

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

Институт машиностроения, химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

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

Технология машиностроения
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления коробки переключения скоростей

Обучающийся	<u>К.А. Винокурова</u> (Инициалы Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>канд. техн. наук, доцент В.А. Гуляев</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	
Консультанты	<u>канд. экон. наук, доцент Е.Г. Смышляева</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	
	<u>канд. геогр. наук, доцент В.В. Будко</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	

Аннотация

Технологический процесс изготовления коробки переключения скоростей. Выпускная квалификационная работа. Тольятти. 2025.

В работе представлена технология изготовления детали коробки переключения скоростей «вал».

При подготовке данных для реализации технологического процесса и подготовки необходимой технической и технологической документации в работе проведено ознакомление с оборудованием и средствами технологического оснащения реального производства детали; определение и разработка списка инструментов, необходимых для моделирования выбранного технологического процесса; подборка и оформление перечня оборудования и технических средств, требуемых для проведения механической обработки; внесение изменения в техническое задание с учётом разработанных перечней и соответствующей конструкторской и технологической документации; проведение технологических операций, предусмотренных технологическим процессом; составление перечня оборудования и инструментов, необходимых для реализации механической обработки разрабатываемого процесса, а также для анализа недостатков применяемого на предприятии базового технологического процесса; осуществление научно-исследовательских или аналитических работ с целью выявления проблем и неэффективных элементов существующего процесса; проведение анализа и оценки полученных результатов. Показаны все необходимые аналитические расчеты с целью оптимизации режимов резания и норм времени. Спроектированы необходимые вспомогательные средства технического оснащения. Показаны мероприятия по повышению безопасности и экологичности работ при реализации предлагаемого технологического процесса, а также экономическая эффективность результатов работы.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ объекта проектирования	6
1.1 Анализ технологичности объекта проектирования.....	6
1.2 Формулировка задач проектирования	8
2 Технология изготовления детали	10
2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств оснащения.....	10
2.2 Проектирование технологической операции	24
3 Проектирование специальных средств оснащения	30
3.1 Станочное приспособление.....	30
3.2 Контрольное приспособление.....	33
4 Безопасность технического объекта и его экологичность.....	36
5 Экономическая эффективность работы	40
Заключение	44
Список используемой литературы и используемых источников.....	45
Приложение А Технологическая документация.....	47

Введение

В современных условиях развития машиностроительной отрасли особое значение приобретает совершенствование технологических процессов изготовления деталей, а также разработка и внедрение инновационных средств технологического оснащения. Это обусловлено необходимостью повышения эффективности производства, обеспечения высокого качества выпускаемой продукции, сокращения производственных затрат и времени изготовления изделий, а также адаптации к быстро изменяющимся требованиям рынка. Ключевыми аспектами в данном контексте выступают выбор оптимальных методов получения заготовок, рационализация режимов резания, разработка и применение современных видов оборудования, инструмента и станочных приспособлений, а также внедрение систем контроля качества на различных стадиях производства.

На этапе получения заготовки широко применяются методы литья под давлением, литья в кокиль, а также горячей штамповки. Каждый из этих методов имеет свои преимущества: литьё позволяет получать заготовки сложной формы с минимальными припусками на обработку; штамповка обеспечивает высокую прочность материала за счёт его упрочнения в процессе деформации. В последние годы наблюдается тенденция к развитию аддитивных технологий (3D-печать металлами), что открывает новые возможности для изготовления прецизионных заготовок сложной конфигурации с минимальными затратами материала.

Контрольные приспособления (шаблоны, калибры-пробки, измерительные машины координатного типа) позволяют осуществлять оперативный контроль геометрических параметров детали на различных стадиях обработки» [8]. Внедрение автоматизированных измерительных систем с возможностью интеграции в информационные системы предприятия обеспечивает высокую точность контроля и позволяет вести статистический учёт параметров качества.

Отдельное направление исследований связано с оптимизацией режимов резания. В мировой практике активно применяются математические модели расчёта оптимальных режимов обработки с учётом характеристик материала заготовки, свойств режущего инструмента и параметров оборудования. Использование таких моделей позволяет не только повысить производительность процесса, но и существенно продлить срок службы инструмента за счёт минимизации износа режущей кромки.

Значительный вклад в развитие технологии механической обработки вносит внедрение адаптивных систем управления процессом резания. Такие системы в реальном времени отслеживают параметры процесса (силы резания, вибрации, температуру зоны резания) и автоматически корректируют режимы работы станка для предотвращения аварийных ситуаций и достижения оптимального соотношения между производительностью и качеством обработки.

Зарубежный опыт свидетельствует о широком распространении концепции «умного» производства (Smart Manufacturing), в рамках которой осуществляется интеграция всех этапов жизненного цикла изделия – от проектирования до эксплуатации – на основе единой цифровой платформы. Это позволяет существенно повысить эффективность управления производственными ресурсами, снизить уровень брака и обеспечить гибкость производства при освоении новых изделий.

В отечественной практике большое внимание уделяется вопросам стандартизации технологических процессов, унификации оснастки и инструментов, а также внедрению инновационных методов организации производства (например, бережливое производство – Lean Manufacturing). Ведущие российские машиностроительные предприятия активно внедряют системы управления качеством (ISO 9001), что способствует повышению конкурентоспособности продукции на внутреннем и внешнем рынках.

1 Анализ объекта проектирования

1.1 Анализ технологичности объекта проектирования

«Рассматриваемая деталь «Вал» работает в трехступенчатом цилиндрическом редукторе коробки передач передач. Его назначение – передача крутящего момента с входного конца через шпоночное соединение на зубчатую поверхность. Зубчатый венец представляет собой модульный профиль 6 класса точности. Вал работает как скоростная ступень и соединяется при помощи муфты с исходным приводом вращения – валом привода в виде электродвигателя. Условия работы по частоте – скоростное движение, центробежные нагрузки тяжелые, так как ступень высокоскоростная [13]. Нагрузка по моменту соответственно средняя. Условия работы в смазочной среде. Деталь представлена на рисунке 1. Для формирования технических требований на чертеже необходимо проанализировать условия работы и назначение каждой поверхности этой детали. Для этого разделим все поверхности вала на четыре группы» [10].

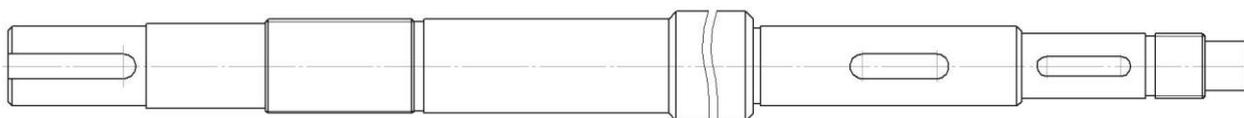


Рисунок 1 – Деталь «Вал»

«Первая группа самая ответственная, она определяет положение вала в редукторе. Это конструкторские базы, к которым относятся поверхности для установки вала. Вторая категория менее ответственных поверхностей – это вспомогательные конструкторские базы. Они предназначены для установки сопряженных деталей. В данном случае это шейка, которая проходит через крышку для выходного конца вала, а также посадочная поверхность под муфту со шпоночным пазом. Рабочей поверхностью является боковая поверхность

штопочного паза. Для выполнения своего служебного назначения для вала выбрана марка материала – сталь 40Х ГОСТ 43445-71. Ее предел прочности 980 МПа. Твердость в состоянии поставки – 220-240 НВ. После закалки 32-35 HRC. Ее физические и механические свойства полностью удовлетворяют тем требованиям, которые предъявляются для поддержания соответствующего напряженно-деформированного состояния детали при ее эксплуатации» [9].

«Устанавливать и базировать заготовку можно по наружным цилиндрическим поверхностям. При этом нужно устанавливать заготовку с консольной схемой с поджимом задним центром. Деталь симметричной ступенчатости. Она имеет среднюю жесткость. Конструктивные элементы являются типовыми. В качестве основных конструкторских баз определим поверхности 2 и 5, в качестве вспомогательных конструкторских баз определим поверхности 25, 26, 16, 14, 15, 10, 31 и 32. Исполнительными поверхностями, исходя из служебного назначения детали, являются поверхности 24, 23, 17, 27, 21, 19 и 20. Остальные поверхности характеризуем как свободные. Из-за формы и материала детали необходимо применять один единственный способ получения заготовки – это прокат» [10].

