

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

«Современные технологические процессы изготовления деталей в машиностроении»

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технология и оборудование для восстановления зубчатого колеса
коробки подачи токарного станка

Обучающийся

Н.Д.Сметюхов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент К.В. Моторин

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

Тольятти 2023

Аннотация

Название дипломной работы: Технология и оборудование для восстановления зубчатого колеса коробки передач токарного станка. Выпускная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, таблиц, списка литературы, включая зарубежные источники, и графической части на 6 листах формата А1. Технология и оборудование для восстановления зубчатого колеса коробки передач токарного станка являются необходимыми для обеспечения бесперебойной работы техники. Восстановление зубчатого колеса может быть выполнено с использованием различных методов, включая ремонт, замену или реставрацию. Для этого необходимо использовать специализированное оборудование, такое как зубошлифовальные станки, фрезерные станки и универсальные делительные головки. Эти инструменты обеспечивают высокую точность и производительность в процессе восстановления зубчатых колес, что позволяет продлить срок службы техники и повысить ее эффективность.

Кроме того, для успешного восстановления зубчатого колеса необходимо иметь квалифицированных специалистов, которые обладают знаниями и опытом в области механики и металлообработки. Они должны уметь правильно выбрать метод восстановления и правильно настроить оборудование для достижения наилучшего результата. Кроме того, использование высококачественных материалов и инструментов также является важным фактором для успешного восстановления зубчатых колес. Все эти факторы в совокупности обеспечивают надежность и долговечность восстановленных зубчатых колес и тем самым повышают эффективность работы техники.

Abstract

The title of the thesis: Technology and equipment for restoration of the gear wheel of the feed box of a lathe The thesis consists of the introduction, five chapters, conclusion, tables, list of references, including foreign sources, and graphics on 6 sheets of A1 format. Technology and equipment for rebuilding a lathe's feeder gear are essential to the smooth operation of the machinery. Gear wheel reconditioning can be accomplished using a variety of methods, including repair, replacement, or restoration. This requires the use of specialized equipment such as gear grinding machines, milling machines and universal dividing heads. These tools provide high precision and productivity in the gear reduction process, allowing you to extend the life of your machinery and increase its efficiency.

In addition, it is essential to have qualified professionals who have knowledge and experience in mechanics and metalworking in order to successfully rebuild a gear. They should be able to choose the right restoration method and properly set up the equipment for the best possible result. In addition, the use of high quality materials and tools is also an important factor for successful gear rebuilding. All of these factors combine to ensure the reliability and durability of remanufactured gears, thereby increasing the efficiency of machinery.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Анализ исходных данных по ремонту зубчатых колес	7
1.1 Описание конструкции зубчатого колеса	7
1.2 Свойство металла зубчатого колеса	9
1.3 Анализ возможных способов наплавки изношенных зубьев шестерни	11
1.3.1 Ручная дуговая наплавка	11
1.3.2 Электродуговая наплавка	12
1.3.3 Механизированная наплавка проволокой сплошного сечения в защитном газе	13
1.3.4 Механизированная сварка самозащитой порошковой проволокой	14
2 Технологический процесс обработки и наплавки зубчатого колеса	16
2.1 Удаление изношенных зубьев	16
2.2 Обезжиривание	17
2.3 Наплавка	18
2.4 Термообработка	29
2.5 Механическая обработка	21
2.6 Контроль качества	21
3 Выбор оборудования для восстановления зубчатого колеса коробки подачи токарного станка	23
3.1 Углошлифовальная машина	23
3.2 Сварочный аппарат	24
3.3 Муфельная печь	25
3.4 Токарно винторезный станок 1А616	26
3.5 Широкоуниверсальный инструментальный фрезерный станок 6В75	26
3.6 Универсальная делительная головка 160	28
3.7 Цифровой твердомер Leeb	39
4 Безопасность и экологичность технического объекта	30
4.1 Конструктивно-технологические и организационно-технические	

характеристики восстановления зубчатого колеса	30
4.2 Идентификация профессиональных рисков	32
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	33
4.4 Обеспечение пожарной безопасности	34
4.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений	37
4.6 Заключение по разделу	38
5 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы	39
5.1 Исходная информация для выполнения экономических расчётов	39
5.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	42
5.3 Расчёт штучного времени	43
5.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии	46
5.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям	52
5.6 Расчёт показателей экономической эффективности	55
5.7 Заключение по экономическому разделу	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	59

Введение

В настоящее время в различных мастерских и мелкосерийных производствах работает множество станков 50-70х годов. Они до сих пор пользуются спросом из-за доступной цены и широкого распространения. Однако большинство из них имеют износ различных движущихся частей, в том числе и зубчатых колес которые являются основным элементом большинства их механизмов. Износ зубьев, посадочных поверхностей, шлицевых и шпоночных соединений. Является естественным процессом, который может происходить существенно быстрее при неправильном обслуживании оборудования.

Вследствие чего возникает потребность в ремонте узлов и механизмов, а, следовательно, в изготовлении или восстановлении зубчатых колес. Обычно изношенные зубчатые колеса изготавливают заново либо же приходится искать необходимые шестерни с других станков, что в некоторых случаях может быть затруднительно из-за редкости некоторых из них.

В случае если на зубчатом колесе изношены только некоторые зубья или из-за специфических посадочных параметров изготовление новой получается слишком дорогим и долгим. Износ только некоторой части зубьев может заключаться в сколах, возникших в результате попадания инородных тел или превышении допустимых нагрузок. Также износ может естественным от долговременной работы узла, вызванным, несвоевременным или некачественным обслуживанием. Тогда рациональным решением будет восстановление изношенных зубьев.

В настоящее время зубчатые колеса восстанавливают ручной дуговой сваркой (РДС) с основным покрытием, однако этот способ не обеспечивает должной производительности.

Поэтому целью работы является повышение производительности при ремонте шестерни коробки передач.

1 Анализ исходных данных по ремонту зубчатых колес

1.1 Описание конструкции зубчатого колеса



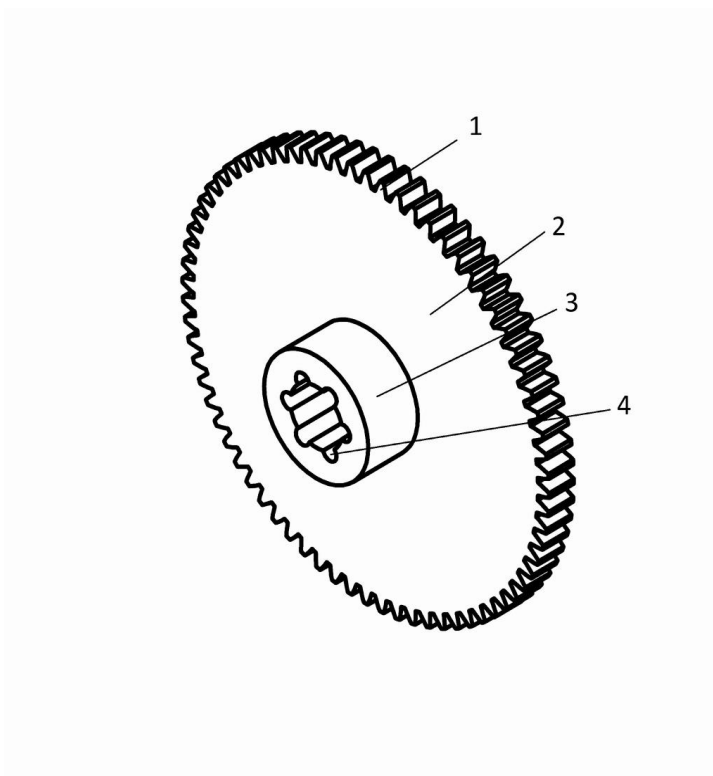
Рисунок 1 – Пример изношенной шестерни

«Зубчатое колесо - это механическое устройство, предназначенное для передачи крутящего момента и изменения скорости вращения между двумя валами. Оно состоит из цилиндрического или конического диска, на поверхности которого расположены зубья. Зубья имеют форму треугольников, причем их размеры и форма зависят от величины колеса, его назначения и условий эксплуатации.» [15]

«Зубчатые колеса могут быть одно- или многорядными, прямозубыми

или коническими, с разным числом зубьев. Они используются во многих механизмах, таких как автомобили, промышленные машины, часы, и т.д. Основными параметрами зубчатых колес являются модуль, диаметр, число зубьев, ширина зуба и глубина зуба. Модуль определяет размер зубьев и расстояние между ними, диаметр - размер колеса, число зубьев - количество зубьев на поверхности колеса, ширина зуба - расстояние между двумя противоположными зубьями, а глубина зуба - расстояние от вершины зуба до основания.» [3]

Важным параметром зубчатых колес является точность изготовления, которая определяет качество и надежность работы механизма. Для повышения точности используются различные методы обработки, такие как шлифовка, фрезерование и травление.



1 - венец; 2 - обод; 3 - ступица; 4 – шлицы

Рисунок 2 – Шестерня токарного станка 1а616 сталь 40Х

1.2 Свойства металла зубчатого колеса

Сталь 45 и 40Х - это конструкционные среднеуглеродистые стали, которые широко применяются для изготовления деталей повышенной прочности, таких как валы, шестерни, зубчатые рейки, шпиндели и другие. После термической обработки сталь 40Х может использоваться для изготовления насадок, разверток и корпусов метчиков. Аналогично сталь 40Х может применяться для создания ответственных конструкций, например, осей, валов, зубчатых колес, болтов или плунжеров.

