

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

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

Технология машиностроения
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления вала-шестерни

Обучающийся

С.И. Антипов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент В.А. Гуляев

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

Консультанты

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

М.А. Кривова

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

Тольятти 2024

Аннотация

В предлагаемой выпускной квалификационной работе рассматриваются предпосылки разработки технологического процесса изготовления технического объекта и представляется технология изготовления детали вал-шестерня. Работа проводилась в рамках учебного процесса в Тольяттинском государственном университете. Для проведения анализа технического объекта были заданы исходные данные, которые показаны в первом и втором разделах работы. В работе определена цель и задачи для ее достижения. В качестве решаемых задач в работе представлено проведение исследование базового технологического процесса изготовления заготовки для детали вал-шестерни; проведение анализа преимуществ и недостатков применяемого на производстве технологического процесса; выбор оборудования и средств технологического оснащения в виде станочного и инструментального приспособлений; проведена подготовка технической и технологической документации в виде чертежей, технологических маршрутных карт, технологических операционных карт и спецификаций на составляющие элементы разработанных приспособлений; использована аддитивная технология для изготовления детали; рассмотрена возможность применения лазерной наплавки для восстановления изношенных в процессе выполнения служебного назначения поверхностей детали; применена термическая обработка для повышения прочности и износостойкости детали; проведен анализ известных методов, способов и подходов для решения поставленных задач; показана разработка мероприятий для повышения уровня безопасности и экологичности всего процесса в целом; проведены соответствующие экономические расчеты для доказательства эффективности предлагаемых технических и технологических изменений процесса изготовления детали. Результаты работы будут способствовать развитию выбранной области машиностроения и повышению эффективности и надежности в работе машин и механизмов.

Содержание

Введение.....	4
1 Проведение анализа технического объекта.....	6
1.1 Предпосылки для разработки технологического процесса	6
1.2 Постановка цели и задач работы	11
2 Моделирование технологии изготовления технического объекта	13
2.1 Разработка конструкторско-технологических мероприятий.....	13
2.2 Расчет технологической операции	29
3 Разработка средств технического оснащения	32
3.1 Станочное средство технического оснащения.....	32
3.2 Инструментальное средство технического оснащения.....	36
4 Безопасность технического объекта и его экологичность.....	38
5 Экономическая эффективность работы	43
Заключение	47
Список используемых источников.....	48
Приложение А. Технологическая документация.....	50

Введение

В ходе выполнения работы были проведены моделирование и разработка концепции технологических процессов. Для этого была изучена и использована современная технологическая база, разработаны списки необходимых инструментов и оборудования для моделирования и экспериментальных исследований, а также создана и откорректирована проектная документация для оборудования, которое будет использоваться в дальнейшей работе [18]. Техническое задание было откорректировано с учётом полученных результатов и разработанной документации.

В начале анализа технологических операций происходит декомпозиция процесса на структурные блоки, включая оборудование, определенные рабочие места и шаги перемещения обрабатываемого материала между этапами. Для облегчения доступа к этой информации создается инженерный чертеж, отображающий все области, требующие вмешательства [1]. Вся собранная информация о процессах и их расположении интегрируется в маршрутный лист, принимающий форму таблицы.

Операционная последовательность остается неизменной, методика решения задач согласуется с нормами поточного производства. Применяемое оборудование эффективно отобрано в соответствии с особенностями этой производственной цепочки [10].

В процессе изготовления изделий используются основные методы обработки, включая механическую фрезеровку, точное определение центра заготовки, токарные операции, обработку торцевых поверхностей, абразивное шлифование, сверление отверстий, профилированное бурение, доводку диаметров отверстий и создание резьбовых соединений.

К тому же, применяются узконаправленные методы: ручная деятельность, очистительные процедуры, контрольные мероприятия, термическая обработка.

Применяемое оборудование:

- Используются лишь базовые техники обработки, при этом активируются все ключевые возможности и агрегаты работают на полную мощность [2]. Можно задействовать ультрапрецизионные резцы, цена которых значительно превышает обычные, однако они допускают редукцию числа необходимых машин благодаря исключению вспомогательного шлифовального инвентаря.
- Последовательная обработка продукции в изготовлении, где каждое изделие или группа изделий систематически перемещается от одного процесса к другому, это характеристика серийного производства [10]. В такой методике процессы настройки и подготовки оборудования производятся таким образом, что переход между этапами возможен только после того, как вся серия будет обработана на предыдущем этапе. Это подразумевает, что логистика внутрипроизводственных потоков и выбор технологического оборудования должны соответствовать принципам серийной работы, обеспечивая эффективное перемещение и обработку продукции [5].

В данной процедуре особое значение придается применению защитных ограждений, в частности на токарных станках, а также необходимости обеспечивать качественную изоляцию и эффективное заземление оборудования в связи с повышенным количеством металлической стружки.

В рамках работы были решены необходимые технические задачи по технологическому процессу, определён перечень инструментов для научных исследований, проведён анализ существующих технологических процессов, и на основе полученных данных были сделаны соответствующие выводы.

В целом, практическая часть работы позволила ознакомиться с современными методами проектирования и моделирования, получить практические навыки работы с оборудованием и технической документацией, а также принять участие в научных исследованиях и внедрении результатов в области машиностроения.

1 Проведение анализа технического объекта

1.1 Предпосылки для разработки технологического процесса

Деталь «Вал-шестерня» является важным элементом агрегатов трансмиссии автомобилей: передает крутящий момент от одних элементов к другим, и от её надёжности и долговечности зависит работоспособность всего агрегата. В настоящее время существующие конструкции детали имеют ряд недостатков, таких как низкая износостойкость, недостаточная прочность и трудоёмкость изготовления [3].

На рисунке 1 приведена часть агрегата трансмиссии, где расположена деталь вал-шестерня.

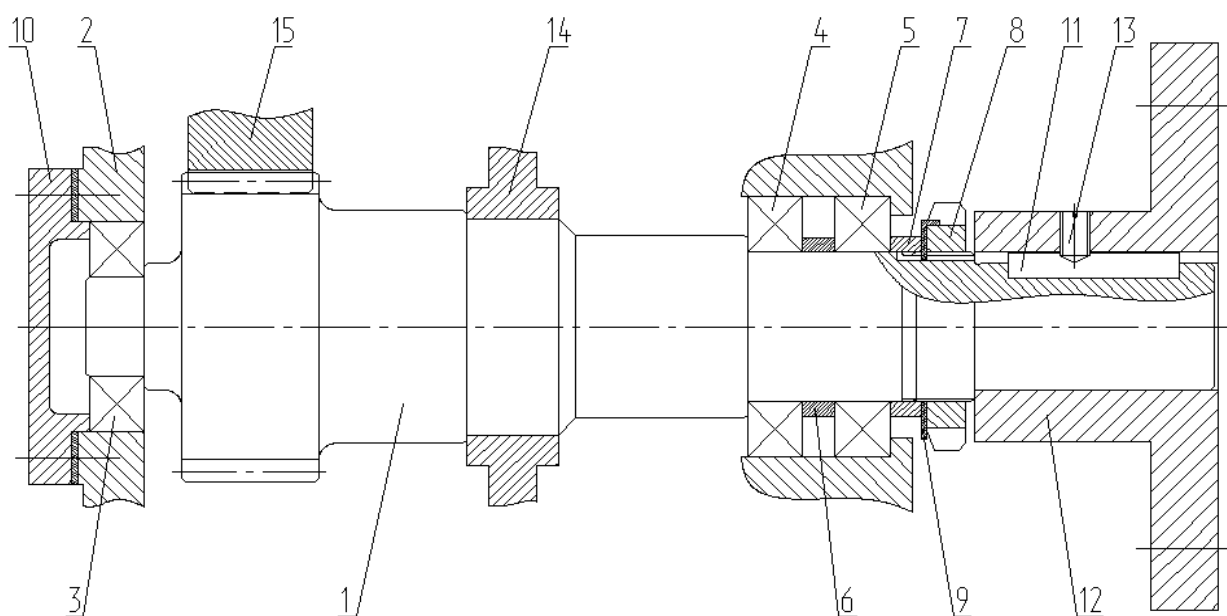


Рисунок 1 – Часть агрегата трансмиссии

На рисунке 1 позициями показаны: 1 – вал-шестерня; 2 – рабочий элемент агрегата трансмиссии; 3 – подшипник; 4 – подшипник; 5 – подшипник; 6 – распорная втулка; 7 – втулка; 8 – гайка; 9 – стопорная шайба;

10 – крышка; 11 – шпонка; 12 – полумуфта; 13 – стопорный винт; 14 – втулка; 15 – зубчатое колесо.