«В значительной мере технологичность конструкции детали определяется возможностью наиболее простой механической обработки. Проведем анализ детали на ее технологичность. Совершенство конструкции детали также определяется использованием наиболее экономичных, экономичных и производительных технологических методов ее изготовления. В начало технологического процесса относят процедуры, раскрывающие скрытые дефекты на начальной стадии обработки (пористость, коробление, трещины, и тому подобное), а также создаются оптимальные условия для перераспределения остаточных напряжений в заготовке. Осуществляется выбор технологических баз и обоснование этих выбранных баз. Задаётся очерёдность и способы обработки поверхностей заготовки» [11]. «Исходя из требований к качеству детали, устанавливается количество переходов при обработке каждой поверхности, а также оборудование для выполнения данной

операции. Выявляется индивидуальная технологическая оснастка для выполнения операции и разрабатываются условия, которым должен соответствовать каждый вид выбранной оснастки. При выборе установочных баз соблюдаются основные условия: постоянство баз и совмещение технологических баз с конструкторскими. Последней производят обработку легкоповреждаемых поверхностей, например, наружной резьбы. Последовательность операций зависит от последующих термической и химико-термической обработки. Рабочие поверхности необходимо шлифовать и полировать. Для того, чтобы спроектировать технологический процесс с минимальными затратами, необходимо обеспечить технологичность вала» [13]. «Для этого проанализируем обрабатываемость данной детали. Она имеет среднюю жесткость, так как средний диаметр около 40 мм при длине 1850 миллиметр. Поэтому нужна как минимум двух опорная схема установки этой заготовки. Поверхности имеют среднюю протяженность. Общая точность средняя, за исключением посадочных поверхностей, на которые задается точность по 6 качеству. Все поверхности необходимо обрабатывать, так как уровень точности не соответствует точности возможной заготовительной операции. Заготовку можно использовать унифицированную, так как форма детали типовая и простая. Материал имеет нормальный уровень обрабатываемости. Материал не дефицитный и по своим физико-механическим свойствам соответствует служебному назначению вала. Конструктивные элементы стандартизированы и унифицированы» [1].

1.2 Формулировка задач проектирования

Цель работы – проектирование совершенно нового технологического процесса, повышение качества продукции и снижение себестоимости изготовления.

При подготовке данных для реализации технологического процесса и подготовки необходимой технической и технологической документации в

работе необходимо провести ознакомление с оборудованием и средствами технологического оснащения реального производства детали; определить и разработать список инструментов, необходимых для моделирования выбранного технологического процесса; подобрать и оформить перечень оборудования и технических средств, требуемых для проведения механической обработки; внести изменения в техническое задание с учётом разработанных перечней и соответствующей конструкторской и технологической документацией; провести технологические операции, предусмотренные технологическим процессом; составить перечень оборудования и инструментов, необходимых для реализации механической обработки разрабатываемого процесса, а также для анализа недостатков применяемого на предприятии базового технологического процесса; осуществить научно-исследовательские или аналитические работы с целью выявления проблем и неэффективных элементов существующего процесса; провести анализ и оценку полученных результатов. Показать все необходимые аналитические расчеты с целью оптимизации режимов резания и норм времени. Спроектировать необходимые вспомогательные средства технического оснащения. Показать мероприятия по повышению безопасности и экологичности работ при реализации предлагаемого технологического процесса, а также экономическую эффективность результатов работы.

2 Технология изготовления детали

2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств оснащения

В настоящем разделе проведем соответствующие процедуры для разработки технологической документации. Для подготовки документации необходимо разработать общий конструкторский блок документов, включающий: технико-эксплуатационные характеристики оборудования (мощность, точность обработки, габаритные размеры и тому подобное); рабочие чертежи (схематические и детальные чертежи деталей, сборочные единицы, монтажное расположение компонентов); обоснование выбора материалов, методов изготовления деталей и технологических режимов обработки; расчёт нагрузок и оценку безопасности эксплуатации (анализ возможных отказов, предупреждение возникновения аварийных ситуаций).

Технологический раздел должен содержать: технологическую карту проведения обработки (этапы обработки, параметры станка, последовательность операций); описание схемы интеграции измерительной аппаратуры с оборудованием; руководство оператора (инструкции по настройке, запуску и контролю эксперимента).

Документация должна включать следующие разделы: техническое описание средств оснащения; эксплуатационные чертежи и схемы; комплект нормативно-технических документов (спецификации, стандарты и требования безопасности); протоколы испытаний и методики проведения обработки.

«Имеем по заданию объем выпуска 100 деталей в год и массу детали 19,3 килограмм. Основываясь на данных таблицы 1, выбираем мелкосерийный тип производства. Если размеры вала большие, то обычно используют заготовки из проката или из поковки, так как это есть ограничения по технологическим усилиям при штамповке. После получения заготовок давлением они обеспечивают более высокую жесткость и прочность» [4].

Таблица 1 – Данные для определения типа производства

Производство	Число обрабатываемых изделий в год, шт.		
	массой более 100 кг	массой от 10 до 100 кг	массой до 10 кг
Единичное	до 5	до 10	до 100
Мелкосерийное	от 5 до 100	от 10 до 200	от 100 до 500
Серийное	от 100 до 300	от 200 до 500	от 500 до 5000
Крупносерийное	от 300 до 1000	от 500 до 5000	от 5000 до 50000
Массовое	более 1000	более 5000	более 50000

«Эти факторы должны быть приняты во внимание для эффективного проектирования заготовки и технологии ее изготовления. Массу детали будем определять согласно выражения:

$$G = \rho \cdot V, \quad (1)$$

где $\rho = 7,83 \text{ г/см}^3$; $V = 2465,2 \text{ см}^3$.

Подставляя значения для плотности материала и объема детали, получим:

$$G = 7,83 \cdot 2465,2 = 19,3 \text{ кг.}$$

В качестве заготовки принимаем пруток диаметром 50 мм и длиной 2500 мм. Заготовку получим путем отрезки прутка на фрезерно-отрезном полуавтомате 8В66. Выбранный материал обладает достаточной твердостью, хорошо обрабатывается и имеет низкую стоимость» [14].

«Правильный выбор метода получения заготовки позволяет производить ее проектирование. Для механической обработки заготовки определим припуски. Для определения припусков необходимо осуществить поэтапное решение этой задачи. Первый этап состоит в определении последовательности механической обработки каждой поверхности. Необходимо учесть зависимость поверхности от ее формы, точности обработки и чистоты. При этом используются справочные данные» [16].

«На следующем этапе проектирования осуществляется определение численных значений припусков на обработку. При этом обычно используется

несколько методик. Для выбранного типа производства необходимо применить расчетно-аналитический метод [21] для определения припусков на точные поверхности. Это поверхность 7 диаметром $44h6(-\frac{0}{17})$.

Согласно принятой методики расчета для каждого технологического перехода при определении минимальных значений припуска будем использовать формулу» [14]:

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

«где a – глубина суммарного дефектного слоя, мм;

Δ – суммарные пространственные отклонения, мм;

ε – погрешности установки заготовки на операции, мм;

i – индекс текущего перехода;

$i - 1$ – индекс предыдущего перехода» [21].

