопасности и количество переходов. Маршрутная карта отражает последовательность выполнения операций. По ней можно проследить весь путь перемещения детали по цеху или предприятию, а также время, потраченное на операции» [12].

Спроектированный технологический маршрут представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Технологический маршрут

№ операции	Содержание обработки	Наименование операции	Поверхность
010	центровать, подрезать торцы с двух сторон одновременно	фрезерно - центральная	1, 18, 32, 34
020	точить окончательно со стороны зубчатого венца, точить окончательно со стороны хвостовика, подрезать торцы	токарная	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31
030	фрезеровать паз для зачеканки гайки и две лыски для снятия подшипника, сверлить отверстие под шарик крепления распорной втулки	агрегатная	36, 17, 48, 49
040	шлифовать диаметры под шестерни и под накатку шлиц	шлифовальная	21,22,23,24,25,26, 27,28,29
050	фрезеровать зубья шестерни	зубофрезерная	37,38
060	–	контрольная	–
070	накатать эвольвентные шлицы под ступицу 3-4 передач, смазочные канавки под шестерни 1, 2, 3 и 4 передач	накатная	23,24,25,26,28
080	снять фаски и заусенцы с торцев зубчатого венца	зубофасочная	16
090	накатать эвольвентные шлицы под ступицы 1,3 и 5 передач	накатная	21,27
100	сверлить радиальные отверстия и осевой канал	агрегатная	33,35
110	шевинговать зубья шестерни	шевинговальная	37,38
120	–	шумоконтрольная	–
130	–	моечная	–
140	–	контрольная	–
150	термообработка	термическая	все
160	зачистить центровые отверстия с двух сторон одновременно	зачистная	32,34
170	править вал	правильная	–
180	повторно править вал с увеличенной кривизной	правильная	–
190	шлифовать упорные торцы, диаметры под шестерни.	шлифовальная	5,6,9,12,15,22,

Продолжение таблицы 7

№ операции	Содержание обработки	Наименование операции	Поверхность
200	шлифовать упорный торец и диаметры под подшипники со стороны зубчатого венца.	шлифовальная	14,17,30,31
210	шлифовать канавки под стопорные кольца и упорный торец под ступицу 3-4 передач.	шлифовальная	7,8,10,11,13,14
220	–	моечная	–
230	–	контрольная	–
240	фосфатирование	термическая	все, кроме 20
250	шлифовать резьбу	резьбошлифовальная	20
260	–	моечная	–
270	–	шумоконтрольная	–

План обработки отражен в маршрутных и операционных картах (приложение А).

2.6 Выбор средств технологического оснащения

К выбору средств технологического оснащения нужно подходить особенно внимательно. Так как они на прямую влияют на производительности и точность обработки детали. При выборе оборудования следует проверять его на соответствие следующим критериям:

- оборудование должно обеспечивать заданную точность, обеспечивая снятия максимального слоя материала;
- оборудование должно отвечать нормам экологичности и безопасности производства;
- оборудование должно соответствовать выбранному типу производства, в массовом производстве используется специальное оборудование на большинстве операций.

При выборе приспособлений следует руководствоваться их соответствию выбранному типу оборудования и возможности выполнения обработки.

«В условиях массового производства, при выборе средств контроля следует отдавать предпочтение специальным инструментам, например, калибрам, шаблонам и автоматическим измерительным устройствам.» [6]

Все выбранные средства сведены в таблицу 8.

Таблица 8 – Средства технологического оснащения

№ операции	Оборудование	Применяемая оснастка	Режущий инструмент	Средство контроля
010	фрезерно-центровальный автомат АВТОВАЗ 017.701.33	тиски самоцентрирующие специальные	пластина 2008.1482.137, сверло центровочное 02.2317.9067	калибр для контроля размера 12,9, калибр для контроля размера 292,5, штангенциркуль ШЦ-1-300-0,02
020	двухшпиндельный токарный станок с ЧПУ Timeway АК-35DS	патроны с кулачками под необходимые размеры	пластина 2008.2973.135 пластина MDM 00000010637, пластина 02.2130.6078, пластина MDM 00000009870	скобы жесткие для контроля размеров, калибр для контроля размера 274,45, приспособление для контроля ПБ-500М
030	специальный агрегатный автомат АВТОВАЗ 001.703.33	тиски специальные	фреза пазовая фреза дисковая, сверло.	пробка, калибры для контроля размеров, калибр с индикатором для контроля размера 29,35;
040	кругло-шлифовальный автомат SCHAUDT 011.726.33	патрон с кулачками, люнет	круг абразивный 02.715.9066; круг абразивный 02.715.5007;	скобы для контроля размеров, калибр.

Продолжение таблицы 8

050	зубофрезерный автомат Liebherr 008.727.33	патрон цанговый	червячная фреза 02.2510.9748 фреза 02.2510.9743	скоба жесткая, приспособление специальное для контроля размеров
070	накатной автомат EKin 0019.4001.03300.F	центр подвижный	комплект реек "Рото - Фло"	калибр проходной.
080	зубофасочный автомат HURTH 018.756.33	центр подвижный, центр подпружиненный	пластина 2008.0888.125 ролик фасочный 02.2576.9167	контроль производится универсально
090	накатной автомат EX - CELL-O 019.702.33	центр подвижный, центр неподвижный	комплект реек "Рото - Фло"	кольцо ПР для контроля 35,733, калибр для контроля 243,34,
100	специальный агрегатный автомат ТВТ 001.816.33	патрон 02.6153.0202, обратные центра.	сверло; сверло ружейное	калибр, пробка для контроля Ø10, приспособление для контроля 02.8025.4090
110	шевинговальный автомат HURTH 010.712.33	центра подвижные	шевер радиальный 02.2570.9361	калибр с индикатором, приспособление для контроля
160	станок для зачистки центров "Каунас" 0022.0702.03300.0	тиски самоцентрирующие призматически	центровка из твердого сплава 02.2353.9131	–
170	автоматический правильный пресс "Гальдабани" 0201.0706.03300.0	опоры 02.7034.8725, 02.7036.7136. 20.7935.7143	пуансон 41.1422.5111	калибр
180	пресс ручной для правки "Гальдабани" 201.703.33	опора 02.7036.7138	пуансон 41.1422.5111	калибр
190	торце-круглошлифовальный автомат SCHAUDT 0011.0724.03300.0	патрон поводковый, люнет 02.7912.5128, центр подвижный, центр неподвижный	круг абразивный 02.2707.9159 02.2707.9160 02.2707.9161. гребенка алмазная	скобы для контроля размеров, калибр индикаторный

Продолжение таблицы 8

200	торце-кругло-шлифовальный автомат SCHAUDT 0011.0717.03300.0	патрон поводковый 02.7197.5216.14 центр подвижный центр неподвижный	круг абразивный 02.2707.9114 гребенка алмазная	калибр для контроля 187,85, скоба для контроля 25
210	кругло-шлифовальный автомат SCHAUDT 0011.0734.03300.0	патрон поводковый 02.7107.5216.19 центр подвижный, центр неподвижный	круг абразивный 02.2715.9145 круг абразивный 02.2715.9146 ролик алмазный 02.2730.9124	калибры индикаторный для контроля размеров, скобы для контроля размеров, калибр для контроля профиля
250	резьбо-шлифовальный автомат “ХАЙД-МСО” 0011.0711.03300.0	центр подвижный, центр неподвижный	круг абразивный 02.2715.5005 ролик алмазный 41.2730.4004	калибр, кольцо резьбовое ПР, скоба роликовая резьбовая М20

В соответствии с типом производства используются специальное оборудования, оснастка и средства контроля. Нововведением стало использование на операции «020» нового оборудования. В качестве станка используется модель китайского производителя Timeway. Это одна из немногих моделей с двумя шпинделями, которая подходит данному технологическому процессу по характеристикам. Преимущества многошпиндельных станков в возможности независимой одновременной обработки с разных сторон или выполнять обработку последовательно, экономя время на переустановку детали и инструмента.

