

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 кафедры)

05.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технология восстановления вала-шестерни установки гидроочистки
нефтепродуктов»

Студент

А.С. Цыганов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.И. Ковтунов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

«_____» _____ 20____ г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Существующие на данный момент технологические процессы обеспечивают полное или частичное устранение всех дефектов, позволяют произвести восстановление рабочих поверхностей деталей и выполнить подготовку изделия к дальнейшей эксплуатации. Но они сохраняют резервы для экономии финансовых активов, но также трудовых, и, конечно, материальных. Современные разрабатываемые технологии обеспечивают восстановление изношенных поверхностей с минимальными затратами материалов. Для дальнейшей обработки используются только финишные механические операции.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности восстановления изношенных деталей машин на примере вала-шестерни установки гидроочистки нефтепродуктов.

В работе решены следующие задачи:

- 1) выполнить оценку возможных способов восстановления детали;
- 2) произвести разработку технологического процесса, обеспечивающего реновацию вала;
- 3) предусмотреть оборудование для реализации предлагаемых решений;
- 4) произвести повышение эффективности наплавки путём применения достижений науки в области реновации деталей машин.

Пояснительная записка состоит из 57 страниц, графическая часть включает в себя 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 СОВРЕМЕННЫЕ РЕМОНТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВАЛОВ	
1.1 Описание изделия и характера его износа	7
1.2 Информация об используемых для изделия материалах	11
1.3 Базовая технология восстановления вала	12
1.4 Постановка задач на проектирование	18
2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ НАПЛАВКИ	
2.1 Анализ возможных способов восстановления детали	20
2.2 Операции технологического процесса восстановительной наплавки	22
2.3 Оборудование для осуществления проектной технологии	24
2.4 Планировка участка	27
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Составление технологической характеристики объекта	30
3.2 Идентификация персональных рисков по проектной технологии наплавки	32
3.3 Обеспечение устранения и снижения профессиональных рисков при реализации предлагаемых технических решений	33
3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	34
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	36
3.6 Заключение по экологическому разделу	37
4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ	
4.1 Сбор исходных данных для проведения	

экономической экспертизы	38
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	40
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	41
4.4 Вычисление заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	43
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки при реализации базового и проектного вариантов технологии	47
4.6 Определение капитальных затрат при реализации базового и проектного вариантов технологии	48
4.7 Расчёт показателей экономической эффективности при реализации проектного варианта технологии	50
4.8 Заключение по экономическому разделу	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	55

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее рациональным путем при решении проблемы ресурсосбережения зачастую является увеличение срока эксплуатации деталей машин и механизмов. Это можно получить при применении разнообразных технологий, в том числе при изготовлении детали, и при ее дальнейшем восстановлении. Для этого рекомендуется максимально повысить эксплуатационные свойства изнашиваемых поверхностей (к примеру прочность, износостойкость и коррозионную стойкость). В данный момент времени решение указанной проблемы предлагается осуществлять с применением разрабатываемых новых современных способов поверхностной обработки. К ним можно отнести технологии плазменной, электронно-лучевой и лазерной обработки. К преимуществам первых можно отнести высокую производительность и небольшую себестоимость в сравнении с другими технологиями, к преимуществам вторых и третьих – высокую стабильность и термическую локальность воздействия на обрабатываемую поверхность детали.

В процессе прогресса современной техники происходит постоянное ужесточение режимов работы узлов, механизмов и деталей, в том числе увеличение скорости, нагрузки, агрессивности внешней и внутренней среды и т.д. Поэтому использование при конструировании деталей традиционных конструкционных материалов не может в полной мере для ряда случаев обеспечить весь необходимый комплекс требований по эксплуатационным условиям.

В деталях кроме дефектов, которые можно устранить механической доработкой, присутствуют дефекты, не удаляемые только механическим путем. После удаления дефектов зачастую появляется необходимость к восстановлению поверхностей деталей, ввиду несоответствия размеров этих деталей требованиям конструкторской документации на изделие. Поэтому эта деталь уже не сможет работать в узле. При восстановлении изношенных

поверхностей часто используют способ наплавки (аргонно-дуговой). Этот способ позволяет восстановить изношенную в процессе работы поверхность. Дальнейшая механическая (лезвийная) обработка обеспечит требуемый чертежом детали размер для возврата её работоспособности.

Существующие на данный момент технологические процессы обеспечивают полное или частичное устранение всех дефектов, позволяют произвести восстановление рабочих поверхностей деталей и выполнить подготовку изделия к дальнейшей эксплуатации. Но они сохраняют резервы для экономии финансовых активов, но также трудовых, и, конечно, материальных.

Современные разрабатываемые технологии обеспечивают восстановление изношенных поверхностей с минимальными затратами материалов. Для дальнейшей обработки используются только финишные механические операции.

Исходя из вышесказанного, актуальна цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности восстановления изношенных деталей машин на примере вала-шестерни установки гидроочистки нефтепродуктов.

1 СОВРЕМЕННЫЕ РЕМОНТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВАЛОВ

1.1 Описание изделия и характера его износа

Оборудование гидроочистки (рис. 1.1) состоит из: муфты 1; рамы 2; электродвигателя 3; редуктора 4; насоса 5.