Вал-шестерня представляет собой коническую деталь с зубьями на одном конце. Деталь имеет цилиндрический хвостовик для установки в подшипник. На хвостовике имеется резьба для крепления шайбы или другой детали. Наружная поверхность вала-шестерни закалена до твердости HRC 58-62. Материал детали сталь 20X. Масса детали 5,98 килограмм. По условию задания программа выпуска определена как 10000 деталей в год. Вал-шестерня обладает универсальностью применения [4]. Необходимо обеспечить гарантированность высокого качества изготовления агрегатов автомобиля, его сборки и доводки, максимальной надёжности и долговечности элементов. Неизменно возрастающий уровень передовых техпроцессов изготовления отдельных элементов, технологической оснастки и корректности сборки требует применения самых современных инженерно-технических решений.

Заготовка для выбранного вала-шестерни изготавливается из стали 20X, что обеспечивает ей высокую прочность и износостойкость.

В таблице 1 и таблице 2 показаны состав и свойства материала.

Таблица 1 – Состав

Название элемента	Углерод	Никель	Марганец	Фосфор	Сера	Кремний	Хром
		Не более					
Содержание	0.16-0.24	0.3	0.5-0.8	0.035	0.035	0.17-0.37	0.8-1.0

Таблица 2 – Свойства

Параметры	Диаметр, мм	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ не более
Прокат	до 100	635	780	11	40	59	180
Поковка	до 100	345	590	18	45	59	217

Проведем нумерацию и определим геометрическую форму поверхностей детали [6]. Информация показана на рисунке 2.

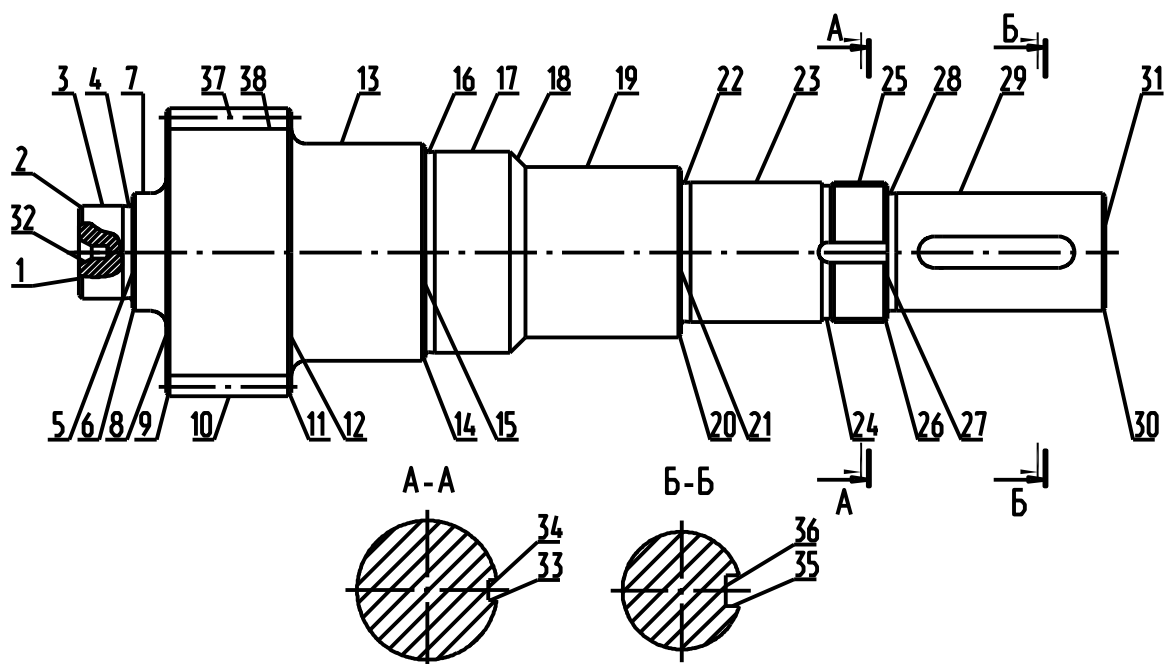


Рисунок 2 – Систематизация поверхностей вала-шестерни

Плоская поверхность торца левой стороны вала-шестерни 1 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; конусная поверхность фаски 2 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая поверхность шейки вала-шестерни 3 предназначена для установки в корпус привода с помощью подшипника и является ориентирующей поверхностью для вала в механизме – относится к основным конструкторским базам; цилиндрическая поверхность канавки 4 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; плоская поверхность торца 5 является ориентирующей поверхностью для вала в механизме – относится к основным конструкторским базам; конусная поверхность фаски 6 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; поверхность сложной формы 7 конструктивно оформляет вал – относится к свободным поверхностям; плоская поверхность торца 8 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; конусная поверхность фаски 9 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая

поверхность зубчатого венца 10 предназначена для зацепления с зубчатым колесом; конусная поверхность фаски 11 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; плоская поверхность торца 12 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; поверхность сложной формы шейки вала 13 конструктивно оформляет вал – относится к свободным поверхностям; конусная поверхность фаски 14 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; плоская поверхность торца 15 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая поверхность канавки 16 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая поверхность шейки вала 17 предназначена для установки во втулку и является ориентирующей поверхностью для других деталей по отношению к валу – относится к вспомогательным конструкторским базам; конусная поверхность 18 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая поверхность шейки вала 19 конструктивно оформляет вал – относится к свободным поверхностям; конусная поверхность фаски 20 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; плоская поверхность торца 21 является ориентирующей поверхностью для вала в механизме – относится к основным конструкторским базам; цилиндрическая поверхность канавки 22 конструктивно оформляет вал – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая поверхность шейки вала 23 предназначена для установки во втулку через два подшипника и является ориентирующей поверхностью вала в механизме – относится к основным конструкторским базам; цилиндрическая поверхность канавки 24 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая поверхность под резьбу 25 предназначена для гайки, фиксирующей втулку, и является ориентирующей поверхностью для других деталей по отношению к валу – относится к вспомогательным конструкторским базам; конусная поверхность фаски 26 конструктивно

оформляет вал – относится к свободным поверхностям; плоская поверхность торца 27 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая поверхность канавки 28 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая поверхность шейки вала 29 предназначена для установки полумуфты, которая фиксируется с помощью шпонки и стопорного винта и является ориентирующей поверхностью для других деталей по отношению к валу – относится к вспомогательным конструкторским базам; конусная поверхность фаски 30 конструктивно оформляет вал – относится к свободным поверхностям; плоская поверхность торца правой стороны вала 31 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; поверхность сложной формы центровочного отверстия 32 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; поверхность сложной формы шпоночного паза 33 является ориентирующей поверхностью для других деталей по отношению к валу – относится к вспомогательным конструкторским базам; плоская поверхность шпоночного паза 34 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям; поверхность сложной формы шпоночного паза 35 выполняет служебное назначение вала – относится к исполнительным поверхностям; плоская поверхность шпоночного паза 36 является ориентирующей поверхностью для других деталей по отношению к валу – относится к вспомогательной конструкторской базе; поверхность сложной формы зубьев зубчатого венца 37 выполняет служебное назначение вала – относится к исполнительным поверхностям; поверхность сложной формы зубьев 38 конструктивно оформляет вал-шестерню – относится к свободным поверхностям.

Конструкция детали достаточно проста, что упрощает её изготовление и сборку. Укажем технические требования к изготовлению вала-шестерни: точность изготовления вала: допуск на диаметр вала $\pm 0,05$ мм; точность изготовления шестерни: допуск на модуль зубьев шестерни $\pm 0,02$ мм; качество

поверхности: шероховатость поверхности вала Ra 0,8 мкм, шероховатость поверхности зубьев шестерни Ra 1,6 мкм; геометрическая точность: отклонение от прямолинейности оси вала не более 0,02 мм; тепловая обработка: закалка токами высокой частоты; прочность: предел прочности на растяжение не менее 217 МПа. Методы контроля качества: контактные механические датчики: контроль размеров и формы детали в процессе обработки и коррекция траектории обработки в режиме реального времени; координатно-измерительные машины (КИМ) с ЧПУ: высокоточный контроль размеров и геометрии детали: измерения должны проводиться при температуре от +10 до +40°C с влажностью воздуха 95%; оптическая делительная головка: измерение центральных углов шестерни; лазерный интерферометр: измерение длины вала и контроль линейных перемещений инструментов в процессе обработки.