«Результат:

$$z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,41 + \sqrt{0,16^2 + 0,04^2} = 0,575 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,1 + \sqrt{0,063^2 + 0,025^2} = 0,168 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,05 + \sqrt{0,016^2 + 0,1^2} = 0,069 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,03 + \sqrt{0,004^2 + 0,005^2} = 0,036 \text{ мм.}$$

Определим минимальный диаметр, начиная с конечного размера, используя формулу:

$$D_{(i-1)min} = D_{imin} + 2 \cdot z_{imin}. \quad (3) \gg [14]$$

«Результат:

$$D_{3min} = D_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 43,983 + 2 \cdot 0,036 = 44,055 \text{ мм.}$$

$$D_{2min} = D_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 44,055 + 2 \cdot 0,069 = 44,193 \text{ мм.}$$

$$D_{1min} = D_{2min} + 2 \cdot z_{2min} = 44,193 + 2 \cdot 0,168 = 44,529 \text{ мм.}$$

$$D_{0min} = D_{1min} + 2 \cdot z_{1min} = 44,529 + 2 \cdot 0,575 = 44,679 \text{ мм.}$$

Определим максимальный диаметр для каждого перехода, используя формулу:

$$D_{imax} = D_{imin} + IT_i. \quad (4)$$

Тогда получим:

$$D_{0max} = D_{0min} + IT_0 = 44,679 + 0,62 = 45,299 \text{ мм.}$$

$$D_{1max} = D_{1min} + IT_1 = 44,529 + 0,25 = 44,779 \text{ мм.}$$

$$D_{2max} = D_{2min} + IT_2 = 44,193 + 0,062 = 44,255 \text{ мм.}$$

$$D_{3max} = D_{3min} + IT_3 = 44,055 + 0,039 = 44,094 \text{ мм.}$$

$$D_{4max} = D_{4min} + IT_4 = 43,983 + 0,017 = 44 \text{ мм} \gg [16].$$

«Определять максимальные значения припусков будем по формуле:

$$z_{imax} = 0,5 \cdot (D_{(i-1)max} - D_{imax}). \quad (5)$$

Тогда получим:

$$z_{1max} = 0,5 \cdot (D_{0max} - D_{1max}) = 0,5 \cdot (45,299 - 44,779) = 0,26 \text{ мм.}$$

$$z_{2max} = 0,5 \cdot (D_{1max} - D_{2max}) = 0,5 \cdot (44,779 - 44,255) = 0,262 \text{ мм.}$$

$$z_{3max} = 0,5 \cdot (D_{2max} - D_{3max}) = 0,5 \cdot (44,255 - 44,094) = 0,081 \text{ мм.}$$

$$z_{4max} = 0,5 \cdot (D_{3max} - D_{4max}) = 0,5 \cdot (44,094 - 44) = 0,047 \text{ мм.}$$

Правильность проведенных расчетов проверим с помощью равенства:

$$2 \cdot z_{imax} - 2 \cdot z_{imin} = IT_{i-1} - IT_i. \quad (6) \gg [16]$$

«Результат:

$$2 \cdot z_{1max} - 2 \cdot z_{1min} = IT_0 - IT_1;$$

$$2 \cdot 0,76 - 2 \cdot 0,575 = 0,62 - 0,25;$$

$$1,52 - 1,15 = 0,37;$$

$$0,37 = 0,37.$$

Расчеты верны» [14].

«В таблицу 2 сведем результаты расчета припусков на обработку поверхности с диаметральным размером $40h6(-\overset{0}{-17})$ мм, а на рисунке 2 покажем схему припусков» [16].

Таблица 2 – Припуски на диаметральный размер $40h6(-\overset{0}{-17})$ мм

Переходы	Элементы			IT	Размеры		Припуск	
	a	$\epsilon_{уст}^{i-1}$	ρ^{i-1}		$d^i \min$	$d^i \max$	2Z min	2Z max
первый	0,100	0,040	0,063	12	40,529	40,779	0,575	0,76
второй	0,050	0,020	0,016	9	40,193	40,255	0,168	0,262
третий	0,030	0,010	0,010	8	40,055	40,094	0,069	0,081
четвертый	0,017	0,005	0,004	6	39,983	40	0,036	0,047

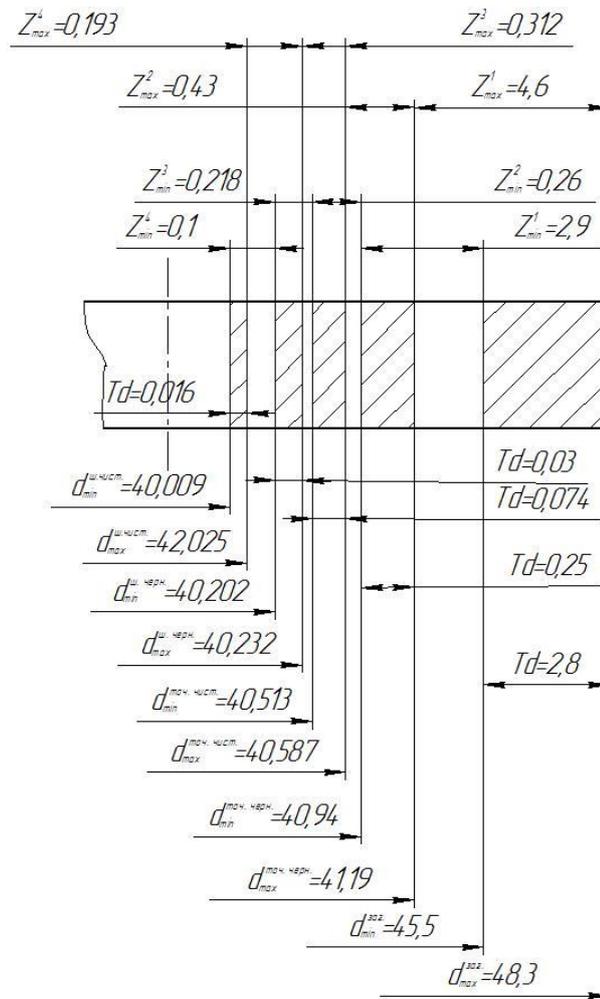


Рисунок 2 – Схема припусков

Далее необходимо указать порядок обработки поверхностей детали.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 1 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс чернового точения, на втором этапе процесс чистового точения, на третьем этапе процесс чернового шлифования, на четвертом этапе процесс чистового шлифования и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить десятый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 3,2 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству плоскую поверхность 2 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс отрезки, на втором этапе процесс чистового точения и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить четырнадцатый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 6,3 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 3 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс чернового точения, на втором этапе процесс чистового точения, на третьем этапе процесс чернового шлифования, на четвертом этапе процесс чистового шлифования и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить десятый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 3,2 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 4 необходимо подвергнуть механической

обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс черного точения, на втором этапе процесс чистового точения и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить одиннадцатый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 6,3 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству плоскую поверхность 5 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс отрезки, на втором этапе процесс чистового точения и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить четырнадцатый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 6,3 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 6 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс черного точения, на втором этапе процесс чистового точения и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить одиннадцатый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 6,3 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 7 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс черного точения, на втором этапе процесс чистового точения, на третьем этапе процесс черного шлифования, на четвертом этапе процесс чистового шлифования и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить десятый квалитет

точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 3,2 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 8 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс чернового точения, на втором этапе процесс чистового точения, на третьем этапе процесс чернового шлифования, на четвертом этапе процесс чистового шлифования и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить десятый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 3,2 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 9 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс чернового точения, на втором этапе процесс чистового точения и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить одиннадцатый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 6,3 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 10 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс чернового точения, на втором этапе процесс чистового точения и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить одиннадцатый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 6,3 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 11 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов.

На первом этапе происходит процесс чернового точения, на втором этапе процесс чистового точения, на третьем этапе процесс шлифования и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить десятый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 3,2 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 12 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс чернового точения, на втором этапе процесс чистового точения, на третьем этапе процесс шлифования и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить десятый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 3,2 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 13 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс чернового точения, на втором этапе процесс чистового точения, на третьем этапе процесс шлифования и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить десятый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 3,2 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 14 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс чернового точения, на втором этапе процесс чистового точения и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить одиннадцатый квалитет точности, а на картине

микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 6,3 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 15 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс чернового точения, на втором этапе процесс чистового точения, на третьем этапе процесс чернового шлифования, на четвертом этапе процесс чистового шлифования и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить десятый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 3,2 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 16 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс чернового точения, на втором этапе процесс чистового точения, на третьем этапе процесс шлифования и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить десятый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 3,2 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 17 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс чернового точения, на втором этапе процесс чистового точения, на третьем этапе процесс чернового шлифования, на четвертом этапе процесс чистового шлифования и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить десятый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 3,2 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 18 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс черного точения, на втором этапе процесс чистового точения, на третьем этапе процесс шлифования и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить десятый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 3,2 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 19 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс черного точения, на втором этапе процесс чистового точения, на третьем этапе процесс шлифования и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить девятый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 3,2 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 20 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс черного точения, на втором этапе процесс чистового точения, на третьем этапе процесс шлифования и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить девятый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 3,2 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 21 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов.