Область применения оборудования широка:

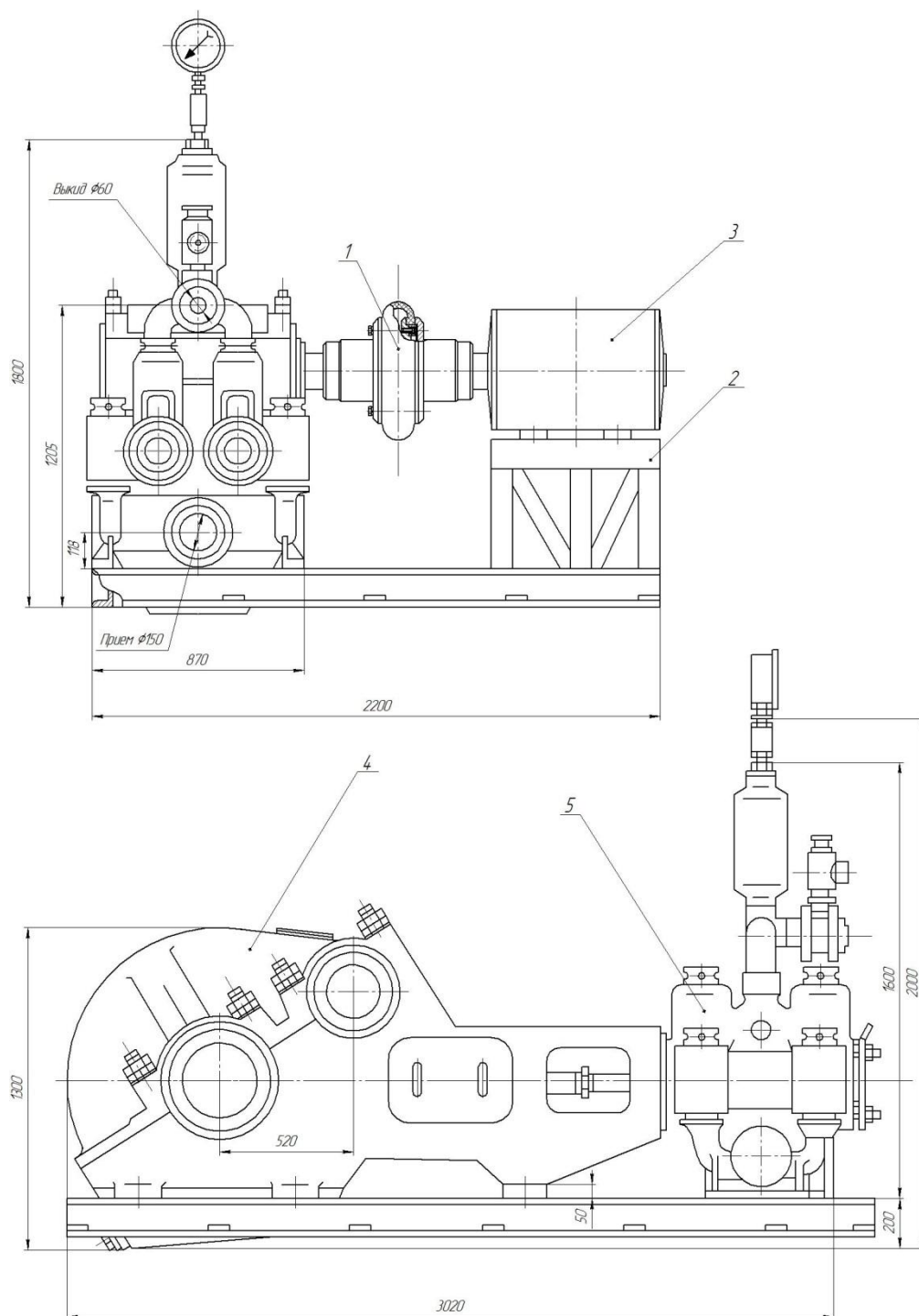
- нефтедобывающая промышленность;
- нефтеперерабатывающая промышленность;
- нефтехимическая промышленность.

Приводная часть насоса (рис. 1.2) состоит из: торообразной муфты 1; приводного вала 2; корпуса 3; эксцентрика 4; крышки подшипника 5; прокладки 6; подшипников 7 и 8; крепёжных болтов 9.

Приводной (трансмиссионный вал), используя косозубую передачу, приводит к вращению эксцентрик 4 (рис. 1.2). Шестерня сделана с валом как единая деталь, которая установлена на двухрядных сферических роликовых подшипниках 7. Уплотнение крышки подшипников происходит при помощи прокладки 6.