«Сталь марок 35, 40 и 45 являются углеродистыми улучшаемыми сталями, которые подходят для изготовления деталей небольших сечений и работающих при невысоких нагрузках. Для деталей больших габаритов рекомендуется использовать легированные стали с большей прокаливаемостью, а для особо крупных деталей - высоколегированные стали с высокими механическими свойствами по всему сечению. Хромистые стали марок 30Х, 38Х, 40Х и 50Х с содержанием хрома от 0,3% до 0,5% подходят для средненагруженных деталей. С увеличением содержания углерода возрастает прочность, но снижаются пластичность и вязкость.

Прокаливаемость хромистых сталей невелика, а порог хладноломкости варьируется от 0 до -100°С. Сталь марок 38Х и 40Х обладают повышенной прочностью и используются для изготовления коленчатых валов, осей, шестерен, болтов ответственного назначения, а стали 45Х и 50Х - для изделий, работающих на износ без значительных ударных нагрузок, например, крупных шестерен и некоторых валов. После высокого отпуска охлаждение хромистых сталей должно быть быстрым, для мелких деталей - в масле, а для крупных - в воде, чтобы избежать отпускной хрупкости.» [20]

Таблица 1 – «Химический состав материала» [18]

Химический состав стали 40Х в %	
C	0,36 - 0,44
Si	0,17 - 0,37
Mr	0,5 - 0,8
Ni	до 0,3
S	до 0,035
P	до 0,035
Cr	0,8 - 1,1
Cu	до 0,3
Fe	~97

Таблица 2 – «Механические свойства материала в зависимости от температуры отпуска» [20]

Механические свойства стали 40Х в зависимости от температуры отпуска						
Температура отпуска, °С	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_B (МПа)	δ_5 (%)	ψ %	КСУ (кДж / м ²)	НВ
200	1560	1760	8	35	29	552
300	1390	1610	8	35	20	498
400	1180	1320	9	40	49	417
500	910	1150	11	49	69	326
600	720	860	14	60	147	265

Таблица 3 – Механические свойства материала в зависимости от сечения [20]

Механические свойства стали 40Х в зависимости от сечения						
Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_B (МПа)	δ_4 (%)	ψ %	КСУ (кДж / м ²)	НВ
Закалка 840-860 °С, вода, масло. Отпуск 580-650 °С, вода, воздух.						
101-200	490	655	15	45	59	212-248
201-300	440	635	14	40	54	197-235
301-500	345	590	14	38	49	174-217

1.3 Анализ возможных способов наплавки изношенных зубьев шестерни

Сталь 40х относится к легированным конструкционным сталям, содержащим хром и молибден. Она обладает высокой прочностью, твердостью и устойчивостью к коррозии. Сварка стали 40х может быть выполнена различными методами, включая дуговую сварку, газовую сварку и лазерную сварку.

Дуговая сварка стали 40х может быть выполнена методами ММА (ручная дуговая сварка), TIG (инертный газовый сварочный аппарат) и MIG/MAG (автоматическая сварка в среде инертного газа). «При сварке стали 40х необходимо учитывать ее высокую термическую проводимость, что может привести к быстрому остыванию сварочного шва и образованию трещин» [17]. Для предотвращения этого необходимо использовать специальные методы и технологии сварки, а также контролировать температуру и скорость нагрева.

«Газовая сварка стали 40х может быть выполнена методами ацетиленовой и пропановой сварки. Однако, эти методы обладают низкой производительностью и не могут использоваться для сварки толстых металлических конструкций» [13].

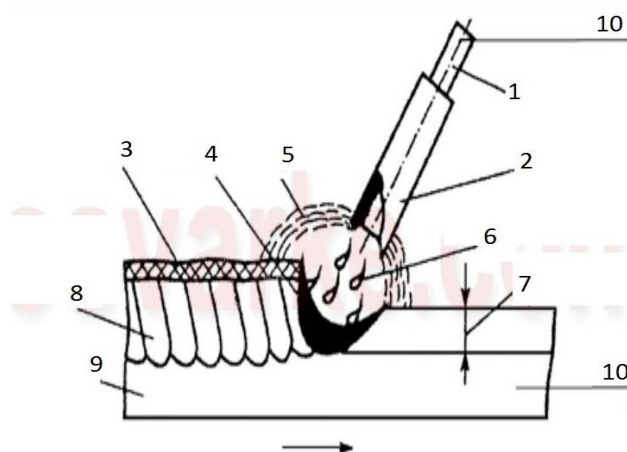
Лазерная сварка стали 40х является наиболее эффективным и точным методом сварки. Она позволяет выполнить сварку с высокой точностью и минимальным влиянием на окружающие материалы. Однако, этот метод требует специального оборудования и высокой квалификации сварщика.

Рассмотрим четыре возможных варианта электродуговой наплавки.

1.3.1 Ручная дуговая наплавка

«Из всех видов сварки это самый простой и доступный. При сварке стали 45 или 40Х необходимы электроды тип Э85. марки УОНИИ-13/55, т.к. они предназначены для сварки легированных сталей и имеют покрытие с пониженным содержанием водорода» [16]. Однако при наплавке в несколько

проходов перед каждым из них нужно проводить зачистку от шлака. Следовательно данный способ будет не удобен в работе.

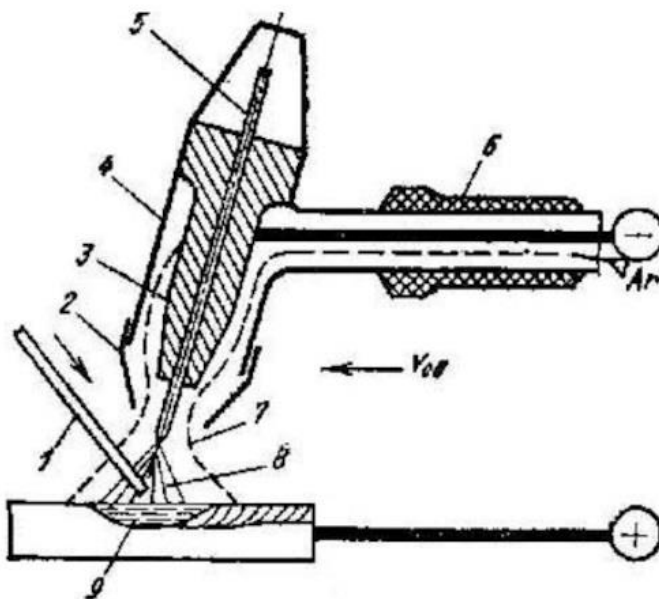


- 1 – стержень электрода; 2 – электродное покрытие; 3 – шлаковая корка;
4 – сварочная ванна; 5 – газовая защита; 6 – капля электродного металла;
7 – глубина проплавления; 8 – закристаллизовавшийся металл шва;
9 – свариваемое изделие; 10 – места подачи тока.

Рисунок 3 – Схема ручной дуговой наплавки покрытым электродом

1.3.2 Электродуговая наплавка

«Известна электродуговая наплавка неплавящимся электродом в среде инертных газов. Этот способ является самым применяемым и качественным способом наплавки стали 45 или 40х» [14]. При данном типе сварки применяется подача аргона в зону сварки с целью защиты сварочной ванны от воздействия газов содержащихся в воздухе. В качестве присадочного материала применяется проволока из той же марки стали, что и сама деталь. Однако данным способом наплавить большой объем металла может быть проблематично. Следовательно этот способ хоть и обладает массой плюсов, будет не очень удобен в наплавке.



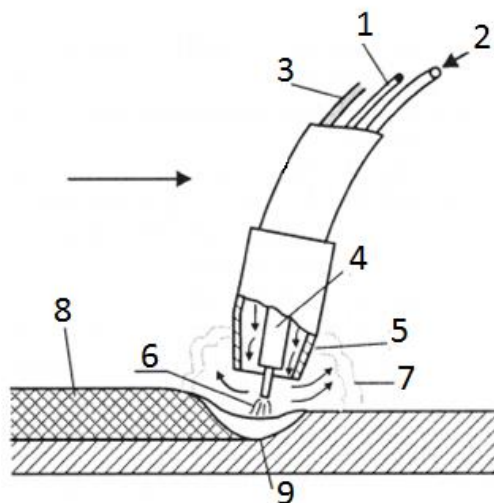
1 – присадочный пруток; 2 – сопло; 3 – токопроводящий мундштук; 4 – корпус горелки; 5 – неплавящийся вольфрамовый электрод; 6 – рукоять горелки; 7 – защитный газ; 8 – сварочная дуга; 9 – сварочная ванна

Рисунок 4 - электродуговая наплавка неплавящимся электродом в среде инертных газов

1.3.3 Механизированная наплавка проволокой сплошного сечения в защитном газе

Известна механизированная наплавка плавящимся электродом в среде защитных газов. «Имеет свои преимущества в числе которых: простота в использовании, чистый шов, возможность наплавки в любых пространственных положениях, возможность наплавки как небольших, так и крупногабаритных деталей, а так же высокая производительность работы» [19]. Еще одним преимуществом является больший контроль при наплавке. В следствии чего можно оставлять меньший припуск под мех. Обработку что повышает эффективность ремонта. Для сварки данных марок сталей

применяют проволоки Нп-30ХГСА и газовую защиту CO_2 или CO_2+Ar . Следовательно, данный метод сварки подходит для поставленных задач.