На первом этапе происходит процесс черного точения, на втором этапе процесс чистового точения, на третьем этапе процесс шлифования и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить десятый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 3,2 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 22 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс черного точения, на втором этапе процесс чистового точения и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить одиннадцатый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 6,3 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 23 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс черного точения, на втором этапе процесс чистового точения, на третьем этапе процесс черного шлифования, на четвертом этапе процесс чистового шлифования и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить десятый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 3,2 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 24 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс черного точения, на втором этапе процесс чистового точения и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить одиннадцатый квалитет точности, а на картине

микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 6,3 микрометра.

При достижении поставленных технических требований к качеству цилиндрическую поверхность 25 необходимо подвергнуть механической обработке. Процесс резания состоит из последовательности рабочих этапов. На первом этапе происходит процесс чернового точения, на втором этапе процесс чистового точения, на третьем этапе процесс шлифования и в завершении термообработка в виде закалки. В итоге должны получить десятый квалитет точности, а на картине микрорельефа полученной поверхности размах между высотой вершин и глубиной впадин должен составлять 3,2 микрометра.

Для осуществления обработки используем автоматизированное оборудование. Станки, имеющие в своей структуре числовые программные управления, а именно ЧПУ, принято считать автоматизированными станками, основной целью которых является исполнение различного рода операций по поставленной ранее программе, не прибегая при этом к человеческой помощи. Такого рода техника признается областью автоматизации, которая является актуальной в нынешнее время. Ее использование требуется для того, чтобы осуществлять этап поддержки рентабельности и прибыльности в организациях, ведь эти факторы являются одними из главных, что напрямую влияют на темп и качество воспроизводимых товаров и услуг. Станки с преобладанием ЧПУ можно поделить на некоторое число технологических групп, основываясь на том, какие технологические операции на станке считаются главными. В нашем случае выбираем токарные станки с ЧПУ. Их особенность заключается в том, что они имеют горизонтальную ось шпинделя. Токарные станки также бывают различные типов, куда можно отнести патронно-центровые, просто патронные, просто центровые и карусельные.

В таблице 3 покажем выбранные средства технологического оснащения для каждой технологической операции с помощью определения необходимого оборудования, приспособлений, инструмента и средств контроля.

Таблица 3 – Выбор СТО

«Операция	Оборудование	Оснастка	«Режущий инструмент	Мерительный инструмент
005	фрезерно-центровальный станок МР71	патрон трехкулачковый ГОСТ 8742-75 люнет специальный	Т2 фреза шпоночная 8Р6М5К5 ГОСТ 9140-78	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ» [2] 6507-78
010	токарно-винторезный станок 16К20Ф3	люнет самоцентрирующий патрон поводковый 7160-0002 МН4050-02	резец отрезной ГОСТ 18878-73	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 6507-78
015	токарно-винторезный станок 16К20Ф3	люнет самоцентрирующий патрон поводковый 7160-0002 МН4050-02	резец проходной ГОСТ 18878-62 Резец фасонный Т30К4	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 6507-78
020	токарно-винторезный станок 16К20Ф3	люнет самоцентрирующий патрон поводковый 7160-0002 МН4050-02	резец проходной ГОСТ 18878-62	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 6507-78 Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78» [4]
025	«токарно-винторезный станок 16К20Ф3	центры ГОСТ 8742-62 люнет специальный патрон поводковый 7160-0002» [4] МН4050-02 вихревая головка для нарезания резьбы 7910-4001	резец резьбонарезной Т30К4 ГОСТ 18878-73	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 6507-78
030	шпоночно-фрезерный станок 6Е94	патрон трехкулачковый ГОСТ 8742-75 люнет специальный	Т2 фреза шпоночная 8Р6М5К5 ГОСТ 9140-78	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 6507-78
035	токарно-винторезный станок 16К20Ф3	патрон трехкулачковый ГОСТ 8742-75 люнет специальный	резец отрезной ГОСТ 18878-73	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 6507-78» [4]
045	центрошлифовальный станок FG250	«центры ГОСТ 13214-67 люнет специальный патрон поводковый 7160-0002 МН4050-02	круг шлифовальный ЗП 200×25×80 24А16С27К5	микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78
050	круглошлифовальный станок 3М174Е	центры ГОСТ 13214-67 люнет специальный патрон поводковый 7160-0002 МН4050-02	круг шлифовальный ЗП 200×25×80 24А10С27К5	микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78
055	круглошлифовальный станок 3М174Е	центры ГОСТ 13214-67 люнет специальный подвижный патрон поводковый 7160-0002 МН4050-02» [4]	круг шлифовальный ЗП 200×25×80 24А10С27К5	микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78

Более подробно технология изготовления детали представлена в графической части в виде плана обработки и в Приложении А в таблице А.1.

2.2 Проектирование технологической операции

«На 020 токарной операции применяется оборудование – токарно-винторезный станок 16К20Ф3 при обработке поверхности диаметром 44 мм.

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_U}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_V, \quad (7)$$

где C_U равен 420;

T – стойкость равна 60 мин;

t – глубина резания равная 4 мм;

m равно 0,2, x равно 0,15, y равно 0,20» [14].

«Проведем расчет K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{nV} \cdot K_{\phi V} \cdot K_{qV} \cdot K_{OV} \cdot K_{uV}, \quad (8)$$

где: $K_{MV} = 0,765$ – коэффициент состояния поверхности заготовки;

$K_{nV} = 1$ – коэффициент материала режущей части резца;

$K_{\phi V} = 0,7$ и $K_{qV} = 1$ – коэффициенты геометрических параметров резца;

$K_{OV} = 1,04$ – коэффициент вида обработки;

$K_{uV} = 1$.

Подставив полученные значения в формулу (8) и определим поправочный коэффициент:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{nV} \cdot K_{\phi V} \cdot K_{qV} \cdot K_{OV} \cdot K_{uV} = 0,765 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 = 0,36.$$

Тогда:

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,36 = 57,52 \text{ мм/мин.}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (9)$$

где V – расчетная скорость, м/мин» [14].

«Тогда получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 57,52}{3,14 \cdot 44} = 483 \text{ об/мин.}$$

Скорректируем частоту $n_d = 500$ об/мин.

Определим мощность резания и сравним ее с паспортной.

Силу резания определим по формуле:

$$P_Z = C_P \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^n \cdot K_P \quad (10)$$

где $C_P = 300$ – поправочный коэффициент;

$x = 1, y = 0,75, n = -0,15$ – показатели степени.

K_P – поправочный коэффициент:

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \quad (11)$$

Где $K_{MP} = 1,22$ – коэффициент качества обрабатываемой поверхности;

$K_{\phi P} = 0,89, K_{\gamma P} = 1, K_{\lambda P} = 1$ – коэффициенты геометрических

параметров режущей части резца.

Подставим полученные значения в формулу (11) и определим значения поправочного коэффициента:

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} = 1,22 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 1,09.$$

Подставим полученное значение в формулу (10) и определим силу резания:

$$P_Z = C_P \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^n \cdot K_P = 300 \cdot 4^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 57,5^{-0,15} \cdot 1,09 = 213,7 \text{ Н.}$$

Мощность резания определяем по формуле:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (12)$$

Тогда:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{213,7 \cdot 57,5}{1020 \cdot 60} = 0,2 \text{ кВт.}$$

Мощность токарного станка с ЧПУ 16К20Ф3, РМЦ – 3000 составляет 10кВт.

Время, необходимое для выполнения каждой операции (перехода):

$$T_{шт} = T_O + T_B, \quad (13)$$

где T_O – основное время;

T_B – вспомогательное время.

Так как обработка производится на станке с ЧПУ, то операция выполняется последовательно, сначала точение $\varnothing 28_{-0,21}$ проходным резцом, затем точением торца, затем точение диаметра $\varnothing 44_{-0,26}$ проходным резцом, затем точение торца, затем точение $\varnothing 30_{-0,21}$ проходным резцом, затем подрезка торца, затем точение $\varnothing 44_{-0,25}$ проходным резцом.