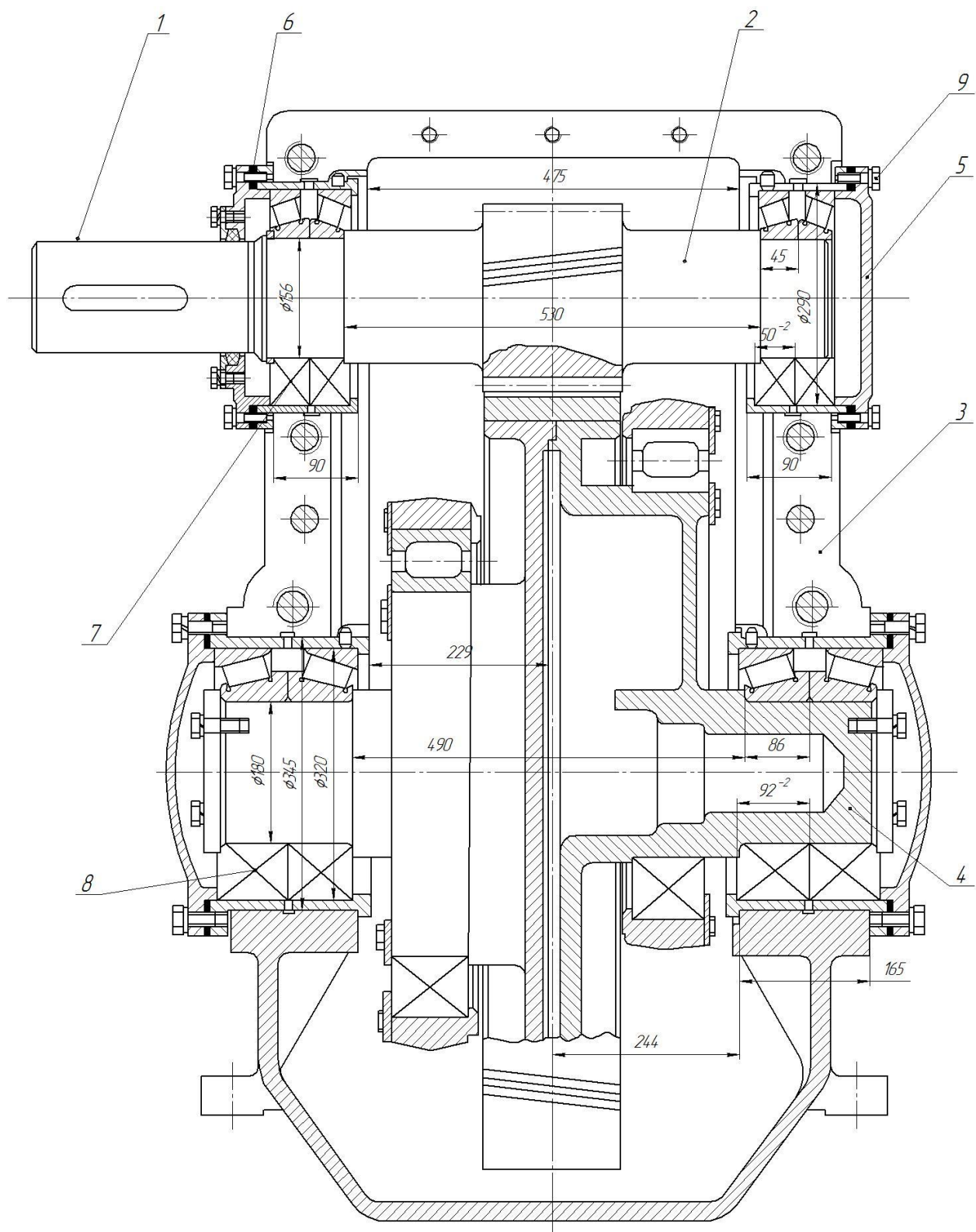
Таблица 1 – Технические характеристики насоса

№	Наименование	Значение
1	Число оборотов коренного вала/число двойных ходов/об/мин	45
2	Ход поршня	250 мм
3	Диаметр цилиндровой втулки	100 мм
4	Наибольшее рабочее давление	20 МПа
5	Производительность	5,15 л/сек
6	Мощность максимальная на шкиве насоса	120 кВт
7	Диаметр всасывающей трубы	150 мм
8	Диаметр нагнетательной трубы	60 мм
9	Передача на коренной вал косозубая	$i=4.52$; $Mn=8$
10	Число оборотов двигателя	730 об/мин
11	Число оборотов трансмиссионного вала	204 об/мин



1 – муфта; 2 – рама; 3 – электродвигатель; 4 – редуктор; 5 – насос

Рисунок 1.1 - Установка гидроочистки



1 – муфта; 2 – приводной вал; 3 – корпус; 4 – эксцентрик; 5 – крышка подшипника; 6 – прокладка; 7 и 8 – подшипники; 9 – крепёжные болты