Выбранный станок оснащён системой числового программного управления. Эта система позволяет задать программу обработки, назначив маршрут движения, режущего инструмента. Появление систем числового программного управления значительно снизило процент брака, вызванного человеческим фактором, и позволило разгрузить время операторов станков.

В АК-35DS используется система числового программного управления от компании FANUC [24], но при необходимости завод – изготовитель может установить систему другого производителя. Также данный станок имеет широкую номенклатуру дополнительного оборудования и в дальнейшем может быть перенастроен на выполнение операций токарной обработки в другом технологическом процессе.

2.7 Проектирование технологических операций

В данном разделе необходимо назначить режимы работы выбранных в прошлом разделе станков оснастки и режущих инструментов. Это включает расчет времени, затраченного на обработку и расчёт режимов обработки, при этом нужно учитывать силы и моменты, которые изделие испытывает в ходе обработки, а также оптимально распределить нагрузку по оборудованию.

Начнём расчета с вычисления режимов резания для операции «020», в которую были внесены изменения, а именно для резца, состоящего из пластины 2008.3973.135 и державки 02.2108.5025

Номер пластины 2008.3973.135 соответствует DNMG 150608-TSF T9215. Определим геометрию данной режущей пластины согласно сайту производителя. Сечение резца 25 на 40, длина пластины 15,5 мм, ширина 6,35 мм [25].

Значение подачи зависит от параметра ширины пластины. При значении ширины 6,35 мм подача составит 1,3 мм/об.

Теперь назначим период стойкости инструмента в соответствии с подачей. Период стойкости – это время работы инструмента до необходимости переточки. Принимаем T равным 30 мин.

«Определим расчетную скорость резания:

$$V = \frac{C_V K_v}{T^m t^{x_s} s^y} \quad (8)$$

где V – расчётная скорость резания, м/мин;

C_v – коэффициент, зависящий от типа обрабатываемого материала;

K_v – поправочный коэффициент;

T – стойкость резца, мин;

t – глубина резания, мм;

s – подача резца, мм/мин;

m, x, y – показатели степеней.» [19]

Значения коэффициентов возьмём из соответствующих таблиц.

«Коэффициент K_v вычислим по формуле:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \quad (9)$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий материал заготовки;

K_{nv} – коэффициент зависящий от состояния поверхности;

K_{iv} – зависит от материала инструмента.

Коэффициент K_{mv} вычислим по формуле:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (10)$$

где σ_B – предел прочности обрабатываемого материала;

K_r – коэффициент характеризующий группу стали;

n_v – показатель степени.» [19]

«Далее следует перейти к определению частоты вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \quad (11)$$

где n – частота вращения заготовки, об/мин;

V – теоретическая скорость резания, м/мин;

π – математическая постоянная;

D – диаметр заготовки, мм.» [22]

Проверку рассчитанного значения производят согласно отношению:

$$N_{\text{рез}} \leq k \cdot \eta \cdot N_{\text{ст}} \quad (12)$$

где $N_{\text{рез}}$ – мощность резания, кВт;

k – коэффициент с поправкой на перегрузку двигателя станка;

η – коэффициент полезного действия станка;

$N_{\text{ст}}$ – мощность электродвигателя привода главного движения, кВт.

«Тангенциальная компонента, необходимая для вычисления сил резания находится по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (13)$$

где C , p , x , y , n – коэффициенты и показатели степеней силы резания;

t – глубина резания, мм;

s – величина подачи, мм/об;

V – скорость резания, м/мин.» [23]

«Коэффициент K_p учитывающей условия резания вычисляется по формуле:

$$K_p = K_{\text{мр}} \cdot K_{\varphi\text{р}} \cdot K_{\gamma\text{р}} \cdot K_{\lambda\text{р}} \cdot K_{\tau\text{р}} \quad (14)$$

где $K_{\text{мр}}$ – коэффициент влияние качества материала на силы

$K_{\varphi\text{р}} K_{\gamma\text{р}} K_{\lambda\text{р}} K_{\tau\text{р}}$ – коэффициенты геометрических параметров режущей части на силы резания.

Коэффициент $K_{\text{мр}}$ из формулы вычисляется следующим образом» [19]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n \quad (15)$$

Теперь систематически будем подставлять значения в формулы и произведём расчёты;

$$K_{mv} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{1200}\right)^1 = 0,5$$

$$K_v = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,4$$

$$V = \frac{340 \cdot 0,4}{30^{0,2} 1,5^{0,15} 1,3^{0,45}} = 57,63$$

$$n = \frac{1000 \cdot 57,63}{3,14 \left(\frac{25 + 53,099}{2}\right)} = 472,38$$

$$K_{mp} = \left(\frac{1200}{750}\right)^{0,75} = 1,42$$

$$K_p = 1,42 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 = 1,14$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 1,3^{0,75} \cdot 57,63^{-0,15} \cdot 1,14 = 3372,63$$

Мощность, расходуемая на резание, вычисляется по формуле:

$$N_{рез} = \frac{V \cdot P_z}{1020 \cdot 60} \quad (16)$$

$$N_{рез} = \frac{57,63 \cdot 3372,63}{1020 \cdot 60} = 3,18 \text{ кВт}$$

Теперь проведём проверку сравним требуемую мощность с фактической мощностью станка.

Номинальная мощность электродвигателя шпинделя станка АК-35DS – 22 кВт.

$$3,18 \leq 1,7 \cdot 0,825 \cdot 22$$

$$3,18 \leq 30,86$$

Условие выполняется.

Это означает что обработка с рассчитанными параметрами возможна.

Для остальных операций режимы операций будут определены табличным методом и по рекомендациям производителя [26]. Результаты назначения отражены в таблице 9.

Таблица 9 – Режимы резания.

Операция	Инструмент	Переход	Подача S, мм/мин.	Скорость резания V, м/мин
010	пластина	–	26,4	75
	сверло	сверление черновое	42	27
		сверление чистовое	26,4	27
020	пластина и державка	–	250	57,63
	пластиан и державка	–	320	135
	пластина и державка	–	240	185
	пластина и державка	точение получистовое	600	102
		точение чистовое	180	131
030	фреза пазовая	–	80	35
	фреза дисковая	–	80	38,9
	сверло	–	80	16
040	круг абразивный	шлифование черновое	0,8	45
		шлифование получистовое	0,32	
		шлифование чистовое	0,4	
	круг абразивный	шлифование черновое	0,8	45
		шлифование получистовое	0,32	
		шлифование чистовое	0,4	
050	червячная фреза	–	110	68,5
060	комплект реек	–	174	17,4
	комплект реек	–	174	17,4
	комплект реек	–	174	17,4
070	пластина	–	–	73
	ролик	–	–	73
	ролик	–	–	73
080	комплект реек	–	174	17,4
	комплект реек	–	174	17,4
090	сверло	–	75	18
	сверло ружейное	–	115	90
100	шевер	–	1,29	56,8
110	круг абразивный	шлифование черновое	1,6	45
		шлифование черновое	1	
		шлифование чистовое	0,25	
		шлифование чистовое	0,1	
	круг абразивный	шлифование черновое	1,6	45
		шлифование черновое	1	
		шлифование чистовое	0,25	
		шлифование чистовое	0,1	

Продолжение таблицы 9

Операция	Инструмент	Переход	Подача S, мм/мин.	Скорость резания V, м/мин
110	круг абразивный	шлифование черновое	1,6	45
		шлифование черновое	1	
		шлифование чистовое	0,25	
		шлифование чистовое	0,1	
120	круг абразивный	шлифование черновое	2	45
		шлифование черновое	1,25	
		шлифование чистовое	0,32	
		шлифование чистовое	0,1	
130	круг абразивный	шлифование черновое	6,3	60
		шлифование получистовое	2	
		шлифование чистовое	0,2	
	круг абразивный	шлифование черновое	6,3	
		шлифование получистовое	2	
		шлифование чистовое	0,2	
140	круг шлифовальный	–	9	35
	ролик алмазный	–	55	48

Далее необходимо провести расчет технической нормы времени. Это время, затрачиваемое на выполнение операции при определённых условиях. В условиях массового производства нормы времени рассчитываются с помощью расчетно-аналитического метода.