Определим суммарное основное время при точении диаметров:

$$T_O = \frac{L_{PX1} \cdot i + L_{PX2} \cdot i + L_{PX3} \cdot i + L_{PX4} \cdot i}{S_M}, \quad (14)$$

где $i = 1$ – число рабочих ходов.

$$S_M = S \cdot n \quad (15)$$

Тогда

$$S_M = S \cdot n = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ мм/мин.}$$

L_{PX_1} – длина рабочего хода:

$$L_{PX_1} = 100 + 2 = 102 \text{ мм.}$$

$$L_{PX_2} = 150 + 2 = 152 \text{ мм.}$$

$$L_{PX_3} = 12 + 2 = 14 \text{ мм.}$$

$$L_{PX_4} = 1225 + 2 = 1227 \text{ мм} \gg [13].$$

«Подставим полученные данные в формулу (14) и определим суммарное основное время при точении диаметров» [9]:

$$T_O = \frac{102 \cdot 1 + 152 \cdot 1 + 14 \cdot 1 + 1227 \cdot 1}{100} = 14,93 \text{ мин.}$$

«Определим суммарное вспомогательное время при точении диаметров:

$$T_B = T_{УС} + T_{ЗО} + T_{УП} + T_{ИЗ}, \quad (16)$$

где $T_{УС} = 0,5$ мин – время на установку и снятие детали;

$T_{ЗО} = 0,3$ мин – время на закрепление и открепление детали;

$T_{УП} = 0,1$ мин – время на приемы управления станком;

$T_{ИЗ} = 0,15$ мин – время на измерение детали» [19].

«Подставим полученные данные в формулу (16) и определим вспомогательное время:

$$T_B = 0,5 + 0,3 + 0,1 + 0,15 = 1,05 \text{ мин.}$$

Определим штучное время на обработку диаметров:

$$T_{шт1} = T_O + T_B. \quad (17)$$

Тогда:

$$T_{шт1} = T_O + T_B = 14,93 + 1,05 = 15,98 \text{ мин.}$$

Определим нормы времени при точении торцов. Суммарное время при точении торцов определено по формуле» [6]:

$$T_O = 0.000037(D^2 - d^2). \quad (18)$$

«Тогда:

$$T_O = 0,12 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время определяем по формуле:

$$T_B = T_{УП} + T_{ИЗ}. \quad (19)$$

где $T_{УП} = 0,1$ мин – время на приемы управления станком.

$T_{ИЗ} = 0,05$ мин. – время на измерение детали.

Получим:

$$T_B = T_{УП} + T_{ИЗ} = 0.1 + 0.05 = 0,15 \text{ мин.}$$

Тогда, имеем:

$$T_{ШТ2} = 0,12 + 0,15 = 0,27 \text{ мин.}$$

Общее время на операцию:

$$T_{ШТ} = T_{ШТ1} + T_{ШТ2} = 15,98 + 0,27 = 16,25 \text{ мин.}$$

Полученные данные по нормам времени для рассматриваемой операции можно свести в таблицу 4» [6].

Таблица 4 – Нормы времени на 020 операцию

«020 токарно-карусельная (лимитирующая)				
T_o , мин	T_g , мин	$T_{об}$, мин	$T_{шт}$, мин	$T_{шт-к}$, мин/шт.» [6]
0,12	1,05	0,65	16,25	3,06

«На 020 токарной операции применяется оборудование – токарно-винторезный станок 16К20Ф3 при обработке поверхности диаметром 44 мм.

В разделе определен тип производства, определены его характеристики, описан технологический процесс, в виде плана обработки в графической части

работы. Произведен анализ применяемого оборудования согласно [10]. Выявлено оборудование, применяемое на операциях технологического процесса. Проведен анализ оборудования на предмет его соответствия типу производства» [10]. «Произведен анализ применяемых приспособлений. Проведен анализ приспособлений на предмет их соответствия типу производства. Выявлены приспособления, не обеспечивающие требуемые характеристики качества обработки и производительность. Произведен анализ применяемого режущего инструмента. Произведен анализ режимов резания. Показаны нормы времени на лимитирующую операцию 020 токарную. Более подробнее полученные данные отмечены в приложении в соответствующей документации и графической части работы. В Приложении А представлены полученные результаты в виде технологической документации. Таблица А.1 содержит все необходимые сведения для реализации технологического процесса» [9].

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Станочное приспособление

В настоящее время особое место занимает разработка новых конструкций станочного оборудования. Современные металлорежущие станки отличаются высокой жёсткостью конструкции, наличием систем виброгашения, возможностью быстрой переналадки под различные типы изделий. Ведутся активные исследования по созданию гибких производственных модулей (Flexible Manufacturing Systems), которые способны выполнять широкий спектр операций без необходимости длительной переналадки.

«Для токарной 020 операции проведем расчет для выбранных параметров обработки 3-х кулачкового поводкового патрона, а также его конструкционные особенности. Патрон предназначен для реализации схемы базирования и закрепления заготовки при обработке. Ранее при проектировании 010 операции получено значение главной составляющей силы резания 213,7 Н.

Необходимо рассчитать усилие зажима заготовки в проектируемом приспособлении, учитывая систему сил, схема которых представлена на рисунке 3. Сила зажима препятствует силе резания [21], обеспечивая равенство моментов этих сил» [12].

«Проведем расчет силы зажима заготовки с помощью трех кулачков. Зависимость этой силы от составляющей силы резания определяется формулой:

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

где K – запас;

P_z – составляющая силы резания;

R_0 – радиус поверхности контакта с кулачком равный 125,4 мм;

R – радиус обтачиваемой поверхности равный также 125,4 мм;
 f – параметр подвижности для кулачков с кольцевыми канавками, который равен 0,3» [7].

«Коэффициент запаса K определим согласно [16] равным 2,5. Тогда сила зажима, схема расчета которой представлена на рисунке 3» [14], представляет собой:

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 1395 \cdot 125,4}{0,3 \cdot 125,4} = 11625 \text{ Н.}$$