Рисунок 1.2 – Приводная часть насоса

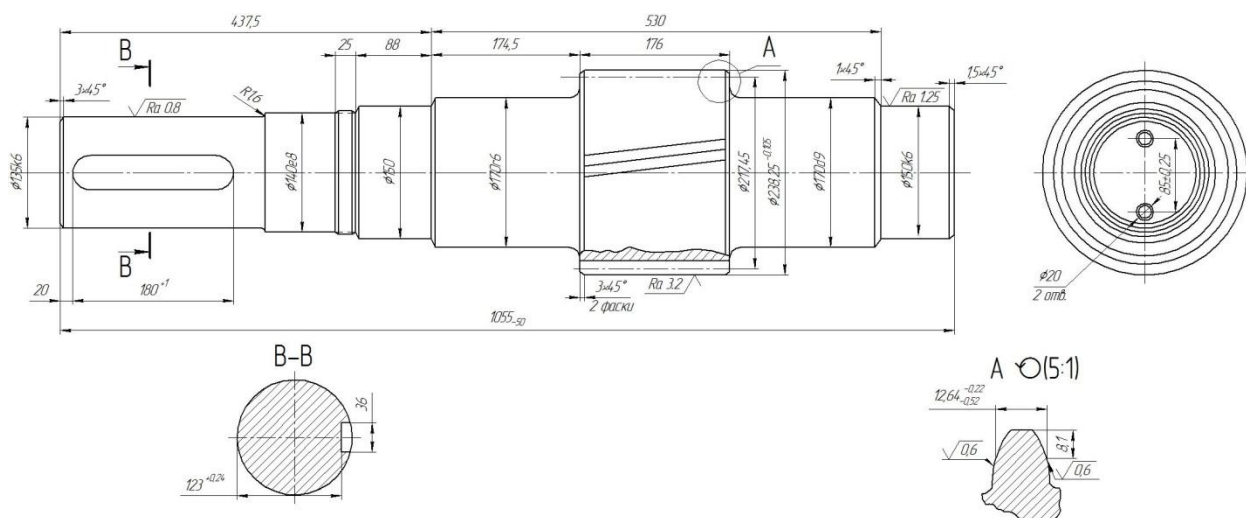


Рисунок 1.3 – Приводной вал насоса

При длительной эксплуатации в насосах возможно возникновение следующих видов механических повреждений:

- изнашивание зубчатых зацеплений;
- изнашивание или разрушение подшипников вала трансмиссии;
- выход из строя окончаний вала трансмиссии;
- изнашивание посадочных поверхностей гидравлических коробок.

Изнашивание вала трансмиссии (приводного вала) зачастую происходит в месте его зацепления с шестерней эксцентрика, непосредственно в местах контакта зубьев. Ввиду неизменности направления вращения шестерни в процессе работы насоса, можно увидеть односторонний износ боковой поверхности зуба.

Для чугунных зубчатых колес при износе зубьев больше 30% от толщины на делительном диаметре следует выполнять их замену. Такой же износ вызывает необходимость замены для открытых передач со стальными колесами [3].

1.2 Информация об используемых для изделия материалах

Вал трансмиссии производится из конструкционной легированной хромоникельмолибденовой стали 38ХНЗМА. Она ввиду ограниченной свариваемости не используется при изготовлении сварных конструкций.

Для стали 38ХНЗМА характерна повышенная склонность к образованию холодных трещин в околошовной зоне. Для выполнения условий равнопрочности металла шва и основного металла следует уменьшить массовую долю углерода и включать дополнительные легирующие элементы. Это может привести к возникновению в сварном соединении горячих и холодных трещин. Исходя из этого, крайне затруднительно получить необходимое качество сварного соединения, которое было бы по свойствам равноценно основному металлу при сварке стали 38ХНЗМА [1, 2]. В процессе нагрева и быстрого охлаждения при сварке стали 38ХНЗМА отсутствует возможность получения пластичности и вязкости литого металла шва равного по этим параметрам основному металлу. Для преодоления указанных трудностей, следует применять разные технологические хитрости, наиболее современные материалы для сварки, а также высокоэффективные способы и режимы сварки.

Таблица 1.2 – Химический состав стали 38ХНЗМА (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	Cu
0,33 – 0,4	0,17 – 0,37	0,25 – 0,5	2,75 – 3,25	до 0,025	до 0,025	0,8 – 1,2	0,2 – 0,3	до 0,3

При сварочном нагреве и быстром охлаждении сложно гарантировать пластичность и вязкость литого металла шва равных аналогичным параметрам основного металла. Преодоление указанных сложностей достигается за счет применения различного рода технологических хитростей, соответствующих современных сварочных материалов, способов и режимов сварки.

1.3 Базовая технология восстановления вала

Подготовка детали

При начале ремонта следует выявить дефекты детали. Для выявления дефектов необходимо последовательно выполнить следующие работы:

- промыть деталь от следов смазки и ржавчины;
- тщательно осмотреть и проверить в детали различного рода повреждения, в том числе мелкие дефекты.

От правильности и полноты очистки деталей зависит степень их восстановления и исходная дефектация. На применение того или иного способа очистки влияют конфигурация и размеры детали, вид и степень ее загрязнения. Большинство загрязнений (к ним относятся различные масла и смазки, нагар на поверхности детали, отложения лака, места коррозии и т.д.) характеризуются высокой степенью адгезии (прилипаемости), хотя природа происхождения каждого загрязнения различна.

При удалении смазки деталь необходимо промыть в керосине либо в обезжиривающем растворе. Деталь с наличием следов ржавчины необходимо погрузить в керосин на 6...8 часов (либо в емкость с керосином необходимо подать под значительным давлением сильно разогретый водяной пар, при этом процедура очистки детали от смазки сильно сокращается), после этого необходимо деталь протереть специальными обтирочными материалами (ветошью) до полного удаления влаги.

После промывки следует процедура дефектовки, после которой детали разделяются на три группы:

- Годные детали, геометрия которых находится в пределах допустимых величин. Эти детали отправляются на сборку либо склад готовой продукции.
- Детали, которые подлежат ремонту. Изнашивание и повреждения этих деталей могут быть исправлены (годный брак). Эти детали отправляются на операцию ремонта или на склад деталей, которые ожидают текущего ремонта.

- Детали забракованные. Выполнить восстановление этих деталей нет возможности или экономически неэффективно. Эти детали отправляются на склад утиля как производственный лом.

По результатам проведенного осмотра устанавливаем величину износа зубьев шестерни и рассматриваем необходимость восстановления.