«Сначала вычисляется норма штучного времени:

$$T_{шт} = T_0 + T_в + T_{об} + T_{от} \quad (17)$$

где T_0 – основное время, мин;

$T_в$ – вспомогательное время, мин;

$T_{об}$ – время обслуживания рабочего, мин;

$T_{от}$ – время перерывов на отдых, мин.» [17]

«Вспомогательное время рассчитывается по следующей формуле:

$$T_в = T_{ус} + T_{зо} + T_{уп} + T_{из} \quad (18)$$

где $T_{ус}$ – время на установку и снятие детали, мин;

T_{30} – время на закрепление и открепление детали, мин;

$T_{уп}$ – время на приемы управления, мин;

$T_{из}$ – время на измерение детали, мин;

$T_{уп}$ – на включение, выключение и подвод инструмента, мин.» [16]

Результаты расчётов норм времени приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Нормы времени

№ операции	T_0	$T_в$	$T_{об}$ и $T_{от}$	$T_{шт}$
010	0,54	–	0,1	0,64
020	1,68	–	0,31	1,99
030	0,48	–	0,07	0,55
040	0,82	–	0,12	0,94
050	1,22	–	0,13	1,35
070	0,34	–	0,06	0,4
080	0,25	–	0,03	0,28
090	0,22	–	0,02	0,24
100	0,7	–	0,03	0,73
110	0,65	–	0,09	0,74
160	0,35	–	0,04	0,39
170	0,8	–	0,04	0,84
180	–	1,82	0,24	2,06
190	1,19	–	0,14	1,33
200	0,64	–	0,08	0,72
210	0,78	–	0,14	0,92
250	0,62	–	0,1	0,72

Расчёт норм времени также является важной частью разработки технологического процесса. Для массового производства есть фактор упрощения расчётов. Подготовительно – заключительное время не входит в

норму времени рабочего – станочника, так как наладка оборудования производится заблаговременно до начала смены усилиями наладчиков.

В итоге был определён метод получения заготовки, спроектирован её чертёж, представленный в графической части работы, и рассчитаны припуски и допуски, составлен план обработки поверхностей, маршрут, затем был улучшен существующий технологический процесс за счёт применения нового оборудования и перераспределения работы режущего оборудования. Рассчитаны режимы резания и вычислено время необходимое на обработку. Составлена вся необходимая техническая документация, представленная в приложениях и графической части.

Теперь, когда технологическая часть работы завершена, можно, используя полученные данные приступить к проектированию оснастки и режущего инструмента.

3 Разработка технологической оснастки

3.1 Разработка станочного приспособления

Спроектируем приспособление, используемое на операции «040» круглошлифование.

Материал детали сталь 20ХГНМ, твердость НВ 185. Шероховатость поверхности на выходе 2,5.

Станок применяемый на данной операции – круглошлифовальный автомат SCHAUDT 011.726.33.

В качестве инструмента используются абразивные круги 02.2715.9066 и 02.715.5007.

Обработка проводится в три перехода, скорость шлифования постоянная и составляет 45 м/мин. Глубина резания составляет 0,3 мм. Подача на первом переходе 0,80 мм/мин, на втором 0,32 мм/мин, на последнем переходе 0,04 мм/мин

Приспособление, которое проектируем на данной операции – патрон поводковый со сменными кулачками и силовым приводом.

Перед непосредственным расчётом патрона необходимо вычислить главную составляющую силы резания P_z .

Для случая шлифования формула главной составляющей силы резания принимает следующий вид:

$$P_z = 998 \cdot \frac{N_э}{v} \quad (19)$$

где $N_э$ – эффективная мощность на шпинделе станка, кВт;

v – скорость резания, м/мин.

$$P_z = 998 \cdot \frac{5,15}{45} = 114,22 \text{ Н}$$

Теперь можно перейти непосредственно к расчёту патрона. Сначала следует рассчитать силы зажима заготовки, их важно знать, чтобы не допустить сдвиг или проворачивание заготовки в процессе обработки.

Исходные данные, необходимые для расчета: радиус обрабатываемой на операции поверхности 19,6 мм; радиус поверхности, по которой происходит закрепление заготовки 26,5495 мм.

«Определим силу зажима на кулачке по формуле:

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot R_0}{f \cdot R} \quad (20)$$

где K – коэффициент запаса;

P_z – сила резания, Н;

R_0 – радиус обработки, мм;

f – коэффициент трения на рабочих поверхностях кулачка;

R – радиус зажимаемой поверхности, мм.

$$W_z = \frac{2,5 \times 114,22 \times 19,6}{0,4 \times 26,5495} = 527 \text{ Н}$$

Усилие на штоке силового привода вычислим по формуле:

$$Q = K \cdot \left(1 + 3 \cdot a \cdot \frac{f}{h}\right) \cdot \left(\frac{l_1}{l}\right) \cdot W_z \quad (21)$$

Где K – коэффициент, учитывающий дополнительные силы трения в патроне;

f – коэффициент трения в патроне;

a, h, l, l_1 – геометрические параметры патрона, мм.

$$Q = 1,1 \cdot \left(1 + 3 \cdot 50 \cdot \frac{0,1}{80}\right) \cdot \left(\frac{20}{40}\right) \cdot 527 = 344,2 \text{ Н}$$

Определим диаметр поршня пневмоцилиндра:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (22)$$

где P – давление воздуха, принимаемое равным 0,4 МПа.» [2]

Тогда,

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{344,2}{0,4}} = 1,13 \cdot 45,359 = 33,148 \text{ мм}$$

Теперь необходимо вычислить погрешность базирования, чтобы убедиться, что спроектированное приспособление обеспечит точность обработки:

$$\varepsilon_B = 0,5IT_{D_{\text{ц}}} \cdot ctg\alpha_{\text{ц}} \quad (23)$$

где $IT_{D_{\text{ц}}}$ – допуск наружного конуса центра, мм;

$\alpha_{\text{ц}}$ – половина угла конуса центра, градусов.

$$\varepsilon_B = 0,5 \cdot 0,1 \cdot ctg30 = 0,087 \text{ мм}$$

Наибольший допуск (TD) на данной операции для заготовки составляет 0,4 мм

$$0,4 > 0,087$$

Условие выполняется. Это значит, что спроектированный патрон способен обеспечить требуемую точность на операции круглошлифования и может быть использован в технологическом процессе.

Теперь выполним сборочный чертеж приспособления. Оно состоит из патрона и пневматического привода. Чертеж дополнен спецификацией (приложение Б).

Далее изучим устройство приспособления. В скобках указан номер позиции на чертеже. Патрон закрепляется на шпинделе с помощью винтов. Патрон состоит из ещё нескольких компонентов. Корпус с направляющими для подкулачников, подкулачники. К ним с помощью болтов притягиваются необходимые сменные кулачки. В центре корпуса имеется полый шток с

нажимной шайбой. Для смазки предусмотрены отверстия. Центр с пружиной соединён со штоком.

Тяга связывает между собой патрон и шток пневмоцилиндра. В корпус пневмоцилиндра располагаются элементы, ответственные за работу привода. Поршень прикреплен к штоку. Дроссельный винт для подачи воздуха с помощью трубки подаёт воздух во внутрь цилиндра. Корпус содержит ряд уплотнительных колец.