1.2 Постановка цели и задач работы

Целью данной работы является проведение разработки технологического процесса изготовления из заготовки детали вал-шестерня, а также анализ недостатков применяемого предприятием технологического процесса. Ожидаемые результаты исследования позволят улучшить качество заготовки, минимизировать расход металла при дальнейших манипуляциях, повысить экономию производства детали, снизить затраты на изготовление и обслуживание, повысить производительность и безопасность труда. В работе необходимо рассмотреть предпосылки разработки технологического процесса изготовления технического объекта и «представить технологию изготовления детали вал-шестерня. Для проведения анализа технического объекта задать исходные данные, которые будут показаны во втором разделе работы. В работе определить цель и задачи для ее достижения» [2]. В качестве решаемых задач в работе провести исследование базового технологического процесса изготовления заготовки для детали вал-шестерни; провести анализ

преимуществ и недостатков применяемого на производстве технологического процесса; выбрать оборудование и средства технологического оснащения в виде станочного и инструментального приспособлений; провести подготовку технической и технологической документации в виде чертежей, технологических маршрутных карт, технологических операционных карт и спецификаций на составляющие элементы разработанных приспособлений; использовать аддитивную технологию для изготовления детали; рассмотреть возможность применения лазерной наплавки для восстановления изношенных в процессе выполнения служебного назначения поверхностей детали; применить термическую обработку для повышения прочности и износостойкости детали; провести анализ известных методов, способов и подходов для решения поставленных задач; показать разработку мероприятий для повышения уровня безопасности и экологичности всего процесса в целом; провести соответствующие экономические расчеты для доказательства эффективности предлагаемых технических и технологических изменений процесса изготовления детали.

2 Моделирование технологии изготовления технического объекта

2.1 Разработка конструкторско-технологических мероприятий

На машиностроительном производстве заготовкой называют предмет, который в будущем будет преобразован в деталь или неразъёмную сборочную единицу. Заготовка для выбранного вала-шестерни изготавливается из стали 20Х, что обеспечивает ей высокую прочность и износостойкость.

Из недостатков данной детали: Сталь 20Х является достаточно хрупким материалом, что может привести к поломке вала-шестерни при ударных нагрузках или перегрузках. Так же деталь имеет относительно большую массу, что может усложнять ее монтаж и транспортировку. Термическая обработка вала-шестерни на всех этапах является сложным и трудоёмким процессом, требующим специального оборудования и высокой квалификации исполнителей. Для начала работы по изготовлению заготовки для детали вал-шестерня необходимо выбрать метод её изготовления, таким образом чтоб заготовка отвечала стандартам качества, при этом стоимость материала и метода изготовления, без потерь уровня прочности и долговечности, была минимальной. Наиболее подходящими являются прокат горячекатаный либо штамповка. Техничко-экономические подсчёты горячекатанного проката в целом выгоднее в плане использования материала, но горячая объёмная штамповка на «горизонтально-ковочных машинах является более экономичным методом изготовления данной заготовки, даже с учётом большего расхода выбранного материала» [2].

«Заготовка для детали вал-шестерня изготавливается методом горячей объёмной штамповки на закрытых штампах в горизонтально-ковочных машинах (ГКМ) » [2] или с использованием кривошипных горячештамповочных прессов (КГШП). ГКМ ориентированы на серийное производство поковок от ста штук и выше, в зависимости от массы и размера заготовки. Заготовками для горячей объёмной штамповки металла служат

бруски, имеющие различное сечение: квадратное, прямоугольное, круглое или периодическое. Проведем сравнительный анализ.

«Определим массу заготовки M_{III} при штамповке с помощью формулы

$$M_{III} = M_D \cdot K_P, \quad (1)$$

где M_D – масса детали, кг;

K_P равен 1,4.

$$M_{III} = 5,98 \cdot 1,4 = 8,37 \text{ кг} \text{ [15].}$$

«Массы заготовки, полученной с помощью проката:

$$M_{III} = V \cdot \gamma, \quad (2)$$

где V – объем заготовки, мм³;

γ – плотность материала заготовки, кг/мм³» [15].

«Размеры заготовки при прокате:

$$d_{III} = d_D^{max}, \quad (3)$$

где d_D^{max} – максимальный диаметр заготовки равный 93 мм.

$$\text{Тогда } d_{III} = 93 \cdot 1,05 = 97,7 \text{ мм} \text{ [15].}$$

«Принимаем d_D^{max} равным 100 мм.

$$l_{III} = l_D^{max}, \quad (4)$$

где l_D^{max} – максимальный линейный размер заготовки равный 329 мм.

$$\text{Тогда } l_{III} = 329 \cdot 1,05 = 345,5 \text{ мм} \text{ [15].}$$

«Принимаем l_D^{max} равным 345,5 мм.

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot l_{\text{ПР}} \cdot \quad (5)$$

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot l_{\text{ПР}} = \frac{3,14}{4} \cdot 100^2 \cdot 345,5 = 2712175 \text{ мм}^3 \text{» [15].}$$

«Круглый прокат:

$$M_{\text{ПР}} = 2712175 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 21,29 \text{ кг} \text{» [15].}$$

«Минимальная себестоимость:

$$C_{\text{Д}} = C_3 + C_{\text{МО}} - C_{\text{ОТХ}}, \quad (6)$$

где стоимость C_3 – заготовки;

$C_{\text{МО}}$ – механической обработки;

$C_{\text{ОТХ}}$ – стружки» [13].

«При штамповке:

$$C_3 = C_{\text{Б}} \cdot M_{\text{Ш}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{СЛ}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{П}}, \quad (7)$$

где $C_{\text{Б}}$ – цена 1 кг заготовки, руб./кг;

$M_{\text{Ш}}$ – масса заготовки, кг;

Коэффициенты, которые учитывают:

$K_{\text{Т}}$ – точность;

$K_{\text{СЛ}}$ – сложность;

$K_{\text{В}}$ – массу;

$K_{\text{М}}$ – материал;

$K_{\text{П}}$ – серийность» [13].

«Примем $C_{\text{Б}}$ равным 11,20 руб./кг, $K_{\text{Т}}$ равным 1,0, $K_{\text{СЛ}}$ равным 0,85, $K_{\text{В}}$ равным 0,9, $K_{\text{М}}$ равным 1,18 и $K_{\text{П}}$ равным 1,0» [13].

«Тогда

$$C_3 = 11,20 \cdot 8,37 \cdot 1,0 \cdot 0,88 \cdot 0,9 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 87,63 \text{ руб.}$$

Стоимость обработки:

$$C_{MO} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{УД} \quad (8)$$

где $C_{УД}$ – цена 1 кг материала, руб./кг» [8].

«Удельные затраты:

$$C_{УД} = C_C + E_H \cdot C_K. \quad (9)$$

Принимаем E_H равным 0,16, C_C равным 14,8 руб./кг. и C_K равным 32,5 руб./кг.

$C_{MO} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{УД} = (8,37 - 5,98) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 47,84$ руб.» [11].

«Затраты на отходы:

$$C_{ОТХ} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot Ц_{ОТХ} \quad (10)$$

$Ц_{ОТХ}$ равна 0,45 руб./кг.

$C_{ОТХ} = (8,37 - 5,98) \cdot 0,45 = 1,08$ руб.

$C_{Д} = 87,63 + 47,8 - 1,08 = 134,39$ руб.» [11].

«Стоимость заготовки:

$$C_{ПР} = C_{МПР} \cdot M_{ПР} + C_{ОЗ}, \quad (11)$$

где $C_{МПР}$ – стоимость 1 кг. материала примем равным 15 руб./кг;

$C_{ОЗ}$ – отрезка, руб.

$$C_{ОЗ} = \frac{C_{ПЗ} \cdot T_{ШТ}}{60}, \quad (12)$$

где $C_{ПЗ}$ – затраты на рабочем месте примем 30,2 руб./ч» [11].

«Штучное время:

$$T_{ШТ} = T_0 \cdot \phi_K, \quad (13)$$

где T_0 – машинное время, мин;

ϕ_K – коэффициент, учитывающий оснастку» [11].

«Примем ϕ_K равным 1,5, а T_0 :

$$T_0 = 0.19 \cdot d_{ПР}^2 \cdot 10^{-3} \quad (14)$$

$$T_0 = 0,19 \cdot 100^2 \cdot 10^{-3} = 1,90 \text{ мин};$$

$$T_{ШТ} = 1,90 \cdot 1,5 = 2,85 \text{ мин};$$

$$C_{ОЗ} = \frac{30,2 \cdot 2,85}{60} = 1,43 \text{ руб.};$$

$$C_{ПР} = 15 \cdot 21,29 + 1,43 = 320,79 \text{ руб.};$$

$$C_{МО} = (21,29 - 5,98) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 306,21 \text{ руб.};$$

$$C_{ОТХ} = (21,29 - 5,98) \cdot 0,45 = 6,89 \text{ руб.}$$

$$C_D = C_3 + C_{МО} - C_{ОТХ} = 620,11 \text{ руб.}» [11].$$

«Определим коэффициент использования материала:

$$K_{ИМ} = \frac{M_D}{M_3} \quad (15)$$

Штамповка:

$$K_{ИМ} = \frac{5,98}{8,37} = 0,71.$$

Прокат:

$$K_{ИМ} = \frac{5,98}{21,29} = 0,28» [15].$$

Штамповка выгоднее проката. «Окончательно принимаем параметры для получения заготовки: оборудование КГШП; индукционный нагрев; класс Т3; группа М1; степень С2; конфигурация П, индекс 11» [15].