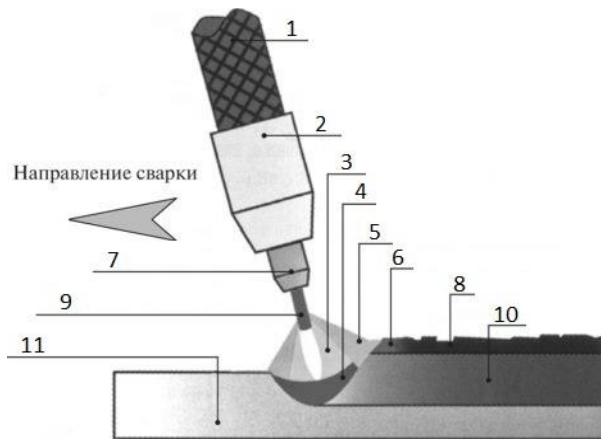


1 – электродная проволока; 2 – трубка подачи защитного газа; 3 – сварочный кабель; 4 – контактная трубка; 5 – газовое сепло; 6 – дуга; 7 – защитный газ; 8 - застывший металл шва; 9 – сварочная ванна

Рисунок 5 – Механизированная наплавка

1.3.4 Механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой

«Известна механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой. В отличие от предыдущего варианта данный способ не требует газовой защиты в процессе сварки, т.к. проволока представляет собой трубку наполненную порошком, который при расплавлении создает шлаковую пленку на поверхности шва и защищает его от окисления.» [1] Однако, при данном способе необходимо производить зачистку сварного шва перед наплавлением следующего слоя. Следовательно, этим способом нежелательно производить ремонт зубьев.



- 1 – горелка; 2 – изолятор; 3 – дуга; 4 – сварочная ванна;
 5 – защитная атмосфера; 6 – жидкий шлак; 7 – контактор;
 8 – застывший шлак; 9 – порошковая проволока;
 10 – застывший металл; 11 – свариваемое изделие

Рисунок 6 - Механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой

Таким образом, в результате проведенного анализа выбираем механизированную наплавку плавящимся электродом в среде смеси защитных газов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать технологический процесс восстановления изношенных зубчатых колес.
2. Подобрать оборудование, подходящее к критериям представленному технологическому процессу.

2 Технологический процесс обработки и наплавки зубчатого колеса

2.1 Удаление изношенных зубьев

Срезать изношенные зубья до основания зуба. Обработку производить углошлифовальной машиной Makita GA6021C на 9000об/мин зачистным кругом "луга" диаметром 150мм, толщиной 6мм и посадочным диаметром 22.2мм.

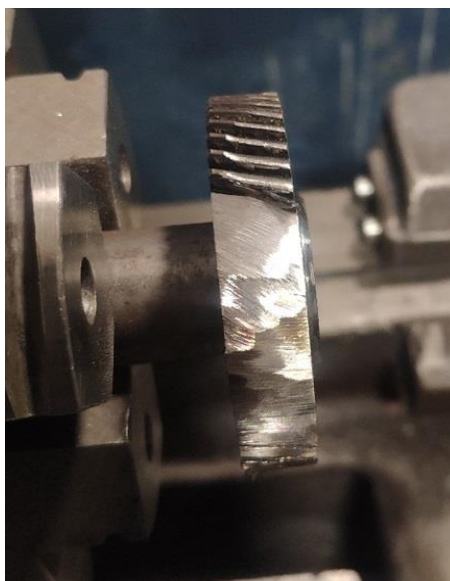


Рисунок 7 – Шестерня с удаленными изношенными зубьями

Данная операция, включает в себя:

- удаление участков с изношенными зубьями;
- зачистку металла от коррозии;
- подготовка поверхности по наплавку.

2.2 Обезжиривание

«Удаление загрязнений с деталей является важной операцией в производстве ремонтных изделий. От качества выполнения этой операции зависят производительность труда рабочих-ремонтников, эффективность использования оборудования и долговечность отремонтированных изделий. Если загрязнения не удаляются на постах мойки, они могут распространяться по цехам и вызывать интенсивное изнашивание сопряжений на постах сборки.» [22] Загрязнения на деталях, восстанавливаемых наплавкой, могут привести к образованию пор и раковин в наплавленном металле. Поэтому очистка деталей от загрязнений является специфической и важной операцией в ремонтном производстве. «Сначала поместить в ванну с ацетоном и пользуясь металлической щеткой очистить от отложений смазочных материалов и возможной коррозии. После протравить поверхность в 10% растворе серной кислоты при температуре 20°C. Последним этапом промыть деталь в проточной воде для того чтобы смыть остатки кислоты. » [2]

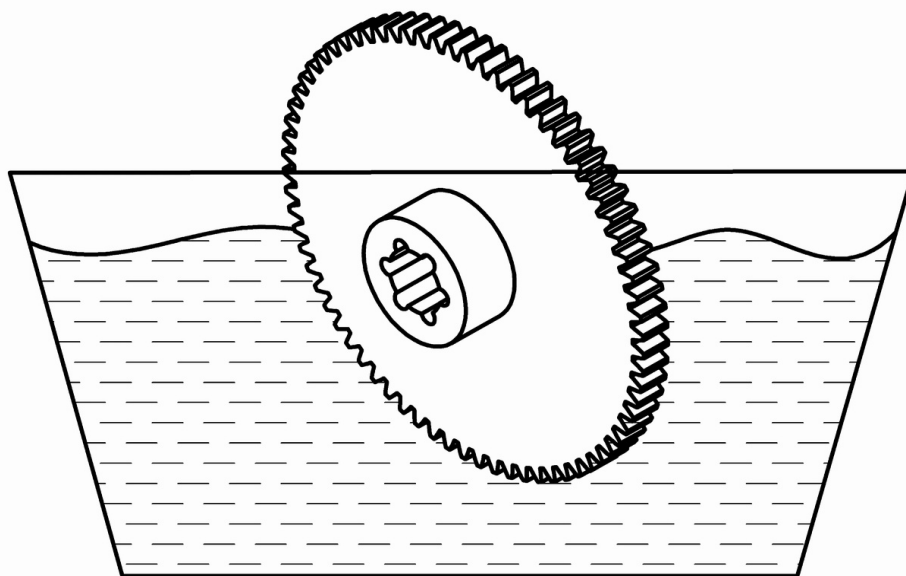


Рисунок 8- Обезжиривание шестерни

2.3 Наплавка

Перед наплавкой необходимо прогреть всю деталь или при невозможности этого, ту часть детали на которой будет производится наплавка металла до 200-250°C, контроль температуры осуществлять по цветам побежалости (греть до соломенно-желтого). «Необходимо наплавить металл на зачищенные участки, при необходимости наплавку производить в несколько проходов.» [6] Объем наплавленного металла должен обеспечивать припуск не менее 2мм. Наплавка производится сварочным инвертором СВАРОГ PRO MIG 200 сварочной проволокой «Нп-30ХГСА» [21] диаметром 1мм в среде сварочной смеси Ar10% +CO₂90%. Ток сварки необходимо выставить на 150А, напряжение на 23В, расход газа на 10л/мин и скорость подачи проволоки на 150м/ч.



Рисунок 9- Участок после наплавки

2.4 Механическая обработка

Следующая операция это механическая обработка, которая производится на токарном станке модели 1А616 а затем на фрезерном 6В75. На токарном станке необходимо снять припуски заложенные на обработку зуба с трех его сторон, до чистовых размеров по диаметру и толщине обода с точностью 0,1 мм. Режимы резания при токарной обработке установить на 250об/мин и подачу на 0.1мм/об. Последующая обработка ведется на универсально фрезерном станке 6В75 с использованием универсальной делительной головки (УДГ-160) и фрезы необходимого модуля и номера, в данном случае модуль 2 №7. Необходимо выставить предварительно проточенную заготовку с минимальным биением в делительной головке. После чего следует обнулиться от целых зубьев (при их наличии) и нарезать зубья на участках где производилась наплавка. Режимы резания при фрезеровке установить на 150об/мин и подачу 17мм/мин.