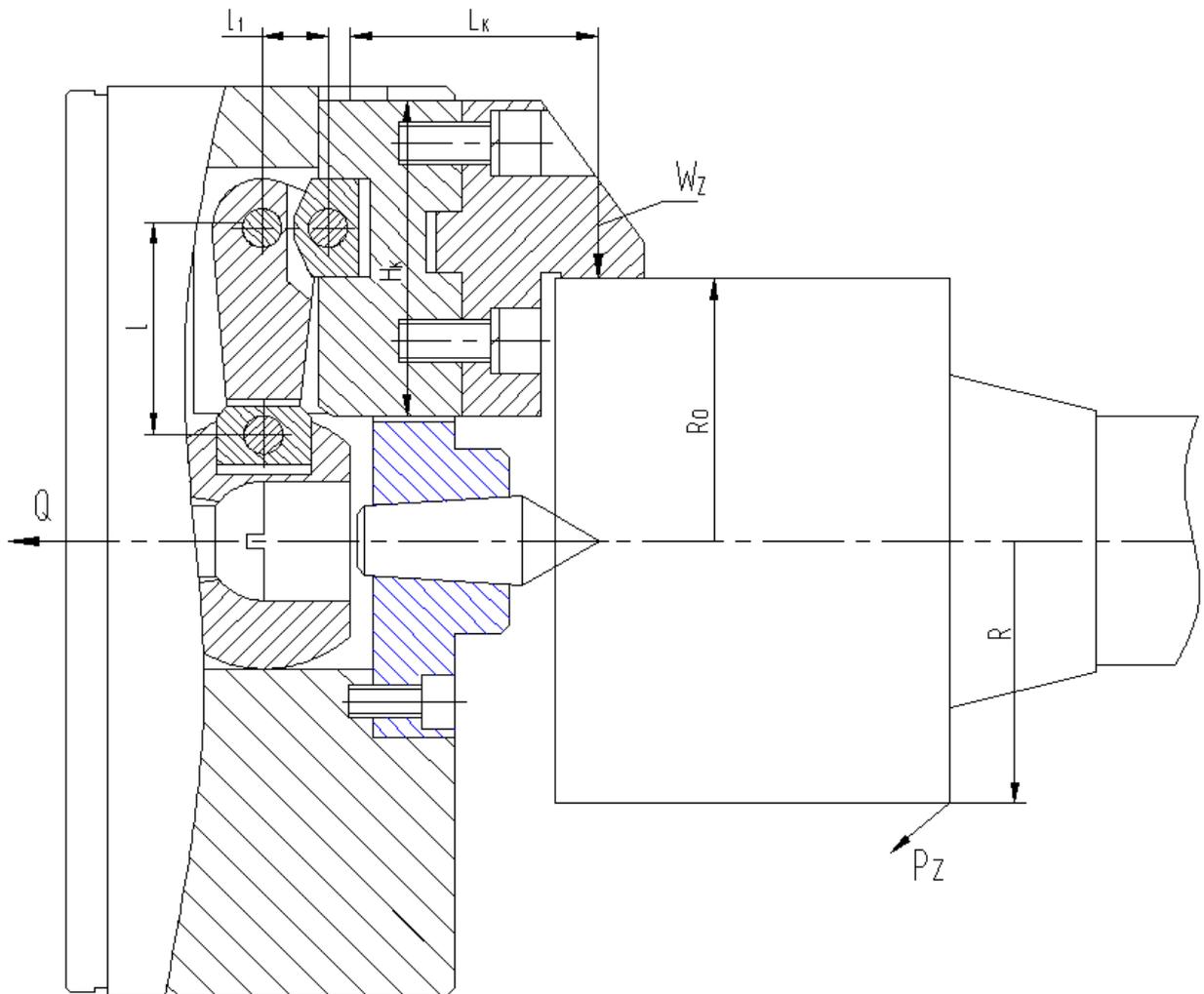


Рисунок 3 – Схема действия сил

Для «определения силы зажима, которая осуществляется постоянными кулачками, используем выражение:

$$W_1 = K_1 \cdot \frac{W}{1-3 \cdot f_1 \cdot (L_K/H_K)}, \quad (21)$$

где K_1 – поправочный коэффициент равен 1,1;

f_1 – препятствующий коэффициент скольжению равен 0,1 [7];

L_K – плечо между точкой приложения силы резания и кулачка равное 60 мм;

H_K – параметр поверхности по перемещению кулачка равный 75 мм.

При расчете получим:

$$W_1 = 1,1 \cdot \frac{11625}{1-3 \cdot 0,1 \cdot (60/75)} = 16826 \text{ Н.}$$

Далее определим усилие, которое должен обеспечивать силовой привод для реализации такой силы зажима заготовки:

$$Q = W_1 \cdot \frac{l_1}{l}, \quad (22)$$

где l_1 и l – плечи рычага соответственно равны 16 мм и 48 мм» [17].

При расчете получим:

$$Q = 16826 \cdot \frac{16}{48} = 5608 \text{ Н.}$$

«Для обеспечения усилия в 5608 Н можно использовать как пневматический привод, так и гидравлический привод. Выбор вида привода согласно условиям обработки отдадим в пользу пневматического привода двустороннего действия с рабочим давлением 0,4 МПа.

Диаметр штока привода, который будет обеспечивать исходную силу определяется, согласно выражению:

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (23)$$

где p – необходимое давление;

η – КПД привода равное 0,9 [16].

Тогда получим:

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{5608}{0,4 \cdot 0,9}} = 146 \text{ мм.}$$

Согласно ГОСТ 15608-81 примем ближайшее к расчетному значению для диаметра штока присоединяемого пневматического цилиндра с вращающейся муфтой для резьбового конца шпинделя токарно-винторезного станка 16К20Ф3 160 мм, ход кулачков патрона 4,24 мм и ход рычага 12,7 мм. Для упрощения дальнейших расчетов в настоящей работе погрешностью базирования можно пренебречь» [15].

В графической части работы представлен чертеж станочного приспособления. «С помощью пальцев 31 и гаек 28 патрон крепится на переднем конце шпинделя. В корпусе силовой привод располагается на задний конец шпинделя. Сменные кулачки 8 крепятся к установленным в корпусе 6 патрона постоянным кулачкам. Рычаги 14 зажимного механизма располагаются на осях 9. Фланец 18 с установленным в нем центром 19 крепится с помощью винтов 23 с шайбами 38 к корпусу 6. Шток 20 пневматического цилиндра соединен с тягой 17, которая, в свою очередь, соединена с винтом 2. На заднем резьбовом конце шпинделя с помощью крышки 7 устанавливается пневматический цилиндр. С помощью винта 27 на крышке 7 зафиксирован шпиндель» [12].

3.2 Контрольное приспособление

В настоящее время в области контроля качества деталей активно развиваются методы неразрушающего контроля (ультразвуковой, вихретоковый, магнитопорошковый), а также оптические методы измерения (лазерные сканеры, координатно-измерительные машины). Применение таких

технологий позволяет выявлять дефекты на ранних стадиях производства и своевременно корректировать технологический процесс.

На «операции 065 для контроля биения поверхности относительно оси центров необходимо спроектировать приспособление. В предлагаемом технологическом процессе, в отличие от базового, будем использовать электронный индикатор [20], что позволит существенным образом повысить точность контроля и, соответственно, точность и качество обработки» [12].

«Стойки 8 и 9 с центрами 2 и 11 с помощью винтов 17, шайб 19 и шпонок 12 крепятся к основанию 6. Причем центр 11 – неподвижный, а центр 2 – подпружиненный. Крепятся центра с помощью винтов 15 и 16 с шайбами 18 и 19. Плита 7 крепится с помощью винтов 14 с шайбами 19 к основанию. Индикаторный блок для контроля биения устанавливается на плиту. Сам индикаторный блок состоит из корпуса 4, в котором по отверстию устанавливается индикатор 1 с помощью винта 3. Табличка 10 с маркировкой обозначения чертежа приспособления, детали и даты замера крепится к основанию винтами 13» [11].

«Для исходных параметров предлагаемого технологического процесса допустимую погрешность контроля примем равной 0,012 мм. Проведем расчет фактического значения погрешности контроля. Воспользуемся формулой:

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{\varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{ип}^2 + \varepsilon_{эт}^2}, \quad (24)$$

где $\varepsilon_{уст}$ – погрешность установки;

$\varepsilon_{ип}$ – погрешность индикатора равна 0,5 мкм;

$\varepsilon_{эт}$ – погрешность эталона (контрольное приспособление настраивают непосредственно по контролируемой детали) равна 0.

Рассчитаем погрешность установки по формуле:

$$\varepsilon_{уст} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_n^2}, \quad (25)$$

где ε_{δ} – погрешность базирования (технологическая и измерительная базы совпадают) равна 0;

ε_3 – погрешность закрепления детали (усилие закрепления незначительное) равна 0;

ε_n – погрешность положения заготовки» [18].

Рассчитаем «погрешность положения заготовки:

$$\varepsilon_n = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}, \quad (26)$$

где Δ_1 – максимальный зазор в сопряжении фланца равен 0;

Δ_2 – максимальный зазор в сопряжении оправки равен 5 мкм.

Тогда получим из (25), (24) и (23):

$$\varepsilon_n = \sqrt{0^2 + 5^2} = 5 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{уст} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 5^2} = 5 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{0,5^2 + 5^2} = 5,02 \text{ мкм.}$$

Сравнивая фактическую погрешность контроля (0,00502 мм) и допустимую погрешность контроля (0,012 мм), устанавливаем, что предлагаемое контрольное приспособление будет обеспечивать требуемую точность контроля» [17].

«В разделе проведены соответствующие предварительные расчеты для проведения проектирования станочного приспособления в виде патрона и контрольного приспособления в виде калибра для контроля биения. Основные технические характеристики и параметры представлены в Приложении А в технологической документации, представленной в виде таблицы А.1» [3].

4 Безопасность технического объекта и его экологичность

«Техническим объектом, в отношении которого будут решаться вопросы безопасности, экологичности и охраны труда в этом разделе и в работе в целом является технологический процесс изготовления вала коробки переключения передач.

Технологические операции: заготовительная, токарная, сверлильная, фрезерная.

Рабочие места: токарь, фрезеровщик, оператор станков с ЧПУ» [5].

«Оборудование: токарно-винторезный станок 16K20Ф3, круглошлифовальный станок 3М174Е, центрошлифовальный станок FG250.