Расчет припусков на диаметральный размер 45j6 табличным методом покажем в таблице 3, а графическое изображение на рисунке 3. Эскиз полученной заготовки покажем на рисунке 4.

Таблица 3 – Припуски

«Переход		Припуск			Допуск Тd/IT	Предельные размеры		Предельные припуски	
		$\epsilon_{уст}^{i-1}$	ρ^{i-1}	Rz^{i-1}		d_{min}^i	d_{max}^i	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
1	Штамповать	-	1110	360	2600	51,548	48,948	-	-
					IT 16				
2	Точить начерно	650	67	100	390	46,046	45,656	2,902	5,892
					IT 13				
3	Точить начисто	39	44	50	100	45,401	45,301	0,255	0,745
					IT 10				
4	Шлифовать начерно	26	22	30	39	45,138	45,099	0,163	0,302
					IT 8				
5	Шлифовать начисто	0	11	20» [2]	16	45,011	44,995	0,088	0,143
					IT 6				

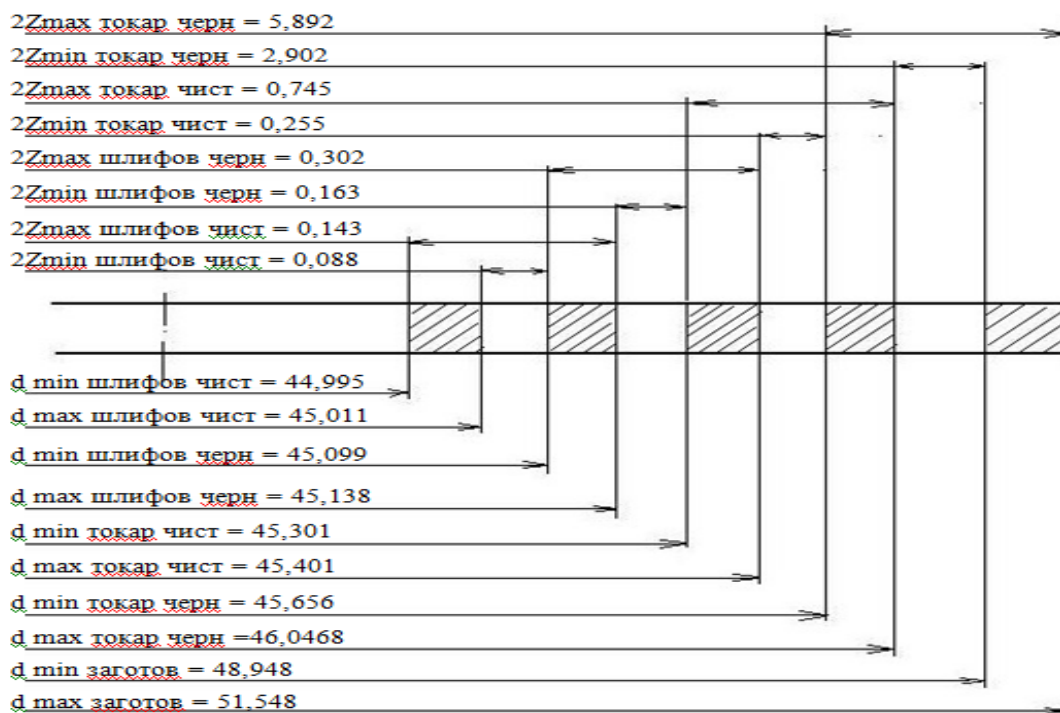


Рисунок 3 – Припуски на размер 45j6

поверхности Ra 1,25 микрометра. Припуск на сторону при шлифовании выдерживать 0,08 миллиметра. Базы – поверхности 31 и 32.

Цилиндрическая поверхность канавки 4 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 31 и 32.

Плоская поверхность торца 5 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто, шлифовать начерно, термически обработать и шлифовать начисто, при этом припуск на сторону при черновой обработке выдерживать 1,9 миллиметра, припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра, достичь точности поверхностного слоя IT седьмого качества и шероховатости поверхности Ra 1,25 микрометра. Припуск на сторону при шлифовании выдерживать 0,08 миллиметра. Базы – поверхности 31 и 32.

Конусная поверхность фаски 6 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра, припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 31 и 32.

Поверхность сложной формы 7 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при черновой обработке выдерживать 1,9 миллиметра, припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 31 и 32.

Плоская поверхность торца 8 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и

шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при черновой обработке выдерживать 1,9 миллиметра, припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 31 и 32.

Конусная поверхность фаски 9 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра, припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 31 и 32.

Цилиндрическая поверхность зубчатого венца 10 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с десятым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при черновой обработке выдерживать 1,9 миллиметра, припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 31 и 32.

Конусная поверхность фаски 11 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при черновой обработке выдерживать 1,9 миллиметра, припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Плоская поверхность торца 12 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при черновой обработке выдерживать 1,9 миллиметра, припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Поверхность сложной формы шейки вала 13 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с

четырнадцатым квалитетом и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Конусная поверхность фаски 14 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым квалитетом и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при черновой обработке выдерживать 1,9 миллиметра, припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Плоская поверхность торца 15 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым квалитетом и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при черновой обработке выдерживать 1,9 миллиметра, припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Цилиндрическая поверхность канавки 16 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым квалитетом и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при черновой обработке выдерживать 1,9 миллиметра, припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Цилиндрическая поверхность шейки вала 17 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто, термически обработать и шлифовать начисто, при этом припуск на сторону при черновой обработке выдерживать 1,9 миллиметра, припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра, достичь точности поверхностного слоя IT восьмого квалитета и шероховатости поверхности Ra 1,25 микрометра. Припуск на сторону при шлифовании выдерживать 0,15 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Конусная поверхность 18 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Цилиндрическая поверхность шейки вала 19 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при черновой обработке выдерживать 1,9 миллиметра, припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Конусная поверхность фаски 20 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при черновой обработке выдерживать 1,9 миллиметра, припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Плоская поверхность торца 21 формируется при следующем порядке обработки: провести точение черновое, точение чистовое, шлифование черновое, термическая обработка и шлифование чистовое, при этом достичь точности поверхностного слоя IT седьмого качества и шероховатости поверхности Ra 1,25 микрометра. Припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра, припуск на сторону при шлифовании выдерживать 0,08 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Цилиндрическая поверхность канавки 22 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на

сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Цилиндрическая поверхность шейки вала 23 формируется при следующем порядке обработки: черновое точение, чистовое точение, черновое шлифование, термическая обработка и чистовое шлифование, при этом достичь точности поверхностного слоя IT шестого качества и шероховатости поверхности Ra 1,25 микрометра. Припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра, припуск на сторону при шлифовании выдерживать 0,08 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Цилиндрическая поверхность канавки 24 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Цилиндрическая поверхность под резьбу 25 формируется при следующем порядке обработки: черновое точение, чистовое точение, нарезка резьбы и термическая обработка, при этом достигается точность поверхностного слоя IT седьмого качества и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при черновой обработке выдерживать 1,9 миллиметра, припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Конусная поверхность фаски 26 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при черновой обработке выдерживать 1,9 миллиметра, припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Плоская поверхность торца 27 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом

достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Цилиндрическая поверхность канавки 28 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Цилиндрическая поверхность шейки вала 29 формируется при следующей последовательности обработки: черновое точение, чистовое точение, термическая обработка и чистовое точение, при этом достигается точность поверхностного слоя IT восьмого качества и шероховатость поверхности Ra 1,25 микрометра. Припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра, припуск на сторону при шлифовании выдерживать 0,15 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Конусная поверхность фаски 30 формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, точить начисто и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32.

Плоская поверхность торца правой стороны вала 31 с припуском на сторону при обработке выдерживать 2,3 миллиметра. Базы – поверхности 10, 29 и 21. Поверхность формируется при следующем порядке обработки: проточить, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Поверхность сложной формы центровочного отверстия 32 формируется при следующем порядке обработки: центровать, провести термическую обработку и шлифовать начисто, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с седьмым качеством и шероховатость поверхности

Ra 1,25 микрометра. Припуск на сторону при чистовой обработке выдерживать 0,4 миллиметра. Базы – поверхности 10, 29 и 21.

Поверхность сложной формы шпоночного паза 33 с припуском на сторону при обработке выдерживать 2,3 миллиметра, базы – поверхности 1 и 32. Поверхность формируется при следующем порядке обработки: фрезеровать и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Плоская поверхность шпоночного паза 34 с припуском на сторону при обработке выдерживать 2,3 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32. Поверхность формируется при следующем порядке обработки: фрезеровать и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с четырнадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Поверхность сложной формы шпоночного паза 35 с припуском на сторону при обработке выдерживать 2,3 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32. Поверхность формируется при следующем порядке обработки: фрезеровать и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с девятым качеством и шероховатость поверхности Ra 3,2 микрометра.