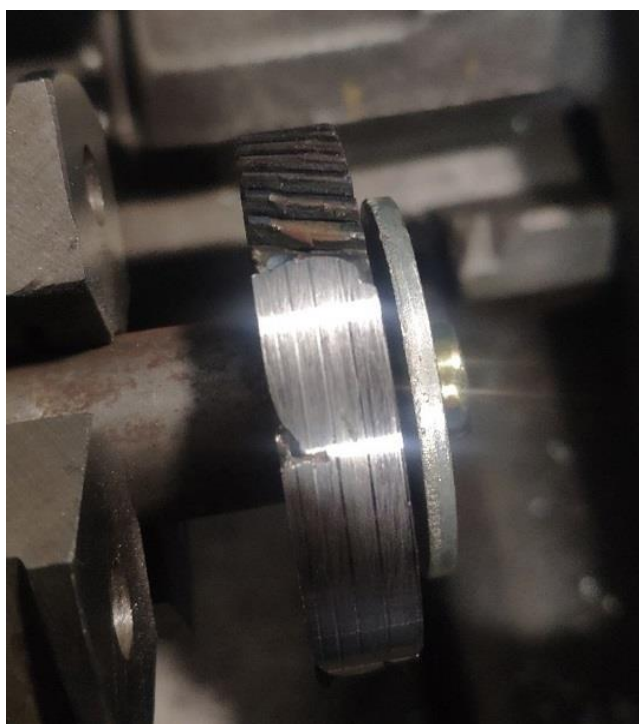


Рисунок 10- Зубчатое колесо после токарной обработки

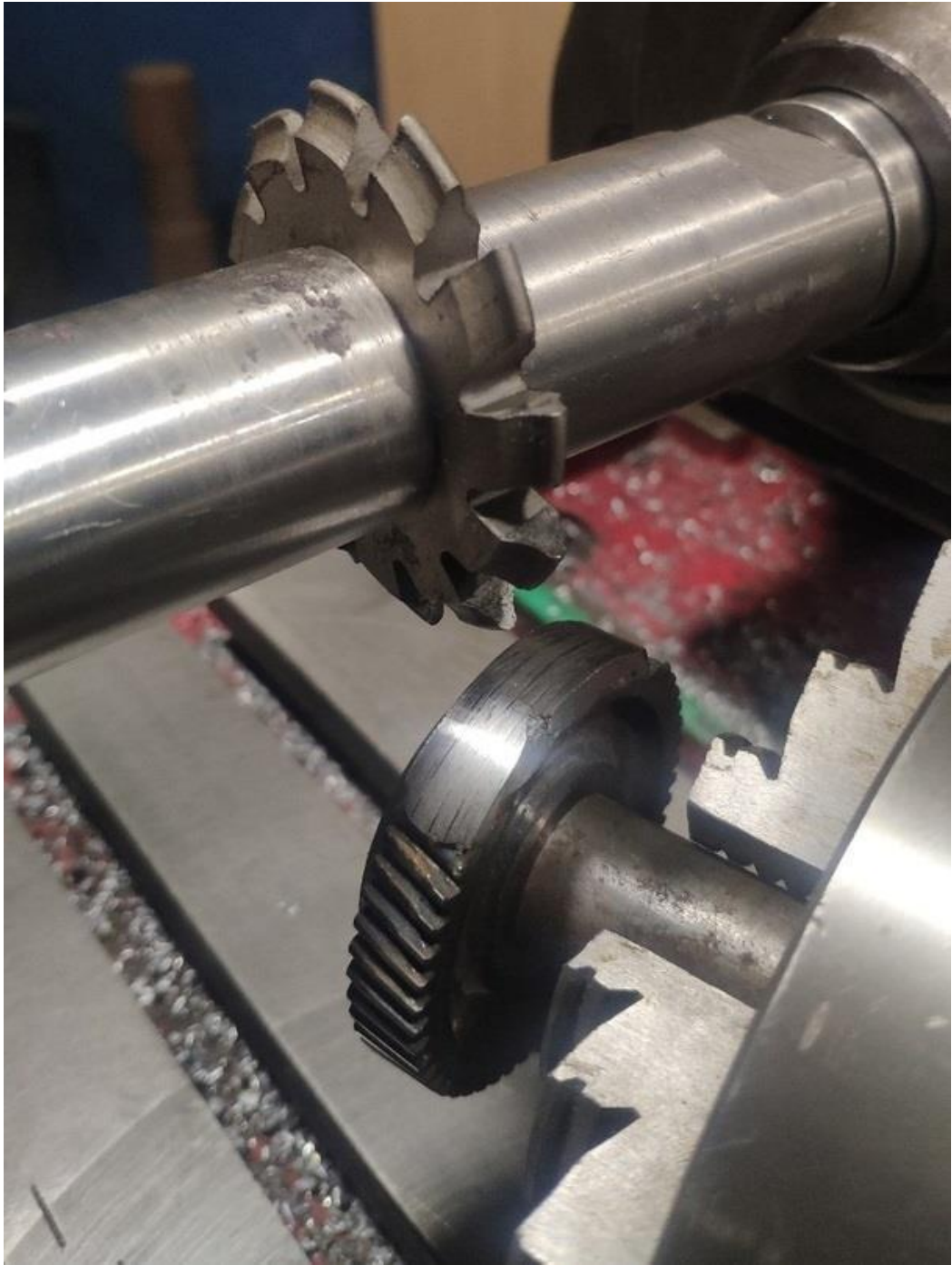


Рисунок 11- Процесс нарезания зубьев

2.5 Термообработка

После механической обработки произвести закалку. Зубчатое колесо нагреть до 840°C и остудить в масле, потом поместить заготовку в муфельную печь МП-2УМ (для отпуска) разогретую до 300-350°C. «Отпуск проводить 1 час, а после остудить в воде. Данная операция уменьшит вероятность появления холодных трещин и снимет внутренние напряжения, возникшие в процессе сварки и закалки.»[7]



Рисунок 12- Термообработка

2.6 Контроль качества

Следующим этапом проводится визуальный контроль 100% зубьев, с использованием лупы с увеличением в 3-7 раз в помещении при освещении не менее 500Лк. «Целью осмотра является поиск дефектов наплавки проявившихся при обработке и заусенцев после механической обработки. При

обнаружении заусенцев их следует зачистить.» [8] В случае же если были обнаружены трещины или непровары, следует повторить все этапы обработки на местах обнаружения дефектов.



Рисунок 13- Контроль качества

Последняя операция это контроль твердости при помощи электронного твердомера Leeb (рисунок 20). Необходимо произвести замер твердости нескольких заводских зубьев и сравнить с твердостью восстановленных. Твердость не должна отличаться более чем на 15%.

3 Выбор оборудования для восстановления зубчатого колеса коробки подач токарного станка

3.1 Углошлифовальная машина

Углошлифовальная машина Makita GA6021C (рисунок 14) это ручной инструмент позволяющий выполнять широкий спектр задач по обработке различных материалов. В данном случае он будет применяться для удаления изношенных зубьев и зачистки металла перед наплавкой.



Рисунок 14 - Углошлифовальная машина Makita GA6021C

Технические характеристики углошлифовальной машины: 1) Мощность - 1450 Вт; 2) Частота вращения - 9000 об/мин; 3) Напряжение - 220 В; 4) Диаметр диска - 150 мм.

3.2 Сварочный аппарат

Инверторный сварочный аппарат СВАРОГ PRO MIG 200 (рисунок 15) предназначен для сварки в среде защитных газов плавящейся проволокой сечением до 1 мм. Имеет встроенный механизм подачи проволоки вмещающий катушки от 1 до 5 кг.

Технические характеристики: 1) Скорость подачи проволоки 90-961 м/ч; 2) Сварочный ток 30 - 200 А; 3) Напряжение питания – 220В; 4) Диаметр подаваемой проволоки - 0,6-1,0 мм; 5) Напряжение холостого хода 50В; 6) MIG/MAG ток при ПВ 100% 155 А; 7) Габаритные размеры – 470x190x315 мм; 8) Вес 13.30 кг.



Рисунок 15 – Сварочный инвертор СВАРОГ PRO MIG 200

3.3 Муфельная печь

Муфельная печь МП-2УМ (рисунок 16) предназначена для термической обработки различных изделий, в частности закалки и отпуска стальных узлов механизмов.



Рисунок 16 – Муфельная печь МП-2УМ

Технические характеристики: 1) Мощность — 2600 ± 200 Вт; 2) Рабочая среда — воздух; 3) Напряжение питания — 220В; 4) Максимальная рабочая температура — 1000°C ; 5) Время разогрева незагруженной электропечи до максимальной температуры, не более — 140 мин; 6) Точность поддержания температуры при 1000°C — $\pm 14^{\circ}\text{C}$; 7) Размеры рабочего пространства 245x170x90мм; 8) Габаритные размеры — 460x515x450мм.

3.4 Токарно винторезный станок 1А616

Токарный станок 1А616 предназначен для токарной обработки относительно небольших деталей, фланцев и других сравнительно коротких диаметром до $\varnothing 320$ мм а также валов диаметром до 180мм из различных материалов быстрорежущими и твердосплавными инструментами в условиях индивидуального и серийного производства. «Станок способен нарезать метрические, дюймовые, модульные и питчевые резьбы.» [9]



Рисунок 17 – Токарно-винторезный станок 1а616

Технические характеристики: 1) Максимальный диаметр обработки над станиной 320мм; 2) Максимальный диаметр обработки над суппортом 180мм; 3) Наибольшая длина заготовки, обрабатываемой в центрах 710мм; 4) Мощность электродвигателя 4,5Квт; 5) Масса станка 1500кг; 6) Габаритные размеры 2135 x 1225 x 1220мм.

3.5 Широкоуниверсальный инструментальный фрезерный станок 6В75

«Фрезерный станок модели 6В75 предназначен для фрезерования деталей цилиндрическими, дисковыми и фасонными фрезами при помощи горизонтального шпинделя, и торцовыми, концевыми и шпоночными фрезами при помощи поворотного вертикального шпинделя, который при необходимости может быть повернут под углом.

Обрабатываемая деталь может быть установлена на основном столе с вертикальной рабочей плоскостью или на угловом столе с горизонтальной рабочей плоскостью. Для обработки наклонных поверхностей деталь может устанавливаться на универсальном столе.

Станок 6В75 применяется в единичном и мелкосерийном производстве в инструментальных и механических цехах машиностроительных предприятий.» [23]



Рисунок 18 – Фрезерный станок 6В75

Технические характеристики: 1) Наибольшее продольное перемещение стола 250мм; 2) Наибольшее поперечное перемещение шпиндельной бабки 150мм; 3) Наибольшее вертикальное перемещение стола 290мм; 4) Диапазон оборотов 95-1860об/мин; 5) Конус в вертикальном и горизонтальном шпинделях Морзе 4; 6) Мощность электродвигателя 1.7Квт; 7) Масса станка 855кг; 8) Габаритные размеры 1150x1100x1600мм.

3.6 Универсальная делительная головка 160

«Универсальная делительная головка (УДГ) применяется для деления на равномерные части и закрепления обрабатываемых деталей. Универсальная делительная головка широко используется в механической обработке для изготовления инструментов, запчастей и других деталей.»[10] Она обеспечивает точность и высокую производительность в процессе деления деталей. При нарезании зубчатых колес все зубья будут располагаться равномерно и иметь одинаковую форму.



Рисунок 19 – Делительная головка УДГ-160

Технические характеристики: 1) Максимальный диаметр заготовки

160мм; 2) Передаточное отношение червячной передачи 1 к 40; 3) Диаметр сквозного отверстия шпинделя 14.9мм; 4) Диаметр патрона 100мм; 5) Конус шпинделя Морзе 2; 6) Диапазон деления 2-400; 7) Масса 35.5кг; 8) Габаритные размеры основания 212x156мм.