Принцип работы устройства достаточно прост. Деталь закрепляется посредством центра, зафиксированного в патроне. Далее создаётся давление воздуха в штоковой полости и под давлением сдвигаются кулачки, которые обеспечивают зажим заготовки. Если воздух подать в область поршня, то он начнёт смещаться вправо и потянет за собой тягу, которая воздействием на пружины расслабит кулачки и позволит извлечь деталь. [8]

3.2 Проектирование режущего инструмента

В данном разделе проведём расчёт параметров и нагрузок режущего инструмента. Это будет резец, используемый на токарной операции 020. На данной операции используется токарный станок АК35-DS с системой числового программного управления. Материал заготовки сталь 20ХГНМ. Предел прочности для данного материала составляет 1200 МПа.

Резец представляет собой сборочную единицу, состоящую из сменной режущей пластины и державки, которая является корпусом. Во время обработки детали резец подвергается осевым нагрузкам по трём осям x , y и z , изгибающие моменты по осям x и y , а также продольный изгиб по оси z .

Для обработки используется пластина DNMG 150608 – TSF T9215. Исходя из проведенных ранее расчётов были назначены следующие режимы резания: глубина резания 1,5 мм, подача 1,3 мм/об, скорость резания 57,63 м/мин.

Учитывая широкий спектр испытываемых нагрузок резцы изготавливаются из сталей с высокой твердостью. Для державки данного резца в качестве материала назначим сталь 40ХГНМ. Предел кратковременной прочности равняется 980 МПа.

Отношение высоты к ширине державке для прямоугольного сечения находится в диапазоне от 1 до 1,6.

Геометрические параметры зависят от целого ряда факторов включающих свойства обрабатываемого материала, назначенные режимы резания, используемое оборудование и требования к качеству получаемой поверхности. В нашем случае геометрические параметры уже были определены в разделе 2.7 данной работы, во время расчётов режимов резания.

Дальнейший расчёт также зависит от выбранного типа крепления резца на станке. Выбранный способ влияет на точность обработки и надежность закрепления режущего инструмента. В данном случае был выбран консольный тип крепления, который является типовым для обработки деталей типа вал.

Расчёт следует начать с вычисления максимального изгибающего момента, выдерживаемого державкой по формуле:

$$M_{\text{изг}} = \sigma_{\text{и.д}} \cdot W \quad (24)$$

где $\sigma_{\text{и.д}}$ – напряжение на изгиб для материала державки. Для 40ХГНМ принимает значение 150 МПа;

W – момент сопротивления сечений державки в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

«Момент сопротивления вычисляется по формуле:

$$W = \frac{bh^2}{6} \quad (25)$$

где b и h – ширина и высота опасного сечения державки, мм.

Ширина опасного сечения для прямоугольной формы державки находится по формуле:

$$b = \sqrt[3]{\frac{6P_z l}{2,56\sigma_{и.д}}} \quad (26)$$

где P_z – главная составляющая силы резания, Н;

l – вылет резца, мм.

Максимальная допустимая прочностная нагрузка на резец вычисляется следующим образом:

$$P_{z\text{доп}} = \frac{bh^2\sigma_{и.д}}{6l} \quad (27)$$

Далее необходимо рассчитать максимальную жесткостную нагрузку:

$$P_{z\text{жест}} = \frac{3fEJ}{l^3} \quad (28)$$

где f – допускаемая стрела прогиба, мм;

E – модуль упругости материала, МПа;

J – момент инерции прямоугольного сечения, Н/м;

l – расстояние от вершины резца до опасного сечения, мм.» [11]

После проведения расчётов в необходимо провести проверку:

$$\begin{cases} P_z \leq P_{z\text{доп}} \\ P_z \leq P_{z\text{жест}} \end{cases} \quad (29)$$

Теперь выполним расчёт последовательно подставляя данные:

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 3373 \cdot 42}{2,56 \cdot 25}} = 23,68 \text{ мм}$$

$$h = 1,6 \cdot b = 1,6 \cdot 23,68 = 37,888$$

$$P_{\text{здоп}} = \frac{25 \cdot 40^2 \cdot 25}{6 \cdot 42} = 3968,25 \text{ Н}$$

$$P_{\text{жѐст}} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 20000 \cdot 13330}{27^3} = 4054 \text{ Н}$$

Теперь проведѐм проверку

$$3373 \leq 3968,25$$

$$3373 \leq 4054$$

Условия выполняются.

На данном этапе проектирование резца завершено. Чертѐж представлен в графической части работы, а спецификация в приложении Б.

Чтобы избежать адгезии, для поверхности, которая соприкасается с режущей пластиной проводится полировка, а передняя поверхность державки покрывается алмазным слоем для увеличения прочности и продления срока службы инструмента. Режущая пластина присоединяется к державке механическим способом посредством прижима высокой жесткости. Это обеспечивает самую высокую жесткость при креплении пластины и обеспечивает быстроту и легкость замены пластины. Прижим высокой прочности состоит из нескольких элементов: опорной пластины которая винтом притягивается к державке; режущей пластины и узла прихвата, который помещается на пластину сверху и затягивается винтом.

При выполнении данного раздела был посчитан и вычерчен чертѐж поводкового патрона со сменными кулачками и пневмоприводном, составлена его спецификация, описана конструкция и принцип работы. Также был спроектирован и выполнен чертеж режущего инструмента для операции токарной обработки. На данном этапе работа с данным разделом завершена, так как его цели выполнены.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

В данном разделе необходимо провести анализ экологической безопасности объекта. Своевременное выявление рисков и негативных факторов позволит минимизировать или полностью ликвидировать их, что обеспечит безопасное и экологичное функционирование технологического процесса.

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

Чтобы обеспечить безопасность на производственном участке по изготовлению вторичного вала необходимо определить используемое оборудование, применяемый материал, вещества и вспомогательные средства. Анализ данных объектов представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Технологический паспорт объекта

Технологический процесс	Технологическая операция	Должность работника	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
изготовление вторичного вала коробки передач	токарная обработка (точение)	оператор станков с числовым программным управлением	двухшпиндельный токарный станок с числовым программным управлением Timeway AK35-DS	сталь 20ХГНМ ТУ 14-1-2252-2018, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость

В данном случае применяется станок с системой числового программного управления. Данная группа станков более безопасна для оператора, но требует большее количество смазочно-охлаждающих материалов.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Теперь необходимо выявить потенциальные риски, возникающие при выполнении технологического процесса на основании анализа, выполненного в предыдущем пункте. Полученный результат приведён в таблице 12.

Таблица 12 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно–технологическая операция»	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного фактора
токарная обработка (точение)	неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	станок, средства технологического оснащения
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	станок, технологический транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	станок, технологический транспорт
	вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	смазочно-охлаждающая жидкость
	физическая динамическая нагрузка	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт
	стереотипные рабочие движения	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт» [3]

Главным источником рисков в данном случае является оборудование и технологические средства, обеспечивающие его работу. Также опасными являются применяемые для охлаждения и смазки материалы в виду их химического состава.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В предыдущем разделе был обнаружен ряд профессиональных рисков, которые негативно влияют на рабочего, выполняющего операцию. Чтобы обеспечить безопасность выполнения работы необходимо выбрать подходящие средства и методы. Эти данные представлены в таблице 13

Таблица 13 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

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 для работника
неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны, зачистка заусенцев	фартук для защиты от общих производственных загрязнений, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием, очки защитные
опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны	костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием

Продолжение таблицы 13

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 для работника
опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	инструктаж, виброгасящие устройства и приспособления	ботинки кожаные с защитным подноском
опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	инструктаж, устройства и приспособления, поглощающие и снижающие уровень шума	наушники противозумные или вкладыши противозумные
вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	инструктаж по охране труда, устройств ограждающие опасные зоны	халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, фартук для защиты от общих производственных загрязнений с нагрудником
физическая динамическая нагрузка	инструктаж по охране труда, периодические перерывы	-
стереотипные рабочие движения	инструктаж по охране труда, регламентируемые перерывы	-

Применив все выбранные выше методы и средства удастся добиться безопасного выполнения работ и соответствия производства существующим нормам. Повышение безопасности работ означает существенно сниженный риск получения производственной травмы и проявления производственных заболеваний.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Теперь необходимо выявить потенциальные источники пожара на данном производственном участке. После этого необходимо обеспечить участок достаточным количеством средств пожарной безопасности, чтобы в случае возникновения возгорания обеспечить безопасность рабочих.