Плоская поверхность шпоночного паза 36 с припуском на сторону при обработке выдерживать 2,3 миллиметра. Базы – поверхности 1 и 32. Поверхность формируется при следующем порядке обработки: фрезеровать и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с двенадцатым качеством и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Поверхность сложной формы зубьев зубчатого венца 37 формируется при следующем порядке обработки: фрезеровать зубья, полировать зубья и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с седьмым качеством и шероховатость поверхности Ra 1,25 микрометра.

Припуск на сторону при финишной обработке выдерживать 0,08 миллиметра.
Базы – поверхности 1 и 32.

Поверхность сложной формы зубьев 38 формируется при следующем порядке обработки: фрезеровать зубья, полировать зубья и термически обработать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с тринадцатым квалитетом и шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра. Припуск на сторону при финишной обработке выдерживать 0,08 миллиметра.
Базы – поверхности 1 и 32.

Оборудование, задействованное в процессе резания, соответствует утвержденным производственным нормам. Осуществляется детальный анализ режущего инструмента в контексте всего технологического цикла. В этом анализе уделяется внимание классификации инструмента по степени его специализации – от общего (стандартного) до узкоспециализированного и специально разработанного. Также рассматривается плотность использования инструментов в течение определенной операции (установки), с последовательным перечислением этапов работы с каждым инструментом, и способы осуществления технологических переходов между различными инструментами в рамках одного агрегата.

В производственных циклах широко используются унифицированные режущие устройства для повышения скорости выполнения обрабатываемых операций и сокращения их экономических издержек. Параметры резания задаются на оптимальном уровне. Механическая обработка материалов осуществляется с применением смазочно-охлаждающих технических жидкостей, что позволяет достигать высоких скоростей резания, продлевая эффективный срок службы режущего инструмента и гарантируя заданную точность обработки.

Более подробная информация представлена в Приложении А в таблице А.1 в технологической документации. Далее в таблице 4 покажем наш выбор средств технического оснащения.

Таблица 4 – Выбор СТО

Операция	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Контрольно-измерительные средства
«005	полуавтомат 2A923	СНП ГОСТ 12195-66.	пластина ГОСТ 19052-80 Т5К10. центровочное сверло ГОСТ 14952-75 Р6М5.	калибр-пробка ГОСТ 14827-69. шаблон ГОСТ 2534-79.
010 015 020 025	RAIS T500 с ЧПУ	поводковый патрон ГОСТ 2571-71. центр ГОСТ 8742-75.	проходной резец. пластина Т5К10 ОСТ 2И.101-83. Sandvik Coromant R166.0G-22ММ01.	калибр-скоба ГОСТ 18355-73. шаблон ГОСТ 2534-79.
030	КШ-3СNC с ЧПУ	поводковый патрон ГОСТ 2571-71. центр ГОСТ 18259-72.	шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	
040	53A20	поводковый патрон ГОСТ 2571-71. центр ГОСТ 18259-72.	червячная фреза Р6М5К5.	шаблон ГОСТ 2534-79. мерительное приспособление с индикатором.
050	полуавтомат 5965		зубчатый прикатник Р6М5К5.	шаблон ГОСТ 2534-79. мерительное приспособление с индикатором.
070	ZS 2000 с ЧПУ	СНП ГОСТ 12195-66.	головка шлифовальная ГОСТ 2447-82.	шаблон ГОСТ 2534-79. мерительное приспособление с индикатором» [4].
075 080	КШ-3СNC с ЧПУ	поводковый патрон ГОСТ 2571-71. центр ГОСТ 18259-72.	шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	

Более подробная информация по использованному оборудованию, режущему инструменту, приспособлениям, контрольному и мерительному инструменту представлена в Приложении А в таблице А.1 в технологической документации.

2.2 Расчет технологической операции

«Режимы на токарную операцию 015: обточить поверхности, выдержать размеры согласно рабочему чертежу; инструмент выбираем в таблице с СТО; выбираем станок модели RAIS T500 токарный; припуск равен 1,9 мм; величина перемещения инструмента 0.5 мм/об» [2].

«Скорость резания:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S_y} \cdot K_U, \quad (16)$$

где выберем базовую величину C_U равную 350;

время работы одной пластины T равное 60 мин;

табличные величины степеней: m равно 0,2, x равно 0,15, y равно 0,35;

коэффициент, обеспечивающий условия обработки K_U примем равным 0,62» [2].

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1,9^{0,15} \cdot 0,5^{0,2}} \cdot 0,62 = 110,7 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (17)$$

Тогда при точении шейки вала диаметра 39,1 мм:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 110,7}{3,14 \cdot 39,1} = 901 \text{ мин}^{-1}.$$

При точении шейки вала диаметра 46,2 мм:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 110,7}{3,14 \cdot 46,2} = 763 \text{ мин}^{-1}.$$

При точении шейки вала диаметра 55,8 мм:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 110,7}{3,14 \cdot 55,8} = 631 \text{ мин}^{-1}.$$

При точении шейки вала диаметра 66,1 мм:

$$n_4 = \frac{1000 \cdot 110,7}{3,14 \cdot 66,1} = 533 \text{ мин}^{-1}.$$

При точении шейки вала диаметра 70,8 мм:

$$n_5 = \frac{1000 \cdot 110,7}{3,14 \cdot 70,8} = 498 \text{ мин}^{-1}.$$

«Составляющие силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, \quad (18)$$

где C_P – коэффициент обработки равный 300;

x, y, n – табличные значения соответственно равные 1,0, 0,75, 0,15;

K_P – коэффициент коррекции.

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (19)$$

где $K_{MP}, K_{\phi P}, K_{\gamma P}, K_{\lambda P}$ и K_{rP} равны 1,03, 0,89, 1,0, 1,0 и 1,0» [2].

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 1,9^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 116,1^{-0,15} \cdot 1,03 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1520 \text{ Н}.$$

«Мощность:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (20)$$

$$N = \frac{1522 \cdot 116,1}{1020 \cdot 60} = 2,89 \text{ кВт}.$$

У станка RAIS T500 мощность 7,5 кВт, то есть его использование возможно» [2].

Операционная последовательность остается неизменной, методика решения задач согласуется с нормами поточного производства. Применяемое оборудование эффективно отобрано в соответствии с особенностями этой производственной цепочки. Нормы времени покажем в таблице 5.

Таблица 5 – Нормы времени

Операция	T_0 , мин	T_B , мин	$T_{оп}$, мин	$T_{об.от}$, мин	$T_{п-з}$, мин	$T_{шт}$, мин	n	$T_{шт-к}$, мин
«005	0,223	0,296	0.519	0,031	26	0,550	472	0,605
010	0,421	0,296	0.717	0,043	17	0,760	472	0,796
015	0,889	0,362	1,251	0,075	17	1,326	472	1,362
020	0,514	0,351	0.865	0,052	17	0,917	472	0,953
025	0,964	0,481	1,445	0,087	20	1,532	472	1,574
030	0,502	0,374	0.876	0,112	17	0,988	472	1,024
040	3,125	0,407	3,532	0,211	26	3,743	472	3,798
075	0,472	0,573	1.045	0,123	17	1,168	472	1,204
080	0,886	0,573	1.456	0,191	17» [2]	1.647	472	1,683

В разделе в «результате сравнительного анализа был выбран метод получения заготовки, определены припуски на обработку, спроектирована заготовка, определен порядок и последовательность обработки поверхностей детали, выбраны средства оснащения для реализации обработки, проведен расчет режимов резания и норм времени на технологические операции» [2]. Более подробная информация представлена в Приложении А в таблице А.1 в технологической документации.

3 Разработка средств технического оснащения

3.1 Станочное средство технического оснащения

«Разработка станочного приспособления для зажима заготовки является важным этапом в производстве деталей на станках с ЧПУ. Это позволяет обеспечить точность и повторяемость обработки, а также увеличить производительность и снизить количество брака» [2].

Определение требований к приспособлению. Перед началом разработки необходимо определить требования к приспособлению. Это может включать в себя такие параметры, как размеры заготовки, ее форму, материал, требования к точности обработки, скорость обработки и так далее. Также необходимо учитывать возможности станка и инструментов, которые будут использоваться для обработки.

«Проектирование приспособления. На основе требований к приспособлению необходимо разработать его конструкцию. Это может включать в себя выбор материалов, размеров и формы элементов, способа крепления на станке, способа зажима заготовки и так далее. Важно учитывать возможности производства и сборки приспособления» [2].

Создание чертежей и моделей. После проектирования необходимо создать чертежи и 3D-модели приспособления. Это позволит убедиться в правильности конструкции и способности приспособления удовлетворять требованиям к обработке заготовки.

«Изготовление приспособления. После утверждения чертежей и моделей приспособление изготавливается на производстве. Важно следить за соответствием изготовленных деталей чертежам и моделям, а также за качеством используемых материалов» [2].