3.7 Цифровой твердомер Leeb

Цифровой твердомер позволяет определять твердость различных материалов с высокой точностью а также позволяет производить измерения непосредственно на месте, что весьма удобно в случае если измеряемая деталь габаритная.



Рисунок 20- Твердомер Leeb

Технические характеристики: 1) Диапазон измерения: (170-960)HLD, (17-68,5) HRC (19-651)HB, (80-976)HV, (30-100)HS, (59-85)HRA, (13-100)HRB; 2) Разрешение: 1HL, 1HV, 1HB, 0.1HRB, 0.1HRC, 0.1HS; 3) Измеряемые Материалы: сталь, легированная инструментальная сталь, нержавеющая сталь, серый чугун, алюминий, латунь, бронза; 4) Непрерывный период работы около 100 часов (с выключенной подсветкой).

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологические и организационно-технические характеристики восстановления зубчатого колеса

Тема выпускной квалификационной работы: Технологический процесс восстановления зубчатого колеса коробки передач токарного станка. Цех, в условиях которого будет реализован технологический процесс восстановления зубчатого колеса должен иметь шесть рабочих зон: зону абразивной обработки; обезжиривания; сварочно-наплавочный участок; участок термообработки; механической и зона контроля качества. (рисунок 20).

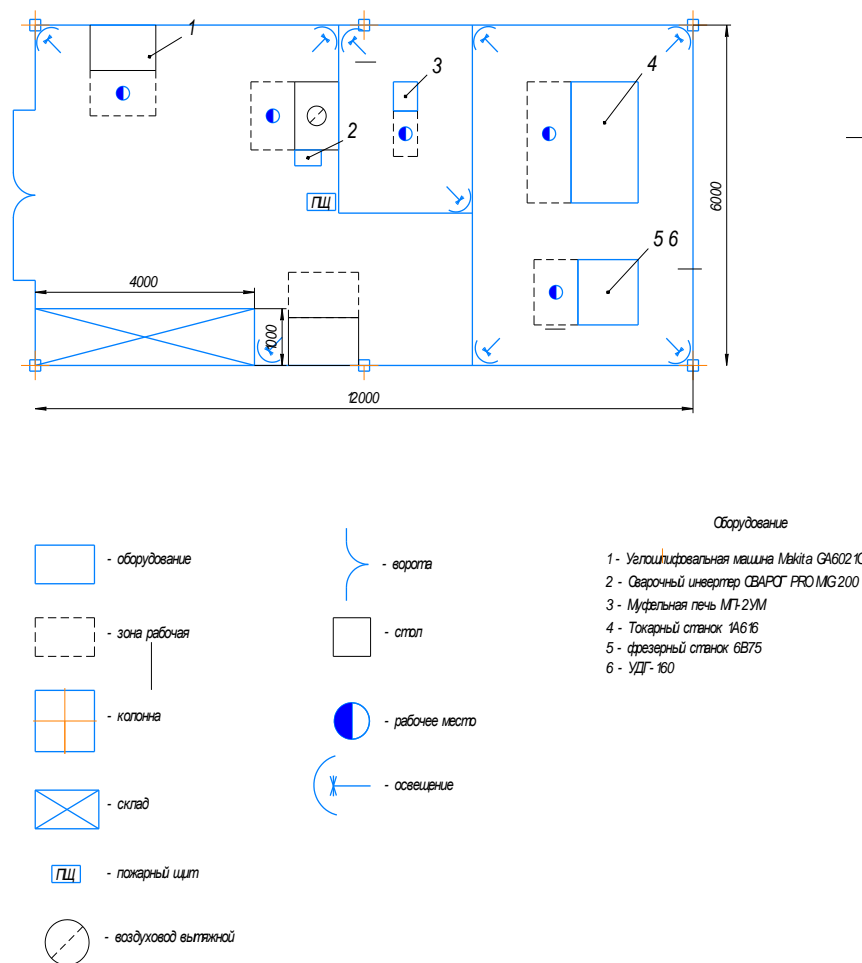


Рисунок 21 – Планировка участка восстановления зубчатого колеса

Таблица 4 – «Технологический паспорт восстановления зубчатого колеса» [4]

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [11]	Оборудование, техническое устройство, приспособления	Материалы, вещества
Технологический процесс восстановления зубчатого колеса коробки передач токарного станка	Удаление изношенных зубьев	Слесарь-ремонтник	Углошлифовальная машина Makita GA6021C	Круг зачистной "луга" 150x6x22
Технологический процесс восстановления зубчатого колеса коробки передач токарного станка	Обезжиривание	Слесарь-ремонтник	Ванна, металлическая щетка	ацетон H ₂ SO ₄ , H ₂ O
Технологический процесс восстановления зубчатого колеса коробки передач токарного	Наплавка	Электросварщик	СВАРОГ PRO MIG 200	Нп-30ХГСА диаметром 1мм
Технологический процесс восстановления зубчатого колеса коробки передач токарного	Механическая обработка	Токарь-фрезеровщик	Токарный станок 1А616 фрезерный станок 6В75 Фреза модуль 2 №7 УДГ-160	
Технологический процесс восстановления зубчатого колеса коробки передач токарного	Термообработка	Термист	Муфельная печь МП-2УМ щипцы	-

4.2 Определение профессиональных рисков

Таблица 5 – «Определение профессиональных рисков» [4]

«Производственно-технологическая и или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [12]	Опасный и или вредный производственный фактор	Источник опасного и или вредного производственного фактора
Удаление изношенных зубьев	-вращающиеся части инструмента -повышенной уровень вибрации -повышенный уровень шума -повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	Углошлифовальная машина Makita GA6021C
Обезжиривание	-возможность получение химических ожогов -опасные для вдыхания пары	ацетон H ₂ SO ₄ ,
Наплавка	- брызги расплавленного металла; -повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; -возможность поражения электрическим током -высокая температура оборудования и заготовок -инфракрасное и ультрафиолетовое излучение	-СВАРОГ PRO MIG 200 -сварочная дуга -нагретые заготовки
Механическая обработка	-вращающийся инструмент -подвижные и вращающиеся части станков	-Металлорежущие станки
Термообработка	-высокая температура оборудования и заготовок	-Муфельная печь МП-2УМ -нагретые заготовки

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 6 – «Технологические и организационные мероприятия по снижению профессиональных рисков» [4]

«Опасный и или вредный производственный фактор» [4]	«Методы и средства, применяемые для организационной и технической защиты от опасных и вредных производственных факторов» [4]	«Средства индивидуальной защиты работника» [4]
-вращающийся инструмент -подвижные и вращающиеся части станков	применение защитных щитков на оборудовании, Размещение ограждений и табличек предотвращающих приближение неквалифицированного персонала в опасные зоны.	Знание ТБ
-повышенную уровень вибрации	применение вибропоглощающих покрытий, приводящих к снижению интенсивности пространственной вибрации конструкции за счет рассеяния энергии механических колебаний, общее время контакта с вибрирующими машинами на протяжении смены не должно превышать 2/3 длительности рабочего дня	Рукавицы с защитными прокладками
-повышенный уровень шума	применение средств индивидуальной защиты органов слуха от воздействия шума, проведение предварительных и периодических медицинских осмотров	Шумоподавляющие наушники
-возможность поражения электрическим током	обеспечение безопасности путем создания системы защитного заземления, проведение регулярных инструктажей по технике безопасности и проверка электропроводки в периодическом порядке	Спецодежда, Резиновый коврик
-повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	установка в рабочей зоне вытяжной вентиляции	респиратор, защитные очки

Продолжение таблицы 6

«Опасный и или вредный производственный фактор» [4]	«Методы и средства, применяемые для организационной и технической защиты от опасных и вредных производственных факторов» [4]	«Средства индивидуальной защиты работника» [4]
-контакт с агрессивными жидкостями и их парами	Установка в рабочей зоне вытяжной вентиляции	резиновые перчатки, респиратор, защитные очки
-высокая температура оборудования и заготовок	проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности, размещение ограждений и табличек предотвращающих приближение неквалифицированного персонала в опасные зоны.	Сварочные краги
инфракрасное и ультрафиолетовое излучение	применение защитных экранов	Сварочная маска, спецодежда

4.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 7 – «Определение классов и опасных факторов пожара» [4]

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Зона абразивной обработки	Углошлифовальная машина Makita GA6021C	пожары, связанные с воспламенением и горением твердых горючих веществ и материалов (А) а также пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением (Е)	пламя и искры	Попадание искр от абразивной обработки на легковоспламеняющиеся предметы, Возгорание электрической проводки при ее повреждении

Продолжение таблицы 7

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Зона обезжиривания	Ацетон	пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением (Е)	повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; снижение видимости в дыму (на задымленных участках производства).	образующиеся токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенного пожаром оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества горящего технического объекта; опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара
Зона сварки и наплавки	Сварочный аппарат СВАРОГ PRO MIG 200	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е);	пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; снижение видимости в дыму (на задымленных участках производства).	образующиеся токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенного пожаром оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества горящего технического объекта; опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара

Продолжение таблицы 7

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Термообработка	Муфельная печь МП-2УМ	пожары, связанные с воспламенением и горением твердых горючих веществ и материалов (А) а также пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением (Е)	повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; снижение видимости в дыму (на задымленных участках производства).	образующиеся токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенного пожаром оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества горящего технического объекта

Таблица 8 – «Технические средства обеспечения пожарной безопасности» [4]

«Первичные средства пожаротушения» [4]	«Мобильные средства пожаротушения» [4]	«Стационарные установки системы пожаротушения» [4]	«Средства пожарной автоматики» [4]	«Пожарное оборудование» [4]	«Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре» [4]	«Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)» [4]	«Пожарные сигнализация, связь и оповещение» [4]
Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Пожарные автомобили (вызываются)	Нет необходимости	Нет необходимости	Нет необходимости	План эвакуации	Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Кнопка оповещения

Таблица 9 – «Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» [4]

«Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта» [4]	«Наименование видов, реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий» [4]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [4]
Зона сварки и наплавки	Обучение персонала производственного участка мерам организационной и технической защиты от опасных и вредных производственных факторов, включая правила предотвращения возгораний и инструкции по действиям в случае возникновения пожара.	Работники производственного участка должны быть обучены мерам организационной и технической безопасности, включая предотвращение возгораний и инструкции по действиям в случае пожара. Кроме того, на участке должны быть наличие первичных средств пожаротушения в достаточном количестве и установлены защитные экраны, чтобы предотвратить разлет искр.