На участке токарной обработки возможно возникновение пожара класса В.

Опасными факторам данного класса являются:

- пламя и искры;
- тепловой поток;
- повышенная температура окружающей среды;
- повышенная концентрация числа продуктов горения и термического разложения;
- пониженная концентрация кислорода;
- снижение видимости в дыму.

К сопутствующим факторам относятся осколочные фрагменты, части зданий и инженерных сооружений, а также электрические замыкания.

Для обеспечения безопасности следует оснастить технический объект следующими средствами:

- первичные – пенные огнетушители, ящики с песком;
- мобильные – автомобили пожарные;
- стационарные – система пожаротушения;
- средства пожарной автоматики – извещатели, приборы управления, оповещения и эвакуации;
- пожарное оборудование – рукава, гидранты;
- средства индивидуальной защиты – респираторы, противогазы;
- пожарный инструмент – комплект универсального инструмента.

Для минимизации вероятности возникновения пожара следует провести следующий ряд мероприятий. Целесообразно применение негорючих веществ

в качестве охлаждающих и смазочных жидкостей и хранение ветоши в противопожарном ящике. Также следует проводить проверки исправности и комплектности системы пожаротушения, сигнализации и средств индивидуальной защиты.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Определение факторов, влияющих на экологию также является важной задачей работы. Во время функционирования производственный участок негативно влияет на окружающую среду. Необходимо определить факторы, оказывающие негативное влияние и провести мероприятия для их минимизации.

На данном производственном участке используется токарный станок с числовым программным управлением. В ходе работы он оказывает следующий ряд негативных экологических факторов:

- влияющих на атмосферу – масляная пыль, туман;
- влияющих на гидросферу – нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, технические жидкости;
- влияющих на литосферу – ветошь, металлическая стружка, нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, технические жидкости.

Чтобы уменьшить ущерб от данных факторов необходимо провести ряд мероприятий:

- для атмосферы – применение системы вентиляции с фильтрами и дополнительными фильтрующими элементами;
- для гидросферы – внедрить многоступенчатую систему фильтрации сточных вод;
- для литосферы – утилизация отходов следует проводить строго на специализированных полигонах.

Итогом проведенного анализа и выполнений работы в данном разделе стало выявление опасных для экологии и работников факторов. Были выявлены профессиональные риски и найдены методы для устранения вредного эффекта от них. Для этого был проведен анализ применяемого оборудования и средств технологического оснащения. Оказалось, что самыми многочисленным источником опасности является используемое оборудование. Несмотря на применяемые системы безопасности, оператору станка потребовались дополнительные средства защиты. Также был обнаружен наиболее вероятный тип пожара и обеспечены средства для его предотвращения и ликвидации. На конечном этапе оценено влияние производства на экологию и применён ряд средств и мероприятий для общего снижения показателей загрязнения.

5 Экономическая эффективность работы

В данном разделе необходимо определить экономическую эффективность изменений, внедренных в технологический процесс изготовления вторичного вала. Для того, чтобы определить экономическую эффективность следует рассчитать и сравнить технико-экономические показатели для исходного и спроектированного технологических процессов. Данный расчёт также позволит определить экономическую эффективность, получаемую при внедрении предложенных изменений.

Расчёт будут проводиться, опираясь на данные, представленные в источнике [7]

Изменение в технологической процесс было внесено на операции токарной обработки «020». Прежде токарная обработка разделялась на две операции.

На данной операции применяется двухшпиндельный станок с числовым программным управлением, в качестве средств технологического оснащения используются патроны с кулачками, а режущими инструментами выступают резцы со сменными пластинами.

Главным нововведением данной операции является сокращение времени обработки, за счёт одновременной обработки с разных сторон детали и повышения производительности по тем же причинам. Нормы времени и режимы резания были рассчитаны в технологическом разделе работы.

Следуя выбранной ранее методике расчёта были найдены общие капитальные вложения для исходного и разработанного технологических процессов. Необходимая сумма вложений для разработанного технологического процесса составляет 34679308 рублей.

Далее переходим к расчету технологической себестоимости детали. Здесь также сравним стоимость двух технологических решений.

Технологическая себестоимость представляет собой сумму затрат на материалы, заработную плату и налоговые отчисления с заработной платы, а

также включает расчёт расходов на содержание и эксплуатацию применяемого оборудования. Результаты расчётов этих затрат приведены в виде графика на рисунке 2

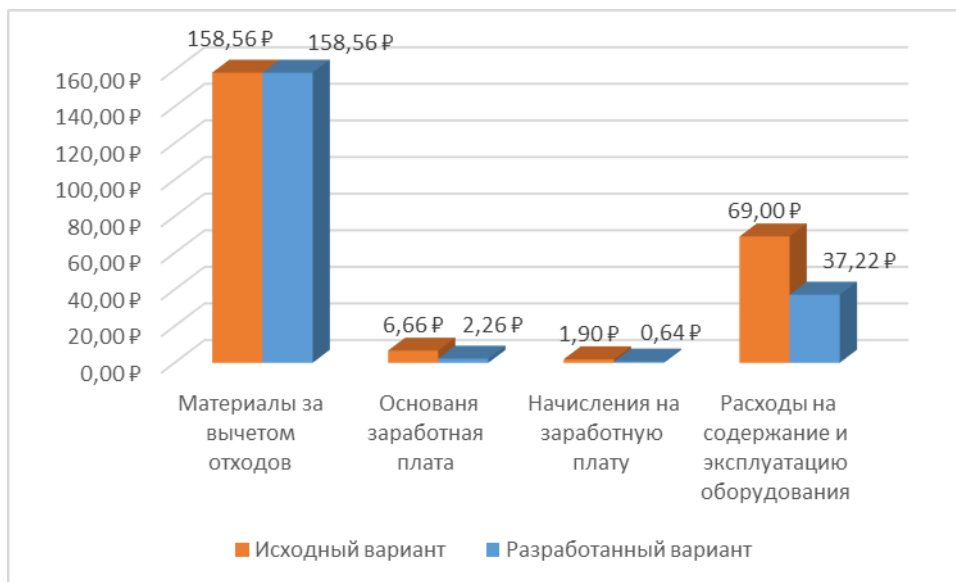


Рисунок 2 – График параметров технологической себестоимости

Параметр используемого материала остаётся неизменным, так как количество используемого материала идентично для сравниваемых технологических процессов.

Технологическая стоимость детали, изготовленной по новому процессу составила 199,19 рублей, это на 16 процентов дешевле детали полученной по исходному методу.

Следующим шагом в выбранной методике является расчёт полной себестоимости по проектируемым операциям. Расчёт проводится исходя из полученных ранее технологической стоимости и прибавления цеховой, заводской себестоимостей и внепроизводственных расходов.

Полная себестоимость для новой технологии изготовления составила 222,27 рублей. Это на 22,78 процента меньше чем в используемой ранее технологии.