Зубчатые колеса не ремонтируют, если в составе колеса есть поломанные зубья, различного вида трещины, питинг на многих зубьях, отслоения цементированного слоя с рабочей стороны зубьев.

Брызги и специальный налет окислов на поверхностях деталей не возникают ввиду прикрытия сухим или мокрым асбестом.

После осмотра зубьев указанного вала трансмиссии составляем карту дефектов.

Режим ручной электродуговой наплавки

1) Выбор диаметра $d_э$ электрода.

Процесс наплавки вала трансмиссии производим сварочным генератором или выпрямителем при использовании постоянного тока обратной полярности, рекомендаций к большинству марок используемых качественных электродов.

При операции наплавки (в особенности при применении электродов ОЗН) не допускается перегревать наплавленный слой. Для этого его наплавку производят отдельными валиками при полном охлаждении каждого наплавленного валика. Операция выполняется последовательно. При наплавке электрод следует вести под углом 60 градусов к двум поверхностям (рис. 1.4.).

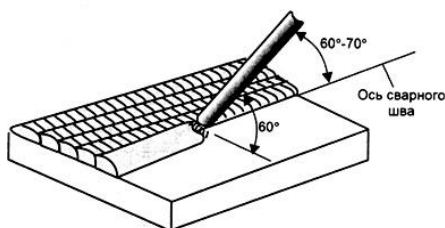


Рисунок 1.4 – Установка положения электрода при наплавке отдельных валиков

Для операции ручной дуговой наплавки необходимо использовать электроды для обычной сварки, изначально предназначенные для сварки легированных сталей (ГОСТ 1005-75).

Для операции наплавки регламентированы два параметра режима. Это диаметр электрода и ток наплавки. Величина дуги при наплавке равна $0,5 \dots 1,1$ диаметру электрода. Выдержка расстояния производится исполнителем работ в ручном режиме. Необходимое качество наплавки обеспечивается при применении короткой дуги.

Диаметр электрода $d_э$ подбираем из расчета глубины наплавки S . При применении насоса вращение вала трансмиссии выполняется только в одном направлении, это обуславливает износ одной из сторон зуба. Поэтому толщина наплавляемого слоя на сторону составит $S = 8,7$ мм, с учетом припуска на последующую механическую обработку глубина наплавки составит $S_{общ} = 10$ мм диаметр используемого электрода $d_э = 4$ мм.

2) Анализ массы слоя наплавки и расчет количества электродов

Расчет площади боковой поверхности одного зуба:

$$F_{б.н.з} = K_{б.н.з} \cdot \frac{H}{\cos \alpha} \cdot h = 1,3 \cdot \frac{820}{\cos 6^\circ} \cdot 45 = 37103 \text{ мм}^2, \quad (1.1)$$

где $K_{б.н.з}$ – коэффициент, учитывающий профиль эвольвенты боковой поверхности зуба (принимается равным 1,3); H – ширина зубчатого венца вала трансмиссии, $H = 820$ мм; h – высота зуба, $h = 44,97 \approx 45$ мм.

Объем наплавки составит:

$$V_{н.м} = F_{б.н.з} \cdot S_{общ} = 37103 \cdot 10 = 371030 \text{ мм}^3 = 3,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3, \quad (1.2)$$

где S – глубина наплавки, $S_{общ} = 10$ мм.

Масса металла при наплавке:

$$g_{н.м} = V_{н.м} \cdot \rho = 3,7 \cdot 10^{-4} \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 2,9 \text{ кг} = 2900 \text{ г} \quad (1.3)$$

где ρ – плотность применяемой стали ($7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$).

Массу электродов рассчитываем по формуле:

$$g_{э.м} = \frac{g_{н.м}}{0,8} = \frac{2900}{0,8} = 3625 \text{ г}. \quad (1.4)$$

Вес рабочей части ($L_{эл} = 420$ мм) диаметра 4 мм и стандартной длины:

$$g_э = F_{эл} \cdot L_{эл} \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot 4^2 \cdot 420 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3}}{4} = 41 \text{ г}, \quad (1.5)$$

где $F_{эл}$ – площадь электрода.

Требуемое при наплавке одного зуба количество электродов:

$$N = \frac{g_{э.м}}{g_э} = \frac{3625}{41} \approx 88 \text{ электродов}. \quad (1.6)$$

Из расчета количества зубьев на валу трансмиссии, равного 35, количество электродов составит:

$$N_1 = 35 \cdot N = 35 \cdot 88 = 3080 \text{ электродов}. \quad (1.7)$$

3) Расчет силы тока наплавки, времени наплавки, необходимой мощности дуги

Ток наплавки будем рассчитывать согласно формулы:

$$I = 20 + 5d_э \approx 20 + 5 \cdot 4 \approx 40,75 = 120 \text{ А}, \quad (1.8)$$

где $d_э = 4$ мм.

Когда зажигается дуга, рабочее напряжение $U_д$ между электродом и обрабатываемым изделием составит примерно 60 В. При замыкании цепи сварки оно упадет до минимальных значений. Последующее возбуждение дуги создаст рабочее напряжение в пределах 16...30 В. Рассматриваемая характеристика напрямую зависит от величины дуги и марки применяемых электродов. Напряжение дуги электродов со стальным центральным стержнем вычисляют согласно формулы:

$$U_д = a + bl = 15 + 3 \cdot 2,8 = 23,4 \text{ В}, \quad (1.9)$$

где $a = 15$ В; $b = 3$ В; $l = 0,7 \cdot d_э = 0,7 \cdot 4 = 2,8$ мм.