4.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 10 – «Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений» [4]

Анализируемый технологический процесс [4]	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса [4]	Факторы, негативно влияющие на атмосферу [4]	Факторы, негативно влияющие на гидросферу [4]	Факторы, негативно влияющие на литосферу [4]
Наплавка зубчатых колес	Удаление изношенных зубьев, Обезжиривание, Наплавка, Термообработка, Механическая Обработка, Контроль качества	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Загрязненные растворы кислот и растворителей;	Выделяющиеся в процессе абразивной обработки мелкие частицы металла и абразива; , мусор – бытовой и производственный.

Таблица 11– «Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений» [4]

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду. [4]	Необходимо установить фильтры в вентиляционную систему, которые смогут задерживать продукты, выделяемые при горении дуги.
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду. [4]	Необходимо обеспечить правильную утилизацию загрязненных жидкостей на соответствующих производствах. Контролировать возможные утечки в гидросистеме оборудования и незамедлительно устранять их.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу [4]	На участке сварки необходимо установить емкости для сбора отходов производственного цикла и провести повторные инструктажи с подробным разъяснением необходимости складирования отходов в установленные емкости.

4.6 Заключение по разделу

В данном разделе выпускной квалификационной работы проводился анализ возможных негативных последствий, связанных с внедрением предложенных технологических решений, на рабочий персонал и окружающую среду. В результате исследования было установлено, что стандартные средства защиты позволяют достичь требуемого уровня безопасности и санитарии производства при осуществлении проектного технологического процесса.

Также был проведен анализ экологичности предложенных технических решений. Выяснилось, что процесс наплавки может оказывать негативное воздействие на окружающую среду, в частности на атмосферу, гидросферу и литосферу. Однако, были предложены меры по снижению воздействия на окружающую среду, что позволит минимизировать негативные последствия данного процесса.

Таким образом, проведенный анализ позволил выявить возможные риски и определить меры по их устранению или уменьшению. Внедрение предложенных решений позволит снизить негативное влияние, что является важным аспектом в современном производстве.

5 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы

5.1 Исходная информация для выполнения экономических расчётов

Таблица 12 – Цена оборудования и материалов

Наименование показателей	Базовый вариант	Проектный вариант
Цена 1 кг материала изделия Сталь 40х	60 руб./кг	60 руб./кг
Цена 1 кг: - электродов УОНИИ-13/55 - сварочной проволоки Нп-30ХГСА	250 руб./кг -	- 460 руб./кг
Цена сварочного оборудования: - Сварочный аппарат инверторный Ресанта САИ-220ПРО - Полуавтомат СВАРОГ PRO MIG 200	14000 руб. -	- 70000 руб.
Цена металлорежущего оборудования: -Токарный станок 1А616 -Фрезерный станок 6В75 -Универсальная делительная головка УДГ 160	90000 руб. 120000 руб. 20000 руб.	90000 руб. 120000 руб. 20000 руб.
Цена оборудования для термообработки - Муфельная печь МП-2УМ	15000 руб.	15000 руб.

Таблица 13 – «Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса» [5]

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
Количество рабочих смен в день, необходимых для выполнения рассматриваемой работы	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		IV	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	500	500

Продолжение таблицы 13

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Базовая технология	Проектная технология
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	Ксн	%	30	30
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	На	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	На.пл.	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	м ²	72	72
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	Цпл	Р/м ²	30000	30000

Продолжение таблицы 13

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Базовая технология	Проектная технология
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м2)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	0	0
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса:	Цоб	Руб.	261000	315000
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	20	20
Принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,23	3,23

Продолжение таблицы 13

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Базовая технология	Проектная технология
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,8	0,85
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

5.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

«Размер временного резерва, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе, по основным и конструктивным возможностям можно определить по формуле» [5]:

$$F_{\text{н}} = (D_{\text{р}} \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{п}} \cdot T_{\text{п}}) \cdot K_{\text{см}} \quad (1)$$

где « $T_{\text{см}}$ – продолжительность рабочей смены в часах» [5];

« $D_{\text{р}}$ – общее число рабочих дней в календарном году» [5];

« $D_{\text{п}}$ – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году» [5];

« $T_{\text{п}}$ – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день» [5];

« $K_{\text{см}}$ – количество рабочих смен» [5].

«После подстановки в формулу (1) численных значений соответствующих переменных, получим» [5]:

$$F_{\text{н}} = (261 \cdot 8 - 21 \cdot 1) \cdot 1 = 2067 \text{ ч.}$$

«Расчет эффективного фонда наработки сварочного оборудования, участвующего в выполнении операций технологического процесса по основным и конструктивным возможностям, можно определить по формуле» [5]:

$$F_{\text{э}} = F_{\text{н}}(1 - B/100). \quad (2)$$

где « B – процент планируемых потерь рабочего времени» [5].

«После подстановки в формулу (2) численных значений соответствующих переменных, получим» [5]:

$$F_{\text{э}} = 2067 \cdot (1 - 7/100) = 1922 \text{ ч.}$$

5.3 Расчёт штучного времени

«Общее время на выполнение сварочной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы» [5]:

$$T_{\text{св}} = t_{\text{ОСН}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П-З}} \quad (3)$$

«где $t_{\text{шт}}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [5];

« $t_{\text{осн}}$ – основное время - количество времени в часах, которое сотрудники затрачивают на выполнение основной операции технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями. Определяется по формуле» [5]:

$$T_{\text{осн}} = L_{\text{шв}} / V_{\text{шв}} \quad (4)$$

где $L_{шв}$ - сумма длин всех швов, м $\sum L_{шв} = 0.48$ м;

$V_{св}$ - скорость сварки (проектируемый вариант), м/ч, $V_{св} = 13$ м/ч;

$V_{св}$ — скорость сварки (базовый вариант), м/ч, $V_{св} = 5$ м/ч.

Определяем основное время по формуле (4) для обоих вариантов:

$$t_{ОСНбаз} = 0.48/5 = 0.1 \text{ ч.}$$

$$t_{ОСНпроект} = 0.48/13 = 0,037 \text{ ч.}$$

« $t_{ВСП}$ – вспомогательное время - количество времени в часах, которое сотрудники будут затрачивать на выполнение подготовительных операций технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями, определяется в процентах от машинного времени: $t_{ВСП} = 10\%$ от $t_{ОСН}$ » [5];

« $t_{ОБСЛ}$ – наработка - количество времени в часах, которое будет определять обслуживающий персонал, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и конструктивному вариантам, определяется в процентах от машинного времени: $t_{ОБСЛ} = 5\%$ от $t_{ОСН}$ » [5];

« $t_{ОТЛ}$ – время личный досуг - объем-время в часах, которое будет затрачено работником на обеспечение личных потребностей в отпуске при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определяется в процентах от машинного времени: $t_{ОТЛ} = 5\%$ от $t_{ОСН}$ » [5];

« $t_{П-3}$ – время подготовки-финальное - количество времени в часах, которое будет определено сотрудником для выполнения подготовки - окончательная операция технологического процесса по базовому и конструктивному вариантам, определяется в процентах от машинного времени: $t_{П-3} = 1\%$ от $t_{ОСН}$.» [5].

«После подстановки в формулу (3) численных значений соответствующих переменных, получим» [5]:

$$T_{св.баз} = 0,1 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,121 \text{ ч.}$$

$$T_{св.проектн.} = 0,037 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,045 \text{ ч.}$$

$$T_{\text{общ}} = T_{\text{св.}} + t_{\text{мех}}$$

$$t_{\text{мех}} = 2,5 \text{ ч.}$$

$$T_{\text{шт.баз}} = 0,121 + 2,5 = 2,621 \text{ ч.}$$

$$T_{\text{шт.проектн}} = 0,037 + 2,5 = 2,537 \text{ ч.}$$

«Расчет годовой программы сварочных работ по рассматриваемому технологическому процессу по основному и конструктивному вариантам возможен по формуле» [5]:

$$П_{\Gamma} = F_{\text{э}} / t_{\text{шт.}} \quad (5)$$

«где $F_{\text{э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [5];

« $t_{\text{шт}}$ – штучное время в часах, которое затрачивает работник на одно изделие по базовому и проектному вариантам технологии» [5];

«После подстановки в формулу (5) численных значений соответствующих переменных, получим» [5]:

$$П_{\Gamma.\text{баз.}} = 1922/2,621 = 733 \text{ за год;}$$

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 1922/2,537 = 757 \text{ за год.}$$

«Дальнейшие расчеты проведем для определения экономической эффективности предлагаемых решений на основе годовой программы $П_{\Gamma} = 700$ шестерней в год» [5].