Материалы: сталь 40Х, вода, смазывающая охлаждающая жидкость, масло, керосин, поверхностно активные вещества, электролит» [5].

«Ключевым моментом является процесс изготовления, то есть условия, порядок механической обработки, а также средства технологического оснащения. Рассматривая технологическое оборудование и его значение в технологическом процессе, в обязательном порядке необходимо соблюдать некоторые условия: необходимость в формировании качества поверхностей детали в соответствии с техническими требованиями; соблюдение технических и документальных требований к оснащенности процесса; соразмерность между крупным оборудованием и мелкими составляющими; обеспечение более качественных методов для обработки поверхностей» [5].

«При выборе критериев выбора технологической оснастки, необходимо с помощью анализа учитывать все возможности реализации технологических и технических процессов и требований к деталям.

Выбранные средства технологического оснащения технологического процесса указаны в таблице 2, а расчет режимов резания детально расписан в пункте 2.2 раздела 2, а также в Приложении А в таблице А.1. В составлении технологической документации учитываются графические схемы, чертежи и

текстовые документы, эти документы в своей совокупности могут определять ход и порядок различных технологических операций» [5].

Для «идентификации опасностей, а также экологических аспектов на производственном участке обычно руководствуются локальными нормативными документами, устанавливающими порядок» [5] этой процедуры.

На производственном участке возможно возникновение травмирующих воздействий на человека. Это травма, поражение электрическим током, пожар, шум и так далее.

«Источниками возникновения или получения травмы могут потенциально быть движущиеся части производственного оборудования, высокая температура поверхности обрабатываемых деталей, допустимые нормы которых указаны в ГОСТ 12.2.012–75; разрыв шлифовального круга, вырыв обрабатываемой детали, вращающийся инструмент при обработке детали, приспособления для закрепления инструмента, перемещение шлифовальной бабки, слесарно-монтажный инструмент и так далее, допустимые нормы которых указаны в ГОСТ 12.2.033–78 2.

Источниками поражения электрическим током могут быть потенциально пробой фазы на корпус, нарушение изоляции токоведущих частей, перегрузка электрооборудования, допустимые нормы которых указаны в ГОСТ 12.1.038–82 3» [5].

«Источниками возникновения пожара могут выступать действия, возникающие при нарушении изоляции токоведущих частей; перегрузке электрооборудования; нарушении технологического процесса; наличии промасленной ветоши; открытом огне и наличии искр; повышенной температуре воздуха и окружающих предметов; наличии токсичных продуктов горения; дыма; негерметичности системы питания; подаче топлива самотёком, курении в непосредственной близости от системы питания; применении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей при мойке

двигателя и так далее, допустимые нормы которых указаны в ГОСТ 12.1.038–82.

Источниками возникновения шума является вибрация поверхностей оборудования, электродвигатель, зубчатая, клиноременная и др. передачи, периодические соударения в сочлененных деталях, непосредственно обработка резанием, компрессоры, двигатели автомобилей, электрические двигатели технологического оборудования, механические передачи, воздухопроводы, технологическое оборудование и механизированный инструмент, уровень которого по ГОСТ 12.1.003–83 не может превышать 80 дБА» [5].

«Для снижения уровня профессиональных рисков разрабатываются инструкции по охране труда для каждой профессии, занятой на техническом объекте [12].

Обязательно применение средств индивидуальной защиты и технических средств защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и вредного производственного фактора.

Так при защите от повышенной или пониженной температуры поверхностей оборудования, материалов применяется специальная одежда, защитные щитки, очки, перчатки и рукавицы, специальная обувь и ограждение опасной зоны» [5].

«При защите от поражения электрическим током применяются защитное заземление зануление, ограждение токопроводящих частей, применение УЗО, выравнивание потенциалов, спец одежда, защитные очки, перчатки и спец обувь.

Для защиты от движущихся машин и механизмов подвижных частей производственного оборудования; передвигающиеся изделий и заготовок применяются спец одежда, защитные очки, перчатки, головной убор (каска или каскетка) и спец обувь, зонирование территории цехов (обозначение безопасных проходов), сигнализация и защитные ограждения.

При защите от повышенного уровня шума на рабочем месте и повышенного уровня вибрации на объекте применяется спец одежда, спец обувь, перчатки, наушники, беруши, наладка оборудования, увеличение жёсткости оборудования для уменьшения резонансных колебаний, использование материалов способных поглощать колебания» [5].

«Негативное экологические воздействие, влияющие на атмосферу на операции 020 токарной – это испарение технических жидкостей, металлическая пылевая и водно- аэрозольная взвесь.

Негативное экологические воздействие, влияющие на гидросферу – это проливы загрязнённой воды и технических жидкостей при проведении профилактики и очистке оборудования в сточные воды.

Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу - проливы технических жидкостей (масла, СОЖ) при проведении профилактики и ремонта, а также в аварийных ситуациях, внесение частиц металлической стружки частиц окалины на поверхность полов» [5].

«Для уменьшения негативного воздействия на окружающую среду на рассматриваемой операции проводятся следующие мероприятия - применение защитных щитков препятствующих распространению паров, взвеси и разбрызгиванию СОЖ, подвод приточно-вытяжной вентиляции, оборудованной фильтрами.

В разделе выработаны мероприятия и средства по снижению профессиональных рисков, которые позволяют снизить их общий уровень, сократить производственный травматизм и уровень производственной заболеваемости» [5].

5 Экономическая эффективность работы

В данном разделе будем проводить определение технико-экономических параметров разрабатываемого технологического проекта. Предполагается проведение сопоставительного анализа с параметрами базового сценария и вычисление экономического эффекта, обусловленного предложенными в проекте техническими инновациями.

В рамках создания выпускной работы предложено внести корректировки в технологическое оснащение токарного процесса под номером 020 и параметры обработки для этой же операции. Обобщенная корректировка акцентирует внимание на процессах, оказывающих наибольшее влияние на образование издержек. Определение числовых значений для этих процессов начинается с ознакомления с утвержденной методологии:

- «капитальные вложения по сравниваемым вариантам;
- технологическая себестоимость изменяющихся по вариантам операций;
- калькуляция себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса;
- приведенные затраты и выбор оптимального варианта;
- показатели экономической эффективности проектируемого варианта техники (технологии)» [6].

Ниже приводятся ключевые итоги выполненных вычислений. На иллюстрации (рисунок 4) продемонстрированы составляющие элементы капитальных инвестиций, совокупный объем которых оценивается в 42279,4 рублей.

На основе анализа данных, представленных на рисунке 4, можно заключить, что наибольшая доля капитальных затрат приходится на проектирование, составляя 92,92 %. Это подчеркивает стремление к инновациям и повышению эффективности. Остальные виды затрат занимают

менее 3,5 % от общего объема капитальных инвестиций, что свидетельствует об оптимальном использовании ресурсов.



Рисунок 4 – Составляющие элементы капитальных инвестиций, руб.

На диаграмме (рисунок 5) продемонстрирована структура затрат, формирующих полную технологическую стоимость производства элемента «Коробка переключения скоростей», в контексте двух сопоставляемых технологических маршрутов. Этот визуальный материал раскрывает ключевые аспекты формирования себестоимости, делая анализ доступным и понятным.

Анализ рисунка 5 отчетливо демонстрирует, что технологическая себестоимость в значительной мере определяется расходами на поддержание и использование техники. Занимаемая ими доминирующая доля – 68,08 % и 74,51 %, соответственно операции до и после изменений, от общей суммы расходов. В то же время, влияние базовой оплаты наладчика на себестоимость крайне незначительно, поскольку они составляют лишь 0,75 % и 0,6 % соответственно.