Тестирование и настройка приспособления. После изготовления приспособление необходимо протестировать на станке. Это позволит убедиться в его работоспособности, точности и надежности. Если необходимо,

производится настройка приспособления для достижения необходимых параметров обработки.

«Внедрение в производство. После успешного тестирования приспособление может быть внедрено в производство. Важно обучить персоналу правильной эксплуатации и обслуживанию приспособления, а также следить за его состоянием и производительностью. «Зависимость этой силы и крутящий момент от составляющей силы резания определяется формулой, представленной в справочнике» [1].

«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 2. Сила зажима препятствует силе резания [19], обеспечивая равенство моментов этих сил» [12].

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

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot R_0}{f \cdot R}, \quad (21)$$

где K – запас;

P_z – составляющая силы резания;

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

R – радиус обрабатываемой 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 5» [14], представляет собой:

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

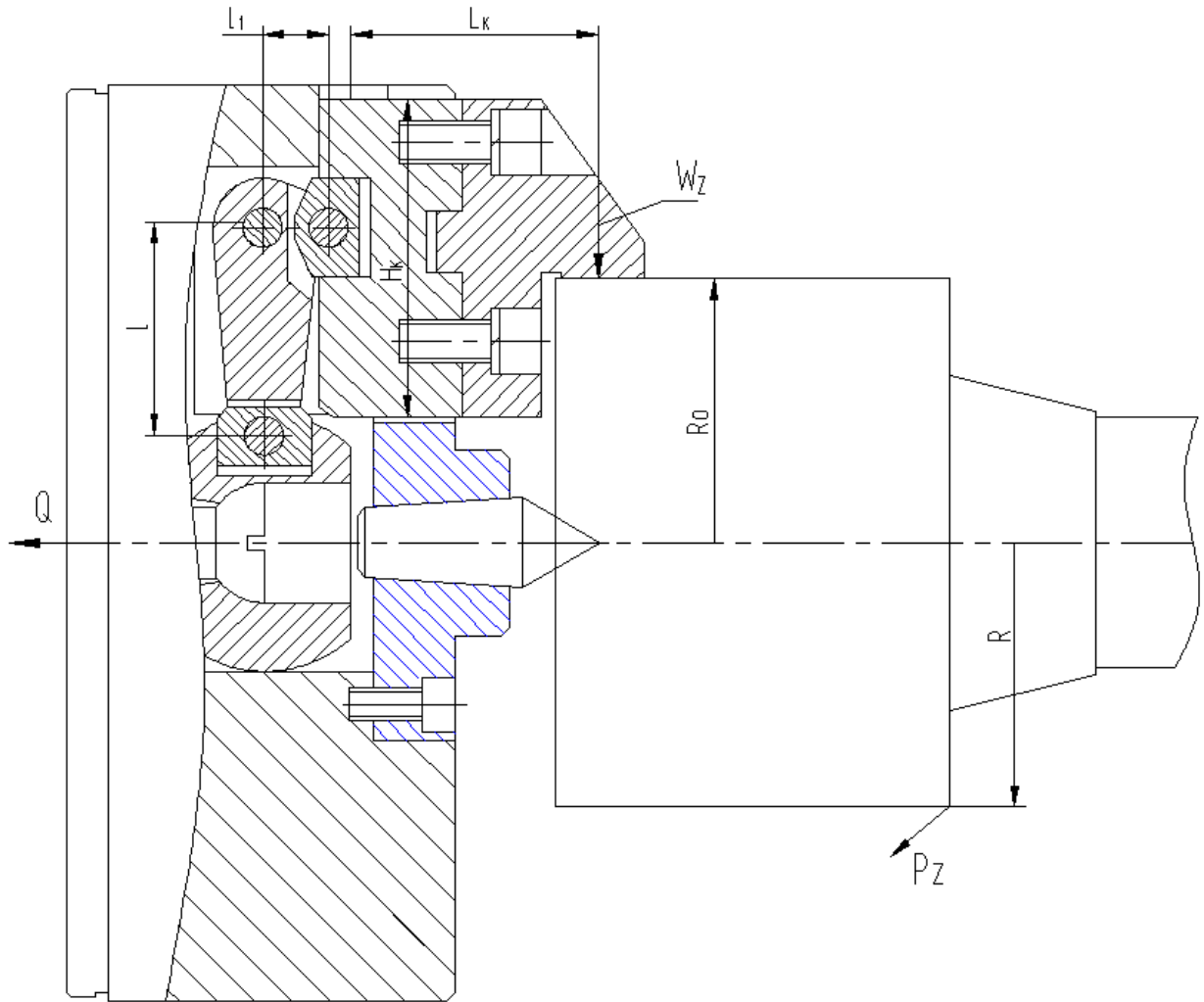


Рисунок 5 – Схема действия сил

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

$$W_1 = K_1 \cdot \frac{W}{1 - 3 \cdot f_1 \cdot (L_k / H_k)}, \quad (22)$$

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:

$$Q = W_1 \cdot \frac{l_1}{l}, \quad (23)$$

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:

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (24)$$

где p – необходимое давление;

η – КПД привода равное 0,9 [17].

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 Инструментальное средство технического оснащения

«Токарная обработка в предлагаемом технологическом процессе занимает практически основное время, поэтому целесообразно провести усовершенствование конструкции режущего инструмента для этого вида механической обработки. На токарных операциях используются резцы со сменными многогранными пластинами, которые имеют недостаточную надежность механического крепления к корпусу резца, что приводит к их частой замене» [20].

«Предлагаемая конструкция резца представлена в графической части. Положение резца регулируется с помощью винтов 7 и 8, которые завинчены в резьбовые отверстия державки 1, где располагается пластина 2. Пластина 2 закреплена на державке 1 с помощью винта 4, гайки 6 и сферической шайбы 3. На скос винта 4 давит ролик 5, который установлен в отверстии державки 1. К основанию и боковой стороне державки 1 режущую пластину 2 винт 4 поджимает головкой при отходе назад, за счет скольжения по ролику 5 при закручивании гайки 6.

Расчет показал» [9], что «величина вылета резца составляет 31 мм, Учитывая, полученное значение составляющей силы резания 1250 Н, величина изгибающего момента будет составлять 2852 Н, величина момента сопротивления изгибу 2604 мм³, величина напряжения изгиба в державке составляет 1,1 МПа и величина допустимого напряжения на изгиб 1,1 МПа.

В разделе в результате расчетов получена требуемая технологическая документация, представленная в Приложении А «Технологическая документация». В таблице А.1 указаны технические и технологические требования» [17].

4 Безопасность технического объекта и его экологичность

В разделе «проведем анализ технического объекта на предмет обеспечения его безопасности и экологичности. В разделе будем рассматривать для проведения мероприятий наиболее трудоемкие и потенциально опасные технологические операции» [7].

«Рассмотрим технологический процесс изготовления вала-шестерни. При производстве детали в технологическом процессе предусмотрен комплекс технического и технологического оснащения. Он состоит из оборудования, приспособлений, режущего и мерительного инструмента. Технический объект реализуется с помощью использования технологического оборудования» [7],

В процессе механической обработки «используются в качестве материала для заготовки сталь 20Х, смазывающая охлаждающая жидкость, ветошь и другие вспомогательные материалы. При проведении работ по изготовлению детали в технологическом процессе предусмотрены профессиональные рабочие места. Для выбранных технологических операций – это оператор станков с ЧПУ. Технологический процесс реализуется организационно и технически на производственном участке, который оснащен необходимым оборудованием. Для реализации годовой программы выпуска детали применяется двусменный режим работы» [7].

«Идентификация опасностей, а также экологических аспектов на производственном участке проводится по локальному нормативному документу, устанавливающему порядок идентификации экологических аспектов, промышленных опасностей и потенциальных рисков. Использование метода предполагает построение показателей с помощью математических моделей и репрезентативных статистических данных» [7].

«Идентификация и оценка рисков осуществляется путем сбора сведений о процессе деятельности. В процессе идентификации и оценки рисков учитывают: проблемы (источники как внешние, так и внутренние), связанные с качеством процессов деятельности/продукции; обычную и нерегулярную

деятельность; оптимальный технологический режим, режимы останова и пуска, инциденты, аварии; инфраструктуру, сырье, материалы; деятельность соседних подразделений/предприятий, подрядчиков и потребителей; условия труда (шум, вибрация, вредные вещества в рабочей зоне); воздействие на окружающую среду (стоки, выбросы, отходы); происшествия (инциденты, несчастные случаи, аварии), как уже имевшие место на предприятии, так и реально прогнозируемые» [7].

«В качестве потенциальных рисков можно выделить: неприменение СИЗ или применение поврежденных СИЗ, не сертифицированных СИЗ, не соответствующих размерам СИЗ, СИЗ, не соответствующих выявленным опасностям, составу или уровню воздействия вредных факторов; падение предметов, падение на скользкой поверхности, неадекватное поведение лиц, пожар, авария, заболевание персонала» [7].