«Необходимое количество сварочного оборудования, которое будет использовано при выполнении операций технологического процесса согласно основным и конструктивным возможностям, рассчитывается по формуле» [5]:

$$n_{\text{расч}} = t_{\text{шт}} \cdot П_{\Gamma} / (F_{\text{э}} \cdot K_{\text{вн}}). \quad (6)$$

где « $П_{\Gamma}$ – годовая программа – принятое ранее количество изделий, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [5];

« $t_{шт}$ – штучное время - количество времени в часах, которое будет затрачено сотрудниками на выполнение всех операций технологического процесса согласно базовым и проектным возможностям» [5];

« $Fэ$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [5];

« $K_{вн}$ – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы, (для базового и проектного варианта технологий принимаем $K_{вн} = 1,03$)» [5].

«После подстановки в формулу (6) численных значений соответствующих переменных, получим» [5]:

$$n_{расч. б.} = 2,621 \cdot 700 / (1922 \cdot 1,03) = 0,93;$$

$$n_{расч. пр.} = 2,537 \cdot 700 / (1922 \cdot 1,03) = 0,9.$$

«Исходя из расчета по определению эффективного функционального рабочего времени на единицу оборудования, времени, которое будет затрачено рабочими на выполнение всей работы технологического процесса, основных возможностей и возможностей в проекте, можно сделать вывод о необходимом количестве и сварочное оборудование. Для реализации ключевой технологии необходимо использовать штучное производственное оборудование. Для реализации технологии проекта необходимо использовать единое производственное оборудование» [5].

«Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле» [5]:

$$K_z = n_{расч} / n_{пр}. \tag{7}$$

где « $n_{расч}$ – полученное согласно (6) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [5];

« $n_{пр}$ – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [5].

«После подстановки в формулу (7) численных значений соответствующих переменных, получим» [5]:

$$K_{зб} = 0,93/1 = 0,93;$$

$$K_{зн} = 0,9/1 = 0,9.$$

5.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии

«Сварочные изделия являются подходящими сварочными материалами. Базовая технология сварки предполагает использование ручной дуговой сварки покрытым электродом. Технология проекта предусматривает использование механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. Стоимость сварочных материалов, которые будут использоваться при выполнении операций, исходя из технологического процесса и возможностей проекта, рассчитывается по формуле» [5]:

$$M = C_m + K_{т-з}. \quad (8)$$

где « C_m – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ» [5];

« $K_{т-з}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент затрат на оборудование по затратам на транспорт и подготовку» [5].

«После подстановки в формулу (8) численных значений соответствующих переменных, получим» [5]:

$$M_{\text{баз.}} = 250 + 12.5 = 262.5 \text{ рублей.}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 460 + 23 = 483 \text{ рублей.}$$

«Объём фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ » [5].

«Объём $Z_{\text{осн}}$ основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы» [5]:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{ит}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (9)$$

где « $C_{\text{ч}}$ – утверждённая часовая тарифная ставка работника» [5];

« $K_{\text{д}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате» [5].

«После подстановки в формулу (9) численных значений соответствующих переменных, получим» [5]:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 2.621 \cdot 500 \cdot 1,88 = 2463,74 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 2,537 \cdot 500 \cdot 1,88 = 2384,78 \text{ руб.}$$

«Объём $Z_{\text{доп}}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы» [5]:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}} / 100. \quad (10)$$

где « $K_{\text{доп}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы» [5].

«После подстановки в формулу (10) численных значений соответствующих переменных, получим» [5]:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 2463,74 \cdot 12/100 = 295,65 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 2384,78 \cdot 12/100 = 286,17 \text{ руб.};$$

$$\PhiЗП_{\text{базов.}} = 2463,74 + 295,65 = 2759,39 \text{ руб.};$$

$$\PhiЗП_{\text{проектн.}} = 2384,78 + 286,17 = 2670,95 \text{ руб.}$$

«Объём $O_{\text{сн}}$ отчислений на страховые взносы определим расчётным путём с использованием формулы» [5]:

$$O_{\text{сн}} = \PhiЗП \cdot K_{\text{сн}}/100. \quad (11)$$

где « $K_{\text{сн}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на страховые взносы» [5].

«После подстановки в формулу (11) численных значений соответствующих переменных, имеем» [5]:

$$O_{\text{сн.баз.}} = 2759,39 \cdot 30/100 = 827,82 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{сн.проектн.}} = 2670,95 \cdot 30/100 = 801,29 \text{ руб.}$$

«Объём $Z_{\text{об}}$ финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы» [5]:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{ээ}}. \quad (12)$$

«где $A_{\text{об}}$ – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического

процесса по базовому и проектному вариантам» [5];

« $P_{э-э}$ – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [5].

«Финансовые потери от износа оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [5]:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot N_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100} \quad (13)$$

где « $C_{об}$ – цена оборудования, задействованного в операциях технологического процесса, по основным и конструктивным возможностям, определяемая по каталогам компаний в сети Интернет» [5];

« N_a – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [5];

« $t_{МАШ}$ – машинное время - количество времени в часах, которое будет затрачено сотрудниками на выполнение основной операции технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями» [5];

« $F_э$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [5].

«После подстановки в формулу (13) численных значений соответствующих переменных, имеем» [5]:

$$A_{об.б} = \frac{261000 \cdot 21.5 \cdot 3}{1922 \cdot 100} = 76,52 \text{ рублей}$$

$$A_{об.пр} = \frac{315000 \cdot 21.5 \cdot 2.42}{1922 \cdot 100} = 89,39 \text{ рублей}$$

«Стоимость электроэнергии при проведении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определяется расчетным методом по формуле» [5]:

$$P_{\text{эз}} = M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot \Pi_{\text{эз}} / \text{КПД}. \quad (14)$$

где « $M_{\text{уст}}$ – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [5];

« $\Pi_{\text{э-э}}$ – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [5];

«КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [5].

«После подстановки в формулу (14) численных значений соответствующих переменных, имеем» [5]:

$$P_{\text{э-э.б}} = \frac{20 \cdot 2,621 \cdot 3,23}{0,8} = 211,65 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{э-э.пр}} = \frac{20 \cdot 2,537 \cdot 3,23}{0,85} = 192,81 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{об.баз.}} = 76,52 + 211,65 = 288,17 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{об.проектн.}} = 89,39 + 192,81 = 282,2 \text{ рублей}$$

«Значение $C_{\text{тех}}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [5]:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + \text{Осн} + Z_{\text{Об.}} \quad (15)$$

«После подстановки в формулу (15) численных значений соответствующих переменных, имеем» [5]:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 262,5 + 2759,39 + 827,82 + 288,17 = 4137,88 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 483 + 2670,95 + 801,29 + 282,2 = 4237,44 \text{ руб.}$$

«Значение $C_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [5]:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}} \quad (16)$$

где « $K_{\text{цех}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю производственных затрат при выполнении операций технологического процесса по основным и проектным возможностям» [5].

«После подстановки в формулу (16) численных значений соответствующих переменных, имеем» [5]:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 4137,88 + 1,5 \cdot 2463,74 = 4137,88 + 3695,61 = 7833,49 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 4237,44 + 1,5 \cdot 2384,78 = 4237,44 + 3577,17 = 7814,61 \text{ руб.}$$

«Значение $C_{\text{зав}}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [5]:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав.}} \quad (17)$$

где « $K_{\text{зав}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [5].

«После подстановки в формулу (17) численных значений соответствующих переменных, имеем» [5]:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 7833,49 + 1,15 \cdot 2463,74 = 7833,49 + 2833,3 = 10666,79 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 7814,61 + 1,15 \cdot 2384,78 = 7814,61 + 2742,5 = 10557,1 \text{ руб.}$$

«Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 17» [5].

Таблица 14 – «Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки» [5]

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Базовый	Проектный
1. Материалы	<i>М</i>	262,5	483
2. Фонд заработной платы	<i>ФЗП</i>	2759,39	2670,95
3. Отчисление на соц. нужды	<i>Осн</i>	827,82	801,29
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	288,17	282,2
5. Себестоимость технологич.	<i>Стехн</i>	4137,88	4237,44
6. Себестоимость цеховая	<i>Сцех</i>	7833,49	7814,61

7. Себестоимость заводская	<i>С_{зав}</i>	10666,79	10557,1
----------------------------	------------------------	----------	---------

5.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

«Значение $K_{\text{общ}}$ капитальные затраты, которые потребуются для выполнения технологических операций над базовыми и проектными вариантами, определяются расчетным путем по формуле» [5]:

$$K_{\text{общ. б.}} = Ц_{\text{ОБ.Б.}} \cdot K_{\text{з.б.}} \quad (18)$$

где « $K_{\text{з}}$ – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования» [5];

« $Ц_{\text{ОБ.Б.}}$ – остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования» [5];

« n – приобретенное ранее количество единиц технологического оборудования, для выполнения технологических операций в базовом и конструктивном вариантах» [5].

«Величину $Ц_{\text{ОБ.Б.}}$ остаточная стоимость технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определяется расчетным методом по формуле» [5]:

$$Ц_{\text{об.б.}} = Ц_{\text{ПЕРВ.}} - (Ц_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100). \quad (19)$$

где « $Ц_{\text{ПЕРВ.}}$ – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [5];

« $T_{\text{СЛ}}$ – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту» [5];

« N_A – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [5].