График с итогами расчётов представлен на рисунке 3

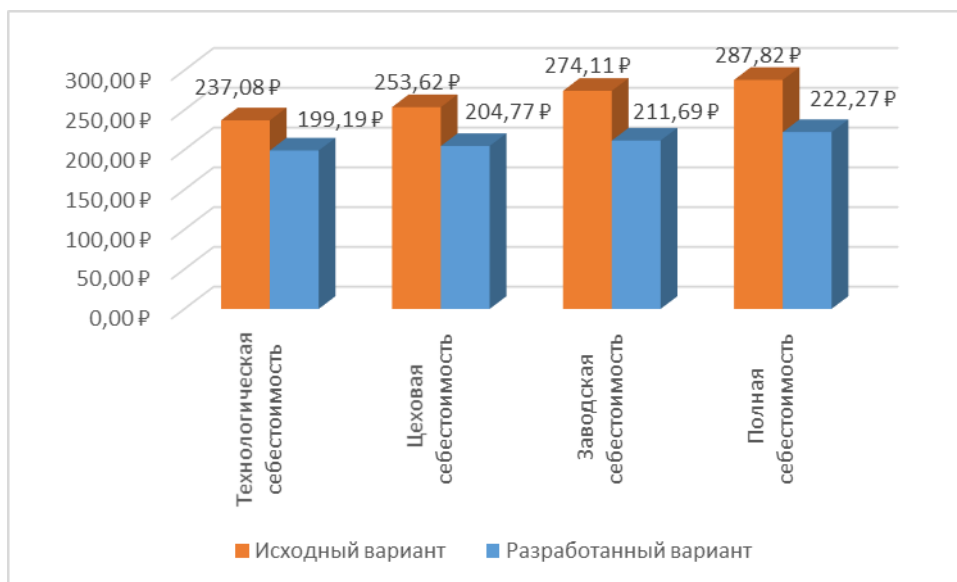


Рисунок 3 – График себестоимости по проектируемым вариантам

Прделанная работа позволяет перейти к расчёту прибыли, получаемой от внедрения предложенных решений. Чистая ожидаемая прибыль составляет 16242660,7 рублей, что при инвестициях в 34679308 рублей обеспечит окупаемость в течении трёх лет. Для предприятия также важно знать стоит ли вкладывать средства в данный проект. Для этого был вычислен интегральный экономический эффект. Чистый дисконтированный доход составил 5699945,5 рублей. Данное значение положительное и больше нуля, это означает что проект является эффективным. Индекс доходности составляет 1,16.

Расчёты, выполненные в данном разделе, доказывают, что применённые в технологической части работы решения, эффективны не только с точки зрения производительности производства, но и с экономической точки зрения. Если внедрить данное решение, то предприятие сможет увеличить свой доход, не потеряв в качестве изготавливаемого изделия.

Заключение

В ходе выполнения данной бакалаврской работы был спроектирован технологический процесс изготовления вторичного вала коробки передач. Для этого была создана вся необходима техническая документация и проведены расчеты. Помимо технологического процесса доработки коснулись станочного приспособления и режущего инструмента.

Чтобы увеличить производительность и понизить себестоимости изготовления было применено новейшее оборудование, с системами числового программного управления и высокой степенью автоматизации. С учётом применения нового оборудования были пересчитаны режимы обработки, включающие время и параметры резания.

Оборудование и порядок обработки был выбран таким способом, который позволяет с легкостью обеспечить предприятие, на котором будет изготавливаться деталь, средствами безопасности, что снижает риски для рабочих. Также был минимизирован отрицательное воздействие на окружающую среду.

Выполнение данной работы позволило закрепить и применить на практике знания, полученные во время обучения. Это позволит быстрее адаптироваться к рабочему месту на предприятии.

Важно отметить, что предложенные изменения не только положительно сказались на технологической части процесса изготовления, но и на экономической. Удалось почти на четверть сократить себестоимость изготовления вала.

Подводя итог, можно констатировать факт, что все цели и задачи, поставленные во введении и пункте 1.4 были выполнены в полном объеме. Технологический процесс изготовления вторичного вала коробки передач создан и готов для применения в реальном производстве.

Список используемых источников

1. Боровков В.М. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса. Метод. указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990., 45с.
2. Воронов Д.Ю. Силовые приводы технологической оснастки : электронное учебно-методическое пособие / Д.Ю. Воронов, Н.Ю. Логинов. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2021. – ISBN 978-5-8259-1576-0
3. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация от 1 марта 2017 – docs.cntd.ru [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения 11.05.2024)
4. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски от 21 сентября 1989 – docs.cntd.ru [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008739> (дата обращения: 10.04.2024)
5. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски от 21 сентября 1989 – ПРИЛОЖЕНИЕ 2 (обязательное). СТЕПЕНИ СЛОЖНОСТИ ПОКОВОК – docs.cntd.ru [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008739/titles> (дата обращения: 08.04.2024)
6. Гуляев В.А., Козлов А.А., Логинов Н.Ю. Выпускная квалификационная работа бакалавра : Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение», профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» / В.А. Гуляев, А.А. Козлов, Н.Ю. Логинов. – Тольятти : ТГУ, 2017. – 50 с.
7. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 150305 / Н.В. Зубкова, – Тольятти: ТГУ, 2015, 46с.

8. Козлов А.А. Оборудование и технологическая оснастка машиностроительных производств. Проектирование кулачковых самоцентрирующих патронов : практикум / А.А. Козлов, С.И. Ярыгин. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2019.

9. Козлов А.А. Проектирование механических цехов : электронное учеб.-метод. пособие / А.А. Козлов. - Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015.

10. Марочник стали и сплавов 20ХГНМ [Электронный ресурс] URL: https://splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=548 (дата обращения: 29.03.2024)

11. Массовый тип производства и его характеристика. [Электронный ресурс] URL: <https://studfile.net/preview/5632561/page:8/> (дата обращения: 09.04.2024)

12. Методические указания для заполнения и кодирования технологической документации / сост. Г.А. Акимова, С.Н. Сергиенко, А.А. Веселовский. – Орск : Издательство ОГТИ, 2009. – 69с.

13. Методические указания по дисциплине “Проектирование инструментов и оборудования” / ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. В.И. Корнеев, В.М. Пачевский. Воронеж, 2010. 40с.

14. Научные основы технологии машиностроения : учебное пособие / А.С. Мельников, М.А. Тамаркин, Э.Э. Тищенко, А.И. Азарова ; под общей редакцией А.С. Мельникова. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. – 420с. – ISBN 978-5-8114-3046-8.

15. Особенности стали 20ХГНМ [Электронный ресурс] URL: <https://mssz.spb.ru/chernyj/20xgnm?ysclid=lvf0g46mxx532938427> (дата обращения: 29.03.2024)

16. Расторгуев Д.А. Проектирование технологических операций: электронное учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015.

17. Расторгуев Д.А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления : электрон. учеб.-метод пособие / Д.А. Расторгуев. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2017.
18. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах Том 1 / Под ред. А.Г. Косиловой. – М.: Машиностроение, 1985. – 619 с.
19. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах Том 2 / Под ред. А.Г. Косиловой. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
20. Лист стали 20ХГНМ цена [Электронный ресурс] URL: <https://www.ru-met.ru/produkcija/list-stalnoj/list-stalnoj-tsena-20khgnm/?ysclid=lvf1i1ocej682318265> (дата обращения: 08.04.2024)
21. Цены за лом стали [Электронный ресурс] URL: <https://samara.priem-metallolom.com/chernyy-lom/stal?ysclid=lvf1itbqrs493467547> (дата обращения: 08.04.2024)
22. Calculation for Cutting Speed, Spindle Speed and Feed [Электронный ресурс] URL: https://www.ns-tool.com/en/technology/technical_data/cutting_speed/ (дата обращения 15.04.2024)
23. Cutting Power for Turning [Электронный ресурс] URL: https://www.mmc-carbide.com/in/technical_information/formula/tec_turning_cutting_power_formula (дата обращения 16.04.2024)
24. Double Spindle CNC Lathes [Электронный ресурс] URL: <https://www.timewaymachinery.com/cnc-lathes/slant-bed-cnc-lathes/double-spindle-cnc-lathes.html> (дата обращения: 15.04.2024)
25. E-CATALOG DNMG-TSF [Электронный ресурс] URL: <https://catalog.tungaloy.com/item.aspx?cat=6998151&fnum=1016&mapp=IS&app=150&Lang=EN&GFSTYP=M&isoD=1> (дата обращения: 18.04.2024)
26. Grade: T9215 [Электронный ресурс] URL: <https://catalog.tungaloy.com/Grade.aspx?grade=T9215&item=6772218&fnum=1016&mapp=IS&Lang=EN&GFSTYP=M> (дата обращения: 18.04.2024)