В ходе установившегося процесса плавления электрода выполняется равномерный расплав электрода:

$$g_{э.м} = \alpha_p It, \quad (1.10)$$

где $g_{э.м}$ - вес расплавленного металла электрода, $g_{э.м} = 1625$ г;

α_p - коэффициент расплавления, $\alpha_p = 10$ г/(А ч);

I – сила тока, $I = 120$ А; t - время горения дуги, ч.

Выполнив преобразование (10) время горения дуги и наплавки на один зуб будет

$$t = \frac{g_{э.м}}{\alpha_p \cdot I} = \frac{3625}{10 \cdot 120} = 3 \text{ часа} \approx 180 \text{ мин.} \quad (1.11)$$

Общее время горения дуги для наплавки 35 зубьев

$$t_{общ} = 35 \cdot t = 35 \cdot 180 = 6300 \text{ мин.} \quad (1.12)$$

Эффективная мощность дуги (мощность, которая используется для нагрева металла)

$$Q_э = h_э \cdot Q_0 = 0,8 \cdot 8280 = 6624 \text{ Вт} \quad (1.13)$$

где $A_э$ - эффективный КПД процесса нагрева металла (0,7...0,85); Q_0 - полная мощность, которая выделяется в столбе дуги, $Q_0 = IU_d = 120 \cdot 23,4 = 2808 \text{ Вт}$ [5].

Описание применяемого оборудования

Для наплавки будем использовать сварочный аппарат Русич С 300. Рассмотрим основные характеристики оборудования (табл. 1.4).

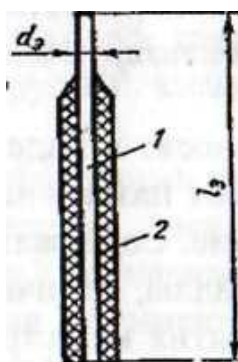
Таблица 1.4 – Технические характеристики аппарата для сварки Русич С 300

Параметры	Значения
Варианты сети питания	220/380 В
Напряжение холостого хода	38 В
Род тока сварки	переменный / постоянный
Ток сварки	АС 20-300 А, DC 20-230 А
Время нагрузки в необходимом режиме сварки при максимальном значении тока сварки	70 % min
Выходная средняя мощность в необходимых режимах сварки	8,5 КВА
Границы регулировки	АС 20-300, DC 20-230
Диаметр применяемого электрода	1,2 - 6 (АС) / 4 (DC) мм.
Габариты установки	550х 370 х 370 мм
Масса	40 кг
Используемая система охлаждения	принудительная

Марка сварочных электродов

Металлический сварочный электрод – это пруток из сварочной проволоки, который также называют стержнем электрода 1 (рис. 1.5), и нанесенный на него слой покрытия 2.

Электроды с диаметром стержня $d_s = 4$ мм выполнены стандартной длины порядка $l_s = 450$ мм. На длине 30...40 мм электрод сохраняют без покрытия (рис. 5). Основное предназначение этой части в креплении электрода в держателе и подведении тока сварки [4].



1 — стержень, 2 — покрытие

Рисунок 1.5 – Металлический толстопокрытый электрод

При проведении наплавки на боковую поверхность зубьев вала трансмиссии необходимо использовать наплавочную проволоку аналогичную или близкую по составу и механическим свойствам к материалу детали. Это необходимо для поддержания разной твердости у различных зубьев вала трансмиссии и венца коренного вала.

Наплавку осуществляем с применением электродной проволоки 4 Н-34ХНЗМ, при этом электрод обозначим как:

$$\frac{\text{Э85 - Т - 590 - 4,0 - НД2}}{\text{Е301} \bigcirc \text{Б40}}$$

В стальной проволоке для операции наплавки диаметра 4 мм, содержится ориентировочно ~ 0,34% углерода , 1% кремния, 3% никеля, 0,35% молибдена. Э85 – это в данном случае тип электрода; Т - 590— марка электрода; 4,0 — диаметр электрода, мм; Н — применение для наплавки

легированных сталей; Д - применение толстого покрытия второй группы качества; 30 — величина предела прочности материала сварного соединения (300 МПа); 1 — величина относительного удлинения 18 %; 5 — величина ударной вязкости не менее 34,3 Дж/см²; Б — основное покрытие; 4 — необходимо применять при наплавке только в нижнем положении; 0 — применение постоянного тока обратной полярности.

Параметры фрезерной операции

Для операции фрезеровки следует применить станок 5А342. Основное предназначение - фрезеровка зубьев цилиндрических зубчатых колес. На оборудовании используется метод обкатки червячной фрезой и метод единичного деления дисковой или пальцевой фрезой.

1.4 Постановка задач на проектирование

Преимущества базовой технологии

1) Существует возможность наплавки различных металлических покрытий, в том числе больших толщин. Это дает экономический эффект для деталей с большим износом поверхностей.

2) Простота конструкций и транспортабельность применяемого оборудования, которое приспособлено для выполнения работ не в помещениях.

3) Нет ограничений к размерам и геометрии наплавляемых поверхностей; операцию можно использовать при восстановлении крупногабаритных объектов.