«После подстановки в формулу (18) и (19) численных значений соответствующих переменных, имеем» [5]:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Баз.}} = 14000 - (14000 \cdot 5 \cdot 21,5/100) = -1050 \text{ руб.};$$

$$\text{К}_{\text{ОБЩ.Баз.}} = -1050 \cdot 0,93 = -976,5 \text{ руб.}$$

«Величину $\text{К}_{\text{ОБЩ.ПР}}$ суммарные капитальные затраты на выполнение операций технологического процесса в технологии проекта определяем расчетным способом по формуле» [5]:

$$\text{К}_{\text{общ. пр.}} = \text{К}_{\text{об. пр.}} + \text{К}_{\text{пл. пр.}} + \text{К}_{\text{соп.}} \quad (20)$$

где « $\text{К}_{\text{ОБ.ПР}}$ – оценочная сумма капитальных вложений в оборудование, используемое для выполнения технологических операций в технологии проекта» [5];

« $\text{К}_{\text{ПЛ.ПР}}$ – предполагаемый объем капитальных вложений в производственные мощности, которые используются для выполнения технологических операций по технологии проекта» [5];

« $\text{К}_{\text{СОП.ПР}}$ – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии» [5].

«Объём $\text{К}_{\text{ОБ.ПР}}$ капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы» [5]:

$$\text{К}_{\text{об. пр.}} = \text{Ц}_{\text{об. пр.}} \cdot \text{К}_{\text{тз}} \cdot \text{К}_{\text{зп.}} \quad (21)$$

«После подстановки в формулу (21) численных значений соответствующих переменных, имеем:» [5].

$$\text{Ц}_{\text{об. пр.}} = 70000 \cdot 1,05 \cdot 0,9 = 66150 \text{ руб.}$$

«Объём $\text{К}_{\text{СОП}}$ сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса в технологии проекта определяется расчетным методом по формуле» [5]:

$$\text{К}_{\text{соп}} = \text{К}_{\text{дем}} + \text{К}_{\text{монт.}} \quad (22)$$

где « $\text{К}_{\text{ДЕМ}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии» [5];

« $\text{К}_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования» [5].

«Затраты $K_{ДЕМ}$ на демонтаж оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса на базовом исполнении, определяются расчетным способом по формуле» [5]:

$$K_{ДЕМ} = Ц_B \cdot K_{ДЕМ}. \quad (23)$$

где « $K_{ДЕМ}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж» [5].

«После подстановки в формулу (23) численных значений соответствующих переменных, имеем» [5]:

$$K_{ДЕМ} = 14000 \cdot 0 = 0 \text{ рублей.}$$

«Стоимость $K_{МОН}$ на установку оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по проектному варианту, мы определяем расчетным способом по формуле» [5]:

$$K_{монт} = Ц_{об. пр.} \cdot K_m. \quad (24)$$

где « $K_{МОНТ}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж» [5].

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формулах (5.22) и (5.24) имеем» [5]:

$$K_{монт} = 70000 \cdot 0 = 0 \text{ руб.}$$

$$K_{сop} = 0 + 0 = 0 \text{ руб.}$$

$$K_{общ. пр.} = 66150 + 0 = 66150 \text{ руб.}$$

«Размер $K_{ДОП}$ дополнительных капитальных вложений будет определяться расчетным способом по формуле» [5]:

$$K_{ДОП} = K_{ОБЩПР} - K_{ОБЩБ}. \quad (25)$$

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формуле (25) имеем» [5]:

$$K_{ДОП} = 66150 - (-976,5) = 67126,5 \text{ рублей.}$$

«Размер индивидуальных капитальных вложений будет определяться расчетным способом по формуле» [5]:

$$K_{уд} = K_{общ} / П_{г}. \quad (26)$$

где « $П_{г}$ – принятое значение годовой программы» [5].

$$K_{удБаз} = -976,5/700 = -1,4 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн} = 66150/700 = 94,5 \text{ руб./ед.}$$

5.6 Расчёт показателей экономической эффективности

«Сокращение трудозатрат при внедрении предложенных решений в производство определяется расчетным методом по формуле» [5]:

$$\Delta t_{ум} = (t_{ум б} - t_{ум пр}) \cdot 100 / t_{ум б}. \quad (27)$$

«После замены в формуле (27) числовых значений соответствующих переменных имеем:» [5].

$$\Delta t_{ум} = (2,621 - 2,537) \cdot 100 / 2,621 = 3,2 \text{ \%}.$$

«Прирост производительности труда Π_T при внедрении предложенных решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [5]:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (28)$$

«После подстановки в формулу (28) численных значений соответствующих переменных, имеем:» [5].

$$\Pi_T = (100 \cdot 3,2) / (100 - 3,2) = 3,3 \text{ \%}.$$

«Снижение технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по ранее определённым технологической себестоимости базового и проектного вариантов:» [5].

$$\Delta C_{тех} = (C_{тех.б.} - C_{тех.пр.}) \cdot 100\% / C_{тех.б.} \quad (29)$$

«После подстановки в формулу (29) численных значений соответствующих переменных, имеем» [5]:

$$\Delta C_{тех} = (4137,88 - 4237,44) \cdot 100 / 4137,88 = 2,4 \text{ \%}.$$

«Условная годовая экономия затрат (ожидаемая прибыль) при внедрении предложенного решения в производство будет определяться расчетным способом по формуле» [5]:

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = (C_{зав}^б - C_{зав}^{np}) \cdot Пг \quad (30)$$

«После замены в формуле (30) числовых значений соответствующих переменных имеем:» [5].

$$Э_{у.г.} = (10666,79 - 10557,1) \cdot 700 = 76783 \text{ руб.}$$

«Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении предлагаемых решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [5]:

$$Ток = Кдоп / Э_{у.г.} \quad (31)$$

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формуле (31) имеем:» [5].

$$Ток = 67126,5 / 76783 = 0,87 \text{ года}$$

«Годовой экономический эффект Эг на участке при внедрении предлагаемых решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [5]:

$$Эг = 76783 - Ен \cdot Кдоп. \quad (32)$$

«После подстановки в формулу (32) численных значений соответствующих переменных, имеем:» [5]

$$Эг = 85155 - 0,33 \cdot 67126,5 = 63003,26 \text{ руб.}$$

Заключение по экономическому разделу

Использование базового метода сварки, основанного на ручной дуговой сварке, характеризуется низкой производительностью. В связи с этим, было предложено включить механизированную сварку в защитных газах в проектную технологию, что привело к повышению производительности. Проведенные экономические расчеты показали, что эти меры являются эффективными: трудоемкость снижается на 3,2%, производительность труда увеличивается на 3,3%, а технологическая себестоимость уменьшается на 2,4%. В результате внедрения новых решений в производство можно получить годовую экономию в размере 77 тыс. рублей. Капитальные вложения, необходимые для замены оборудования, окупятся за 0,87 года. Учитывая вышесказанное, можно заключить, что предложенные решения эффективны и целесообразны для внедрения в производство.

Заключение

Данная выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности технологии восстановления зубчатого колеса коробки подач токарного станка. Исследование было проведено с целью улучшения качества и производительности сварочных операций при данной технологии. В ходе работы были сравнены два метода сварки: ручная дуговая сварка и механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения. Были определены оптимальные параметры режима сварки, выбраны необходимые сварочные материалы и предложено специальное сварочное оборудование, способствующее повышению производительности сборки и сварки. Также был проведен анализ проектной технологии сварки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Результаты работы показали, что внедрение предложенных решений позволит повысить эффективность восстановления зубчатого колеса коробки подач токарного станка и снизить затраты на производство. Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 63 тыс. рублей. Рекомендации по внедрению результатов работы в производство связаны с использованием дуговых способов сварки при восстановлении зубчатых колес коробки подач токарных станков. В итоге, данная работа достигла своей цели и предложенные решения могут быть успешно внедрены в производство, что позволит повысить эффективность и экономическую выгодность данного процесса.

Таким образом, данная работа является важным шагом в развитии технологии восстановления зубчатых колес коробки подач токарных станков и может быть использована в производстве для повышения его эффективности и экономической выгодности.

Список используемых источников

1. А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов Взаимозаменяемость стандартизация и технические измерения. Машиностроение, 1987, Учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и дополн.
2. Б.А. Кузьмин Технология металлов и конструкционные материалы. Издательство: Машиностроение, 1981.
3. ГОСТ 13733-77 Колеса зубчатые цилиндрические прямозубые и косозубые.
4. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: изд-во ТГУ, 2021.
5. Зубкова Н.В. – к.э.н., доцент. Учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов, обучающихся по специальности 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств». Тольятти: ТГУ, 2020. – 123
6. Климов. А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение»/А.С. Климов.- Тольятти: ТГУ , 2014.
7. Козулин.М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учеб-метод пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ, 2008-77 с.
8. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ по программам бакалавриата. - Тольятти: ТГУ, 2020-39 с.
9. Моторин К.В. Методические указания по курсовому проектированию бакалавров очного и заочного обучения. / К.В. Моторин .-Тольятти: ТГУ, 2021.
10. Н.В. Молодык А.С.Зенкин справочник. Восстановление деталей машин.
11. Степанов В.В Справочник сварщика. Издательство: Машиностроение, 1975.

12. Ю.М. Лахтин Учебник для металлургических специальностей и вузов. Изд. 2-е. Металловедение и термическая обработка металлов.
13. Baley, J.A. Genre de Ingeniería de Soldadura and Configuraciones de la punta del electrode de tungsten – vol. 5-6. – P. 1197–1208.
14. Dilthy U., Reisinger U., Stenke V. et al. Schutzgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995.
15. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
16. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
17. Wilson, D.V. Effect of strain aging on fatigue damage in low-carbon steel / D.V. Wilson, T.K. Tromans // Acta Metallurgica
18. <https://sterbrust.tech/spravochnik/materialovedenie/stal-40h.html>
19. <https://samsvar.ru/stati/avtomaticheskaya-svarka-v-srede-zacshitnyh-gazov.html>
20. https://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X
21. http://чспз.рф/catalog/2_30xgsa.html
22. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293851/4293851319.htm>
23. http://stanki-katalog.ru/sprav_6v75.htm