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Маршрутная карта

Д.д.п.		В.в.в.		Л.л.л.		И.и.и.		Л.л.л.		И.и.и.		Л.л.л.		И.и.и.											
Изм.		/Дет.		/Вост.		/Подпись		/Дата		/Изм.		/Дет.		/Вост.											
Разработ.		А.И.И. С.И.		Кафедра ТМ		«Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»																			
Лист		Всего л.		Технологический процесс изготовления вторичного вала		ДП																			
Лист		Всего л.		Сталь 20ХГНМ ТУ 14-1-2252-2007																					
М 01		Код		Код загот.		Листы и разрезы		Код		МЗ															
М 02		11		172		166		173		0,66		090100		φ57х300		1		2,6							
А		Цех		Ук.		РМ		Сл.		Сл.		Сл.		Сл.		Сл.		Сл.							
Б		Цех		Ук.		РМ		Сл.		Сл.		Сл.		Сл.		Сл.		Сл.							
А 03		010		4269		Фрезерно-центральная		ИОТ №37.101.7013																	
Б 04		3094		Фрезерно-центральная автомат		АВТОВАЗ		18632		312		1		1		1		1386		1		10		0,64	
0 05		Фрезеровать два торца выдерж. разм 2925 ± 0,2																							
06		Центровать два торца выдерж. разм. 12,9±0,15, φ16, φ9,8, ∠60°																							
107		39 1697 головка в сборе, 02.6555.5023																							
08		39 3311 Штангенциркуль ШЦ-I-300-0,02																							
09		39 3100 Калибр, 39 3100 Калибр																							
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Дробл. Взам. Габр.	Цех	Чк.	РТУ	Свер.	Код наименования операции	Код наименования оборудования	Наименование детали, сб. единицы или материала	Обозначение документа									
								СМ	Лист	Р	УТ	АР	КОМД	ЕН	ОП	Ашт.	Тпз
А	Б	К/М						Обозначение код	ОП	ЕН	ОП	ЕН	Ашт.	Тпз	Лит.		
А 01	020	4112	Токарная					ИОТ 37.1017034									
Б 02	38 114	Токарный двушпиндельный станок с ЧПУ TIMEWAY AK-35DS					18225	322	1	1	1	1386	1	26	199		
К 03	39 6110	Патрон с кулачками 02.7114.5037.30															
К 04	39 2191	Резец с пластиной 2008.2973.135; резец с пластиной 02.2130.6078, резец с пластиной МДМ 00009870, резец с пластиной МДМ00010637															
К 05	39 3120	Скоба жесткая; калибр; 39 4300 инструмент для контроля ПБ-500М															
0 06		Подрезать торцы окончательно выдерживая 274,45±0,1, точить выдерживая размеры φ34,5, φ42, φ35,25, φ32,5, φ31,2, φ32,7, φ25,5															
07																	
08																	
09																	
А 10	030	4101	Агрегатная					ИОТ 37.1017013									
Б 11	38 1882	Специальный агрегатный автомат АВТ0ВА3 001703.33					18632	322	1	1	1	1386	1	16	055		
К 12	39 6130	Тиски самоцентрирующиеся специальные															
К 13	39 1800	Фреза пазовая 02.2240.9058; фреза дисковая 02.2240.9057															
К 14	39 1240	Сверло 02.2300.9366															
К 15	39 3110	Пробка; калибр; 39 3190 калибр с индикатором															
0 16		Фрезеровать паз выдерживая 6,5, лыски для снятия подшпнников, выдерживая 29,35															
0 17		Сверлить отверстие φ5,7															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1108-82 Форма 16

Добл. Возм. Лобл.																					
	Дек	Чк	РМ	Опер.	Код наименования операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит.	Тпа	Тшт.					
К/М				Наименование детали, со-единения или материала				Обозначение код				Обозначение документа				Н.доск.					
				060																	
01				Контрольная																	
02																					
А 03				070				ИОТ 37.1017022													
Б 04				Накатной автомат ЕКIN 0019.400103300F				1				1 1 В86 1				23 0,4					
К 05				39 2841 центр вращающийся																	
К 06				Комплект рее "Рато-Фло" 02.2576.9167																	
К 07				39 3144 кольцо проходное; 39 3120 калибр																	
0 08				Накатать шлицы типа M, и смазочные кивки, обеспечить диаметр 33,87																	
09																					
А 10				080				ИОТ 37.1017022													
Б 11				38 1850 Зубофасочный автомат HURTH 018.756.33				1				1 1 В86 1				30 0,28					
К 12				39 2841 центр вращающийся																	
К 13				39 2104 резец с пластиной 2008.088.125																	
К 14				39 7261 ролик фасочный 02.2576.9167																	
К 15				Контроль производится универсально																	
0 16				Снять заусенцы с торцев зубчатого венца																	
0 17				Снять фаски на торцах зубчатого венца																	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Добл.		Взам.		Побл.		Итого		Итого		Итого		Итого		Итого		Итого				
А	Цех	Уч.	РМ	След.	Код наименования операции	СМ	Град.	Р	УТ	КР	КОШ	ЕН	ОП	ЕН	КИ	Ки	Ки			
Б	Код наименования обозначения		Код наименования обозначения		Обозначение документа															
К/М	Наименование детали, сб. вальцы или материала		Обозначение код																	
А 01		090			Накатная															
Б 02					Накатной автомат ЕХ-CELL-0 019.702.33				1	1	1	1	1	1	1	1386	1	23	0,24	
К 03					39 2841 центр вращающийся; 39 2844 центр неподвижный															
К 04					Комплект рее "Рога-Фло" 02.2581.9068															
К 05					39 3144 кольцо проходное; 39 3120 калибр															
0 06					Накатать эфольвентные шлицы типа Л и Н															
07																				
08																				
09																				
А 10		100			4101 Агрегатная															
Б 11		38 1885			Специальный агрегатный автомат ТВТ 001816.33															
К 12		39 2810			патрон быстросменный 02.6153.0202; 39 2844 центр обратный															
К 13		39 1290			сверло 4.123004.224; сверло ружейное															
К 14		39 3120			калибр, пробка 39 4641 устройство для контроля круглости															
0 15					Сверлить отверстия $\phi 4$, и осевой канал $\phi 10$															
16																				
17																				

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Допл.																					
Взам.																					
Лист																					
Цикл	№	Гру	Служ	Лист	Наименование операции	СМ	Прод.	Р	ЭТ	Обозначение код	СМ	КР	КОИЛ	ЕН	ОП	Ашт.	Тпа	Тшт.	Н.вост.		
К/Г	М	№	№	№	Наименование детали, соб. единицы или материала																
А 01			110		4157 Шединговальная					ИОТ 37.101.7022											
Б 02	38	1574			Шединговальный автомат HURTH 010.712.33		12290	422	1		1	1	1	1	1386	1	13		0,74		
К 03					39 2841 центр вращающийся																
К 04					39 2430 Шедер радиальный 02.2570.9361																
К 05					39 3120 калибр с индикатором 39 4641 приспособление для контроля зубьев																
0 06					Шединговать зубья шестерни																
07																					
08				120	Шумоконтрольная																
09																					
10				130	Маячная																
11																					
12				140	Контрольная																
13																					
14				150	Термическая																
15					Печь шахтная																
16																					
17																					