4) Простота операции наплавки, которая не требует высокого уровня исполнителя.

5) Возможность наплавки на подложку износостойких слоев любых составов.

Недостатки базовой технологии

1) Снижение свойств наносимого слоя ввиду попадания при обработке в него элементов подложки; ухудшение износостойкости и т. д.

2) Возникающие деформации или коробление всего изделия. Зачастую происходят из-за высоких значений погонной энергии наплавки, вызванные выбором неправильных режимов наплавки. Поэтому для обеспечения точности размеров и геометрии детали следует принимать особые меры. К ним можно отнести зажатое состояние заготовки при наплавке. Оно минимизирует его деформацию. Кроме того можно создать «обратную» предварительную деформацию, и выполнять механическую обработку после операции наплавки.

3) Большие отличия свойств наплавленных изделий, обусловленные отличием свойств наплавляемого слоя и его особым составом, который свойственен металлу сварного шва. Исходя из этого, при необходимости получения качественных наплавленных слоев исполнителю следует иметь специальные знания в областях теоретической подготовки, к примеру, металловедении, термической обработке, технологической прочности.

4) Ограниченные сочетания основного и наплавляемого материалов, чем, к примеру, при напылении.

5) Усложненные условия труда исполнителей.

На основании вышесказанного следует сформулировать задачи, при решении которых можно достигнуть поставленной цели:

- 1) выполнить оценку возможных способов восстановления детали;
- 2) произвести разработку технологического процесса, обеспечивающего реновацию вала;
- 3) предусмотреть оборудование для реализации предлагаемых решений;
- 4) произвести повышение эффективности наплавки путём применения достижений науки в области реновации деталей машин.

2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ НАПЛАВКИ

2.1 Анализ возможных способов восстановления детали

Первый способ – ручная дуговая наплавка сварочными электродами. Она является наиболее применяемым и универсальным из способов, используемых для восстановления и упрочнения изношенных поверхностей деталей.

К достоинствам ручной дуговой наплавки следует отнести высокие прочностные свойства наплавленного слоя, а также простоту используемого для операции оборудования.

Основным недостатком ручной дуговой наплавки с применением металлических электродов, как и других способов ручной сварки можно считать низкую производительность операции и зависимость качества получаемого сварного шва от практических навыков и умений исполнителя. Также недостатком ручной дуговой наплавки является разная скорость расплавления электрода в начале и в конце операции.

Второй способ – наплавка в среде защитных газов. К числу главных преимуществ наплавки в среде защитных газов можно отнести:

- высочайшее качество наплавленного покрытия для различных металлов подложек и сплавов различных толщин;
- высокие показатели прочности наплавленного слоя и возможность обеспечения однородного химического состава наплавленного слоя и основного материала;
- возможность наплавки в различной геометрии;
- возможность визуального наблюдения за операцией, это важно при операции полуавтоматической наплавки;
- отсутствие дополнительных операций, связанных с засыпкой и уборкой флюса и удалением шлака;

- высокая производительность и простота механизации и автоматизации технологии;

- низкая стоимость технологии при использовании защитных сред. К недостаткам механизированной наплавки в углекислом газе относятся склонность к трещинообразованию и высокие поверхностные напряжения.

Третий способ – газопламенная наплавка. К преимуществам технологии газопламенной металлизации можно отнести: отсутствие каких либо ограничений при сочетании материалов наплавки, небольшой нагрев обрабатываемых поверхностей (120...180°C), высокие показатели прочности покрытия, простота технологического процесса и применяемого оборудования. По данному способу можно наносить покрытия из цветных сплавов, а также и тугоплавких материалов. Наносимые покрытия обладают высокими значениями контактной жесткости, а также высокими значениями сопротивления износу.

К недостаткам процесса отнесем: снижение показателей усталостной прочности. Это происходит по причине образования в напыляемом слое растягивающих остаточных напряжений. Также недостатком является низкая коррозионная стойкость наносимых покрытий из-за наличия в наплавляемом слое пор.

Четвёртый способ – лазерная наплавка. Она заключается в нанесении на поверхность обрабатываемой детали покрытия путем оплавления основ присадочного материала. При этом ввиду минимального подплавления основы свойства покрытия напрямую зависят от свойств присадочного материала.

Пятый способ – плазменная наплавка. Если применять плазменную наплавку износостойких покрытий для оплавления и переноса металла на обрабатываемую поверхность детали применяются тепловые и динамические качества плазменной струи.

Данный способ обладает следующими достоинствами. Есть возможность одновременного нанесения разнородных материалов для

создания поверхностей с заданными физико-механическими свойствами. Высокие показатели адгезии, не свойственные другим способам металлизации, Это связано с высокими скоростями элементов напыляемого металла и их высокой температурой при встрече с подложкой. Незначительное температурное воздействие на обрабатываемую поверхность. Есть возможность полной автоматизации операции.

Данный способ также обладает недостатками: низкой прочностью наносимого покрытия; высокой пористостью покрытия; неоднородностью структуры и наличием растягивающих напряжений. При разработке технологии плазменного напыления в обязательном порядке следует брать во внимание допускаемые значения прочности и пористости покрытий исходя из реальных условий работы сопрягаемых деталей и требуемых эксплуатационных характеристик для обеспечения работоспособности сборочных единиц.