«К причинам возможной реализации перечисленных рисков можно отнести: неисправность оборудования; чрезвычайная ситуация природного и техногенного характера; сон на рабочем месте, ошибки проектирования; внос, употребление запрещенных веществ (легковоспламеняющиеся жидкости и другие материалы, запрещенные к свободному обороту); психическое заболевание; пандемия. Это может привести к травме или заболеванию вследствие отсутствия защиты от вредных (травмирующих) факторов» [7].

«Выявленные потенциальные риски вносятся в реестр. С реестрами рисков знакомят всех рабочих, на которых он распространяется под роспись в листе (журнале) ознакомления. При необходимости реестры рисков вывешиваются на информационных досках, размещаются в электронной обменной папке. Реестр рисков хранится у разработчика не менее трех лет. Для снижения рисков необходимо обеспечить: точное соблюдение норм технологического регламента и выполнение требований инструкций по рабочим местам и по охране труда; исправность оборудования, арматуры, трубопроводов, контрольно-измерительных приборов, систем аварийной

сигнализации и защитных блокировок; немедленное устранение любой утечки горючих и агрессивных газов и жидкостей» [7].

«Для снижения рисков необходимо соблюдать нормы технологического регламента и выполнять требования инструкций по рабочим местам; регулярная проверка СИЗ на состояние работоспособности и комплектности. Назначить локальным нормативным актом ответственное лицо за учет выдачи СИЗ и их контроль за состоянием, комплектностью» [7]. «Запрещается пользоваться неисправным ручным инструментом: молотками, зубилами и тому подобное, не отвечающим требованиям техники безопасности, гаечными ключами несоответствующих размеров, с разбитыми или разогнутыми губками, со сбитой рабочей гранью. При обслуживании машин и механизмов с электрическим приводом необходимо соблюдать меры электробезопасности. Все токоведущие части должны быть закрыты, и исключен доступ к частям, находящимся под напряжением. Все движущиеся части машин и приводов должны иметь надежное и исправное ограждение. Не допускается эксплуатация машин без защитных ограждений» [7].

Также «необходимо снабдить производственный участок следующими инженерными системами: системой вентиляции; системой холодоснабжения; системой отопления; системой водоснабжения; системой канализации; системой энергоснабжения; системой контроля загазованности; системой пожарной сигнализации; системой охранной сигнализации» [7].

«Возникновение пожара на объекте можно отнести к наиболее вероятным источникам возникновения аварийных ситуаций техногенного характера. Пожар возможен на производственном участке. Распространение пожара будет происходить по горючей облицовке стен, через технологические отверстия в стенах в смежные помещения, и на кровлю здания. Линейная скорость распространения огня может составлять 0,6 – 1,0 м/мин. Спасание пострадавших осуществляется пожарными, а также работниками предприятия. Для оказания первой помощи пострадавшим используется оборудование автомобиля скорой помощи» [7].

«Самым рациональным способом для тушения возможного пожара будет способ тушения и охлаждения сплошными постоянными струями воды. Подачу воды производить от гидрантов через насосы пожарных автомобилей. Начинать тушить установки под напряжением можно только после получения сообщения об их отключении от сети электропитания. Организация тушения пожара регламентируется соответствующим приказом № 444 МЧС России от 16 октября 2017 года. Таким образом, опасный фактор возможного пожара на техническом объекте можно отнести к классу D и E соответственно горение металлов, металлосодержащих веществ и горение технического объекта пожара, который находится под напряжением электрического тока» [7].

«Помещения производственного участка оборудованы пожарной сигнализацией, состоящая из дымовых пожарных извещателей «AJAX FireProtect Plus». Извещатели подключены последовательно в один шлейф. Дополнительно все эвакуационные пути оснащены ручными пожарными извещателями ИПР-Р2. Все автоматические извещатели закреплены на перекрытиях, а ручные на стенах и конструкциях на высоте 1,5 метра от пола. Оборудованием, которое считывает показания извещателей является приемно-контрольный прибор «AJAX Hub Plus»» [7].

Для «снижения рисков необходимо: соблюдение правил противопожарного режима; инструктаж и периодическая проверка знаний. Также необходимо снабдить производственный участок следующими инженерными системами: системой вентиляции; системой холодоснабжения; системой энергоснабжения; системой контроля загазованности; системой пожарной сигнализации; системой охранной сигнализации. Необходимо оснащение производственного участка первичными средствами пожаротушения такими как: пожарным гидрантом, огнетушителями, емкостями с песком, пожарными веревками, карабинами, респираторами, противогазами, баграми, лопатами и топорами. Также необходима пожарная сигнализация, автоматическая система пожаротушения, первичные средства пожаротушения» [7].

К «наиболее вероятным источникам возникновения чрезвычайных ситуаций экологического характера можно отнести выделение токсических испарений, масляного тумана, металлической стружки. Для снижения рисков экологического характера на атмосферу необходимо создание и использование фильтрационных систем вентиляции производственного участка; на гидросферу необходимо создание и использование локальной многоступенчатой очистки сточных вод; на литосферу необходимо разделение, сортировка и утилизация на полигонах отходов» [7].

В разделе проведены мероприятия для повышения безопасности технического объекта, а также были предложены мероприятия по охране труда и защите окружающей среды.

5 Экономическая эффективность работы

Задача раздела – осуществить необходимый расчет и анализ всех технико-экономических показателей сравниваемых технологических процессов, с целью определения экономического эффекта от разработанных изменений.

Для осуществления задуманного, нужно применить информацию, которая представлена в предыдущих разделах и касается только модернизации и оптимизации технологии изготовления детали «Вал-шестерня». Результат принципиальной переделки технологии и ее итог, представлены на рисунке 6.

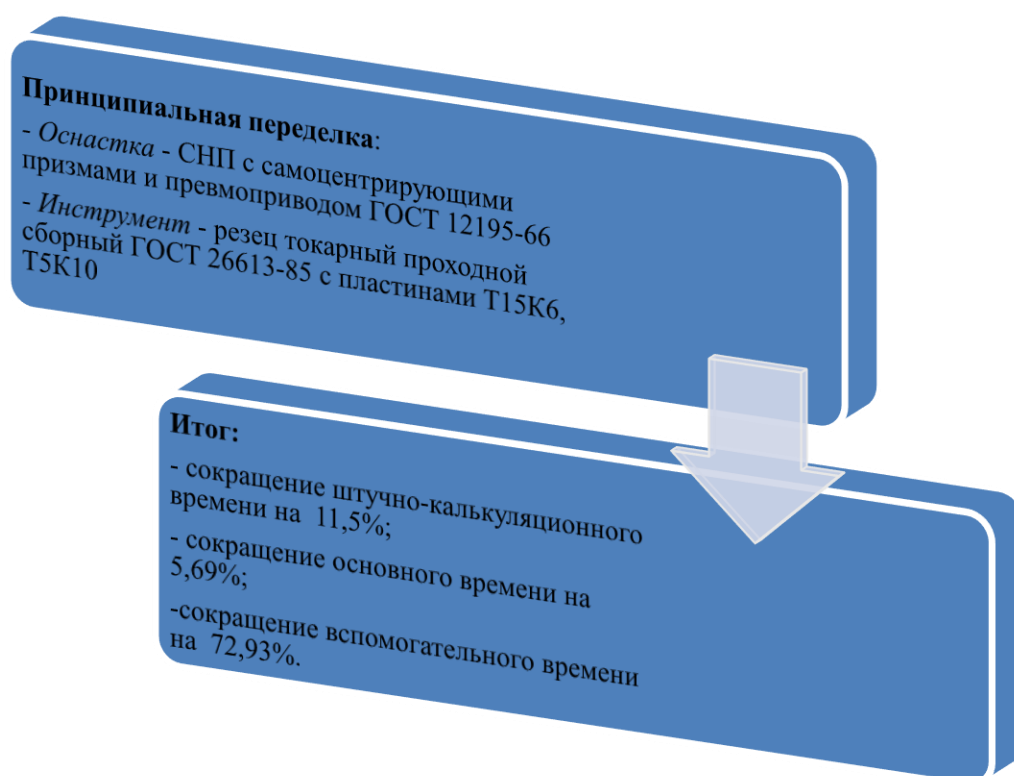


Рисунок 6 – Результат принципиальной переделки технологии и ее итог

Сверху, на рисунке 6, представлены измененные оснастка и инструмент, их предложено использовать вместо СНП и резца токарного проходного по

ГОСТ, соответственно. Снизу, итог по трудоемкости выполнения измененной операции технологии изготовления детали «Вал-шестерня».

Для определения экономического эффекта, первым пунктом необходимо определить капитальные вложения в модернизацию процесса или выражаясь научными терминами – необходимая сумма инвестиций. Чтобы определить сумму инвестиций применим специальную «методику расчета капитальных вложений (инвестиций) по сравниваемым вариантам технологического процесса» [11]. Так как изменения технологии затрачивают только такие элементы как инструмент и оснастка. В этом случае сумма инвестиций будет учитывать «затраты на проектирование ($K_{ПР}$), оснастку (K_O), инструмент ($K_{И}$) и корректировку управляющей программы ($K_{У.ПР}$)» [11]. Числовое значение перечисленных показателей и общая сумма инвестиций, представлены на рисунке 7.