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Доб.	Взвч.	Ловд.	Цев.	5ч.	ЛУ	Отев.	Код. измерительные операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	Объемные документы				Тшт.	Н.векст.		
													ЕН	СП	КМ	КП				
Ловд.							Код. измерительные операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КМ	КП	ЕН	СП	КМ	КП		
																			Объемные код.	ЕН
А 01						180	0111 Правильная	ИОТ 37.101.70752												
Б 02						38 2777	Пресс ручной для прайки Гальдбани 201.70333			15997 422	1	1	1	1	1	1	1386	1	14	2,06
К 03							Опоры 02.7036.7138													
К 04							Плансон 4.114.22.5111													
К 05						39 3120	калдр													
0 06							Повторно править вал с увеличенной кривизной													
07																				
08																				
09																				
А 10						190	4 130 Шлифовальная	ИОТ 37.101.7017												
Б 11						38 1300	Торцекруглошлифовальный автомат			18873 422	1	1	1	1	1	1386	1	12	1,33	
							SCHAUDT 0110724.033000													
К 12						39 6110	Патрон поводковый с пневмоприводом; 39 2841 центр вращающийся													
К 13						39 8000	Круг абразивный 02.2707.9159; 02.2707.9160; 02.2707.9161													
К 14						39 3120	калдр; скода													
0 15							Шлифовать, одеспечив φ39, φ34,5, φ32,8, φ25													
16																				
17																				

ГОСТ 3.1118-82 форма №6

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цел.	Эк.	Р/У	Отед.	Код наименования операции	СМ	Лифт	Р	ЭТ	КР	Обозначение документа				Лит.	
											КОИД	ЕН	ОП	Лаз		
Б	Код наименования абразива															
К/У	Наименование детали, ее размеры или материала															
А 01	200				4130 Шлифовальная	ИОТ 37.1017017										
Б 02	38 1300				Торцевкруглошлифовальный автомат SCHAUDT 0110717.033000.0	18873 422	1	1	1	1	1386	1	12	0,72		
К 03	39 6110				Патрон поводковый 02.7197.5216.14; 39 2841 центр вращающийся											
К 04	39 8000				Круг абразивный 02.2707.9114											
К 05	39 3120				Калибр, скода											
0 06	Шлифовать абдеслечив размер 187,85 и диаметр 25, радиус 11															
07																
08																
09																
А 10	210				4130 Шлифовальная	ИОТ 37.1017017										
Б 11	38 1311				Круглошлифовальный автомат SCHAUDT 0110734.033000.0	18873 422	1	1	1	1	1386	1	12	0,92		
К 12	39 6110				Патрон поводковый 02.7107.5216.19; 39 2841 центр вращающийся											
К 13	39 8000				Круг абразивный 02.2715.914.5, 02.2715.914.6, 02.2707.9161.39 7261 Ралик алмазный											
К 14	39 3120				Калибр, скода											
0 15	Шлифовать канавки под стопорные кольца абдеслечив размер 2, 5,8, радиусы 0,4, 12															
16																
17																

ГОСТ 3.1108-82 Форма 16

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.118-82 Форма 16

Дробл. Взвеш. Лейбл.																				
	Дек	Чч	РМ	Опер	Код наименования операции					Обозначение документа					Обозначение кода					
А	Б	К/М	260	270	СЧ	Грар	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Авт	Тпа	Тшт	Н. раск.	К/М	ЕН	ЕН	
			Наименование детали, сб. единицы или материала																	
01																				
02																				
03																				
04																				
05																				
06																				
07																				
08																				
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				

Продолжение Приложения А

Таблица А.2 – Операционная карта

Деталь		ГОСТ 3.104-88											Формы 3		
Вид	Наименование	Материал	Твердость	EB	MD	Поворот и размеры	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS
Лист	Изображение	Обозначение	Т _с	Т _н	Т _к	Т _н	Т _к	Т _н	Т _к	Т _н	Т _к	Т _н	Т _к	Т _н	Т _к
Разработчик	Абязов С.Н.	ТГУ	145...185 HB	166	172	φ57x300	2,6	1							
Проверил	Воронов Д.Ю.	Сталь 20ХГНМ ТУ 14-1-2252-2007													
Н. контро.	Воронов Д.Ю.	Обозначение программы	0,65	-	1	0,74									
4 157 Шединговальная															
38 1574 Шединговальный автомат HURTH 010.71233															
Р		ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ
1															
2	1. Установить и закрепить заготовку														
3	39 2841 центр вращающийся														
4															
5	2. Шединговать зубья шестерни														
6	39 2430 Шедер радиальный 02.2570.9361									1	129	-	56,8		
7															
8															
9	3. Контролировать согласно карте эскизов														
10	39 3120 калибр с индикатором														
11	39 4641 приспособление для контроля зубьев														
12															
13															
ОК	Операционная карта														

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

Дубль																													
Взам.																													
Год.																													
Разработ.		Абызов С.И.																											
Проектиров.		Варанов Д.Ю.																											
Н. лист.		Варанов Д.Ю.																											
0,045 A		A																											
$\sqrt{Ra 0,8(\sqrt{1})}$																													
A		B																											
B-B (5:1)																													
d=42,69max																													
d=52,77+0,5																													
110																													
Форма7																													
ГОСТ 3.1105-84																													
ТГУ																													
Вал вторичный																													

КЭ Карта эскизов

Приложение Б

Спецификация к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификация к патрону

КОМПАС-3D v22 Учебная версия © 2023 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.	Инв. № подл.		Взам. инв. №		Инв. № дробл.		Подп. и дата		Патрон			
	Инв. № подл.		Подп. и дата		Инв. № дробл.		Подп. и дата					
	Инв. № подл.		Подп. и дата		Инв. № дробл.		Подп. и дата					
	Инв. № подл.		Подп. и дата		Инв. № дробл.		Подп. и дата					
	Инв. № подл.		Подп. и дата		Инв. № дробл.		Подп. и дата					
	Инв. № подл.		Подп. и дата		Инв. № дробл.		Подп. и дата					
	Инв. № подл.		Подп. и дата		Инв. № дробл.		Подп. и дата					
	Инв. № подл.		Подп. и дата		Инв. № дробл.		Подп. и дата					
	Инв. № подл.		Подп. и дата		Инв. № дробл.		Подп. и дата					
	Инв. № подл.		Подп. и дата		Инв. № дробл.		Подп. и дата					
	Инв. № подл.		Подп. и дата		Инв. № дробл.		Подп. и дата					
	Инв. № подл.		Подп. и дата		Инв. № дробл.		Подп. и дата					
	Инв. № подл.		Подп. и дата		Инв. № дробл.		Подп. и дата					
	Инв. № подл.		Подп. и дата		Инв. № дробл.		Подп. и дата					
	Инв. № подл.		Подп. и дата		Инв. № дробл.		Подп. и дата					
	Инв. № подл.		Подп. и дата		Инв. № дробл.		Подп. и дата					
	Инв. № подл.		Подп. и дата		Инв. № дробл.		Подп. и дата					

Продолжение приложения Б

Таблица Б.2 – Спецификация к резцу

КОМПАС-3D v22 Учебная версия © 2023 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены. Инв. № подл. Подп. и дата Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата Справ. № Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
					<u>Детали</u>				
			1		Корпус	1			
			2		Прихват	1			
			3		Опорная пластина	1			
					<u>Стандартные изделия</u>				
			6		Винт DIN912-UNC 1-40	1			
			7		Винт DIN912-UNC 1/4-28	1			
	Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Резец		Лист	Лист	Листов
	Разраб.	Абызов С.Н.							
	Проб.	Воронов Д.Ю.							1
	Н.контр.								
	Чтб.								
Не для коммерческого использования Копировал Формат А4									