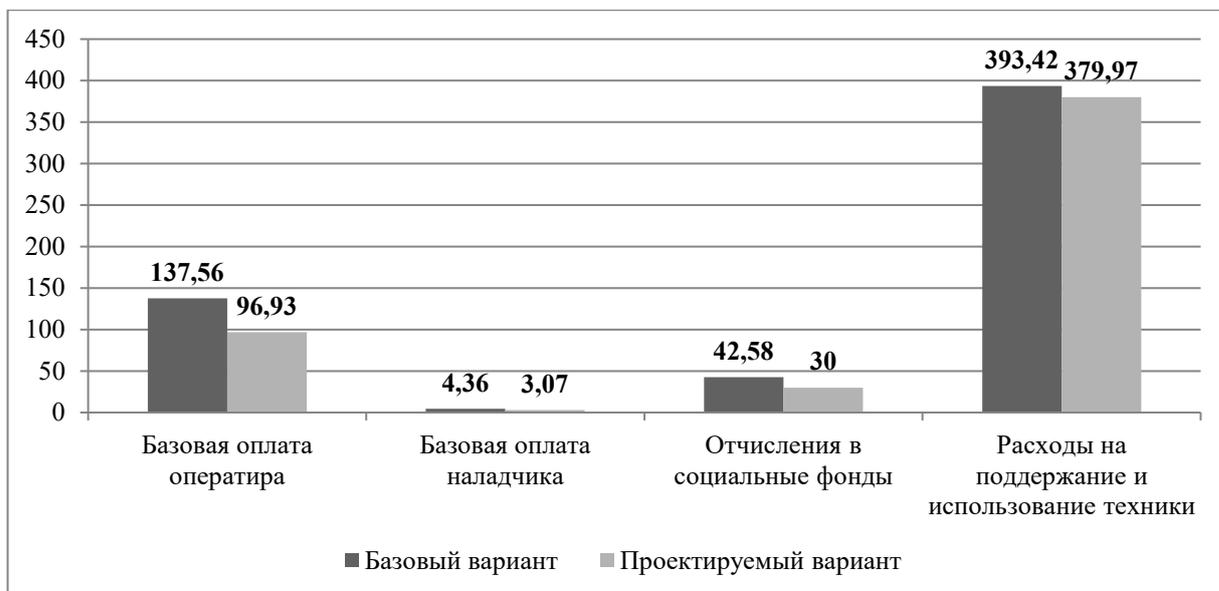


Рисунок 5 – Структура затрат, формирующих полную технологическую стоимость производства элемента «Коробка переключения скоростей», руб.

Результаты расчёта себестоимости механической обработки детали «Коробка переключения скоростей» на этапе 020 техпроцесса приведены на рисунке 6.

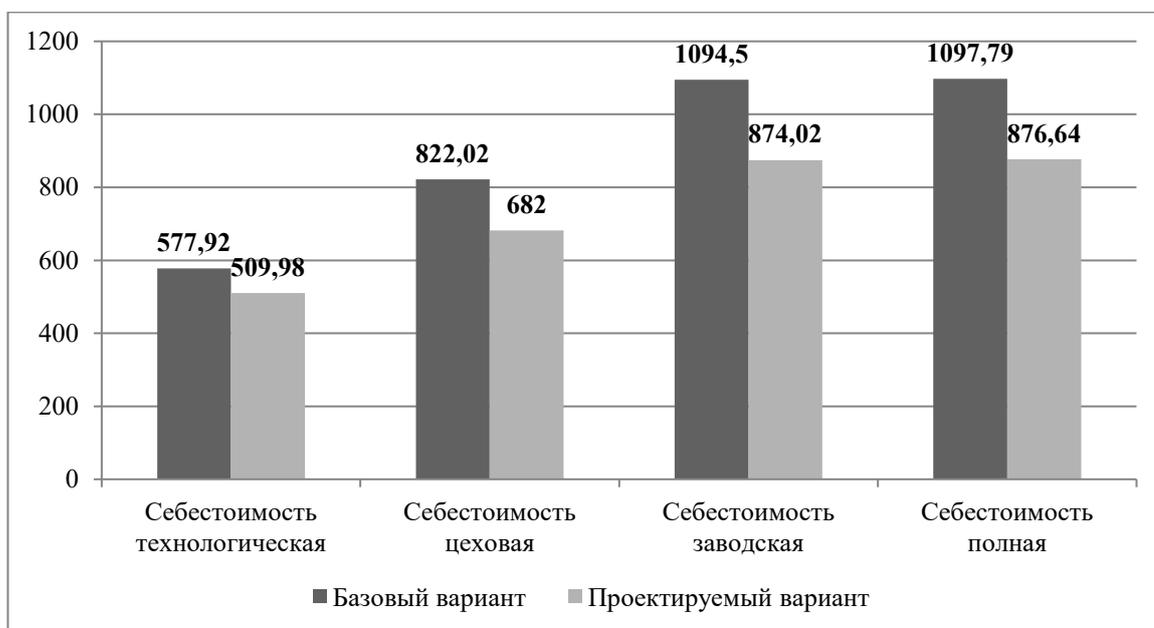


Рисунок 6 – Расчёт себестоимости механической обработки детали «Коробка переключения скоростей» на этапе 020 техпроцесса, руб.

Исходя из данных, представленных на рисунке 6, полная производственная стоимость в исходном варианте достигла 1097,79 руб., в то время как в предложенном проекте она уменьшилась до 876,64 руб.

Снижение полной производственной стоимости на 221,15 руб. свидетельствует о потенциальной экономической эффективности предложенного проекта. Этот результат обусловлен оптимизацией различных статей затрат, включенных в структуру производственной себестоимости.

В разделе экономический анализ выявил, что инвестиции в основной капитал, составляющие 42279,4 рублей, вернутся в течение 3 лет. Также, проведенный анализ позволяет утверждать о высокой результативности предложенного технологического решения. Экономические выкладки однозначно свидетельствуют о его прибыльности, а внедрение гарантирует экономический эффект, достигающий 6700,93 рублей. Это реальная возможность увеличить прибыль предприятия при изготовлении детали.

Заключение

Поставленная в работе цель достигнута – спроектирован новый технологический процесс, повышено качество продукции и снижена себестоимость изготовления. При подготовке данных для реализации технологического процесса и подготовки необходимой технической и технологической документации в работе проведено ознакомление с оборудованием и средствами технологического оснащения реального производства детали; определен и разработан список инструментов, необходимых для моделирования выбранного технологического процесса; подобран и оформлен перечень оборудования и технических средств, требуемых для проведения механической обработки; внесены изменения в техническое задание с учётом разработанных перечней и соответствующей конструкторской и технологической документации; проведены технологические операции, предусмотренные технологическим процессом; составлен перечень оборудования и инструментов, необходимых для реализации механической обработки разработанного технологического процесса, а также для анализа недостатков применяемого на предприятии базового технологического процесса; осуществлены научно-исследовательские и аналитические работы с целью выявления проблем и неэффективных элементов базового технологического процесса; проведен анализ и оценка полученных результатов. Показаны все необходимые аналитические расчеты, которые позволили провести оптимизацию режимов резания и норм времени. Спроектированы необходимые вспомогательные средства технического оснащения в виде станочного приспособления и режущего инструмента. Показаны мероприятия по повышению безопасности и экологичности работ при реализации предлагаемого технологического процесса, а также экономическая эффективность результатов работы.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. 736 с.
2. Байкалова В.Н. Основы технического нормирования труда в машиностроении: учебное пособие / В.Н. Байкалова, И.Л. Приходько, А.М. Колокатов. – М. : ФГОУ ВПО МГАУ, 2005. 105 с.
3. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
4. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – М. : Альянс, 2015. 256 с.
5. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учебно- методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : изд-во ТГУ, 2018. 41 с.
6. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. 46 с.
7. Иванов И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2015. 198 с.
8. Иванов И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2014. 223 с.
9. Клепиков В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. 229 с.
10. Клепиков В.В. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. 860 с.
11. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2012. 400 с.

12. Косов Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: учебное пособие / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 2005. 304 с.
13. Приходько И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. 171 с.
14. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2016. 330 с.
15. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2 / А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение-1, 2001. 944 с.
16. Суслов А.Г. Технология машиностроения: учебник. – М. : КНОРУС, 2013. 336 с.
17. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. 352 с.
18. Филонов И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. 110 с.
19. Bertsche B. Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability / B. Bertsche, A. Schanz, K. Pickard. – Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2015. 502 p.
20. Nee A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee. – London : Springer Reference, 2015. 3491 p.
21. Rösler J. Mechanical Behaviour of Engineering Materials: Metals, Ceramics, Polymers, and Composites / J. Rösler, H. Harders, M. Bäker. – Berlin Heidelberg New York : Springer, 2007. 540 p.