Рисунок 7 – Общая сумма инвестиций и входящих в нее затрат, руб.

Детализация рисунка 7, позволяет сделать вывод о том, что самыми крупными тратами является проектирование, их доля в общей сумме

инвестиций составляет 64,11 %. Самыми наименьшими вложениями для предприятия будут траты, связанные с оснасткой, так как их доля составит всего 4,26 %.

Вслед за проведенными расчетами возникает необходимость подсчитать технологическую себестоимость. Она определяется по методике «расчет технологической себестоимости изменяющихся по вариантам операций» [11]. Значение технологической себестоимости и, влияющих на ее величину, показателей, отображены на рисунке 8.

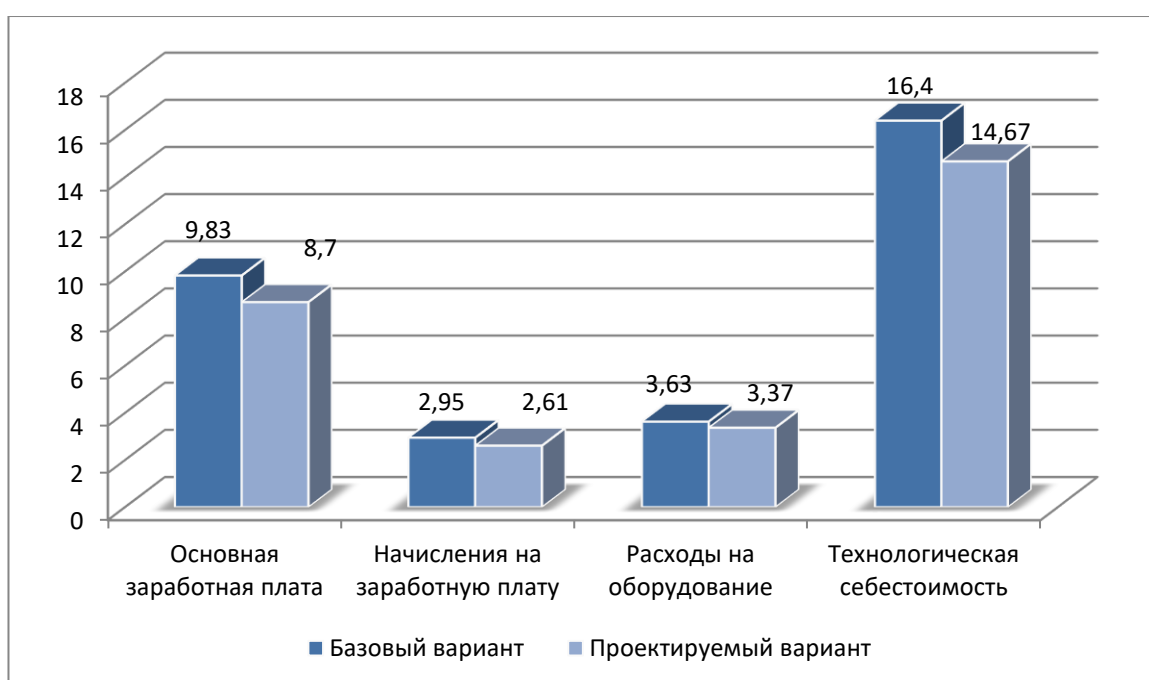


Рисунок 8 – Значение технологической себестоимости и, влияющих на ее величину показателей, руб.

Как следует из диаграммы (рисунок 8), максимально полная зависимость значения технологической себестоимости обеспечивается основной заработной платой, с долевой величиной около 59 % в обоих представленных вариантах.

После установления значения технологической себестоимости, следует выяснить значения таких показателей как: «чистая прибыль, срок окупаемости, индекс доходности и интегральный экономический эффект»

[11]. Чтобы их рассчитать, используется «методика расчета показателей экономической эффективности проектируемого варианта технологического процесса» [11]. Значения перечисленных показателей представлены на рисунке 9.

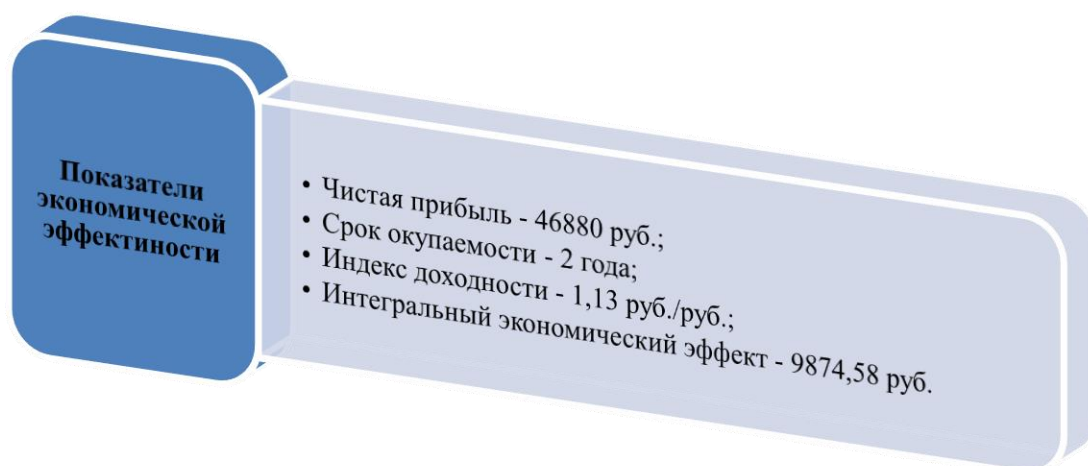


Рисунок 9 – Значения показателей экономической эффективности

В разделе, вследствие экономических расчетов, была показана польза внедрения предложенной модернизации технологии изготовления детали «Вал-шестерня». Соответственно, такой процесс можно считать эффективным, так как в результате его внедрения будет получен интегральный экономический эффект в размере 9874,58 рублей.

Заключение

В предлагаемой выпускной квалификационной работе рассмотрены предпосылки разработки технологического процесса изготовления технического объекта и представлена технология изготовления детали вал-шестерня. Работа проводилась в рамках учебного процесса в Тольяттинском государственном университете. Для проведения анализа технического объекта были заданы исходные данные. В работе была определена цель и задачи для ее достижения. В качестве решаемых задач в работе проводилось исследование базового технологического процесса изготовления заготовки для детали вал-шестерни; проводился анализ преимуществ и недостатков применяемого на производстве технологического процесса; выбрано оборудование и средства технологического оснащения в виде станочного и инструментального приспособлений; подготовлена техническая и технологическая документация в виде чертежей, технологических маршрутных карт, технологических операционных карт и спецификаций на составляющие элементы разработанных приспособлений; «использовалась аддитивная технология для изготовления детали; использовалась специальная обработка для восстановления изношенных в процессе выполнения служебного назначения поверхностей детали; применялась термическая обработка для повышения прочности и износостойкости детали» [2]; проводился анализ известных методов, способов и подходов для решения поставленных задач; разработаны мероприятия для повышения уровня безопасности и экологичности всего процесса в целом; реализованы экономические расчеты и доказана эффективность предлагаемых технических и технологических изменений процесса изготовления детали. Результаты работы способствуют развитию выбранной области машиностроения и повышению эффективности и надежности в работе вал-шестерни.

Список используемых источников

1. Аверченков В.И. Технология машиностроения: сборник задач и упражнений: учебное пособие / В.И. Аверченков и др.; под общей редакцией В.И. Аверченкова и Е.А. Польского. – М. : Инфра-М, 2016. 288 с.
2. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. 736 с.
3. Балла О.М. Технологии и оборудование современного машиностроения : учебник / О.М. Балла. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. –392 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143241> (дата обращения: 17.10.2024).
4. Балашов В.М. Проектирование машиностроительных производств: учебное пособие / В.М. Балашов, В.В. Мешков. – Старый Оскол: ООО ТНТ, 2018. 200 с.
5. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
6. 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.
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. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2012. 400 с.
11. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В.

Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13> (дата обращения: 05.11.2024).

12. Михайлов А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005. - 75 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. Торопов Ю.А. Припуски, допуски и посадки гладких цилиндрических соединений. Припуски и допуски отливок и поковок: справочник / Ю.А. Торопов. – СПб. : Издательство «Профессия», 2017. 598 с.

19. Филонов И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. 110 с.

20. Bozina P. Vorrichtungen im Werkzeugmaschinenbau: Grundlagen, Berechnung und Konstruktion. Springer Berlin Heidelberg, 2013. 245 p. - ISBN3642327060, 9783642327063.