2.2 Операции технологического процесса восстановительной наплавки

Восстанавливаемые детали поступают на участок в оборотной таре при использовании специальных внутрицеховых транспортных средств. Далее они складываются на стеллажах. Первая применяемая операция – очистка детали от загрязнений.

Эта операция является наиболее осложненной операцией в ходе ремонта. От нее зависит производительность работников, качество операции наплавки, характеристики дальнейшей эксплуатации восстанавливаемых машин, степень культуры и внешний вид ремонтных цехов.

При очистке восстанавливаемого вала перед операцией наплавки применим щелочные составы, в частности состав МЛ-51 или МЛ-52 в виде

водяного раствора с концентрацией 10...30 г/литр и рабочей температуре порядка 75...80 С.

Моющий состав МЛ-51 содержит следующие соотношения компонентов: тринатрия фосфат – 18 г/литр; сода кальцинированная – 10 г/литр; каустическая сода– 5 г/литр. Операцию очистки производим на установке ММА1. Длительность операции составит порядка 30...40 минут.

После очистки детали переносятся на стол дефектовки. Выполняется осмотр на наличие дефектов, производится измерение величины износа. Затем деталь поступает на стол, где производятся подготовительные работы перед наплавкой.

Выполняется дробеструйная обработка для улучшения адгезии наносимого покрытия.

После этого шестерня закрепляется на токарном станке и выполняется напыление подслоя при параметрах обработки: $I=315\text{A}$, $U=65\text{ В}$, расход газа $N=0,5\text{ л/час}$, $Ar=1,5\text{ л/час}$, расход материала 0,55...0,62 г/см, температура плазмы 14000...16000 °С, фракция порошка 60 мкм.

После этого производится напыление основного слоя, который наносится поэтапно. Напыляется 1 слой смесью из порошка ПН85Ю15М-95% и Х17СР1-5% при значении силы тока $I=350\text{A}$, а также при напряжении $U=70\text{В}$, расходе газа $N=0,5\text{ л/час}$, $Ar=1,5\text{ л/час}$, температуре плазмы порядка 14000...18000 °С, фракции порошка не более 60 мкм. После этого, с этими же режимами наплавляют 2-й слой смеси порошков ПН85Ю15М-90%+ Х17СР1-10%. 3-й слой наплавляется при том же режиме смесью порошков ПН85Ю15М-85%+ Х17СР1-15%. 4-й слой при таком же режиме смесью порошков ПН85Ю15М-80%+ Х17СР1-20%. 5-й слой: ПН85Ю15М-75%+Х17СР1-25%. Наплава слоев осуществляется поочередно, после каждого наплавленного слоя выполняется дробеструйная обработка.

Последующие операции без каких либо изменений выполняются по базовому технологическому процессу.

2.3 Оборудование для осуществления проектной технологии

Моечная машина ММА1

При промывке деталей перед операцией отбраковки и дефектовки валов будем применять машину для мойки ММА1. Эта машина относится к агрегатам, которые работают с применением агрессивной среды – специализированного моющего раствора, который при попадании на кожные покровы человека вызывает ее раздражение.

Рабочие характеристики машины:

Тип – наливная, при промывке детали покачиваются;

Объем ванны – 1,5 м³;

Величина наполнения ванны при обработке – 70%;

Частота покачивания рамки – 12 раз/мин;

Длительность операции промывки – 30-40 минут;

Общие габариты машины: длина 2000 мм, ширина 1200 мм, высота 1280 мм.

Применяемая последовательность операций на машине:

1) открытие крышки ванны, открытие крана для заполнения ванны водой и заливка воды до указанного уровня.

2) Предварительное взвешивание и засыпка в ванну компонентов смеси.

3) Закрытие крышки ванны, открытие крана подачи пара и включение электродвигателя покачивания рамки.

4) Загрузка валов в корзину, установка корзины на рамку моечной машины.

5) Закрытие крышки ванны и включение привода покачивания на весь период мойки.

6) Извлечение корзины, ополаскивание деталей, перемещение корзины на рабочее место дефектовщика.

Установка для наплавки

Оборудование для наплавки (рис. 2.1) представляет собой: 1- Станину; 2- Вращатель; 3– Пульт управления; 4- Суппорт; 5- Пиноль; 6– Сварочные пистолеты; 7– Бункер для порошка; 8 - Приводы; 9– Заднюю бабку; 10– Защитные экраны; 11– Приспособления установочные.

Для снижения капитальных затрат в ходе внедрения в производство разработанной технологии, а также для экономии производственных площадей и повышения коэффициентов загрузки оборудования нами предложено не закупать отдельный манипулятор. Вместо этого предлагается применить для вращения деталей для операции металлизации станок токарного типа модели А364.

Для фиксации на суппорте станка плазматрона была спроектирована специальная оснастка (рис. 2.2). Она представляет п-образную пластину, которая закреплена в суппорте. На поперечину пластины прикреплена стойка 1, с подвижно установленной муфтой 4 с ходовым винтом. На муфте зафиксирована планка 3 с плазматроном.

Технические характеристики установки:

Максимальный диаметр детали, устанавливаемой над станиной, мм	800
Расстояние между центрами, мм	3200
Диапазон оборотов, в минуту шпинделя	12,5-2000
Длина, мм	6700
Ширина, мм	840
Высота, мм	2840
Масса, кг	2300

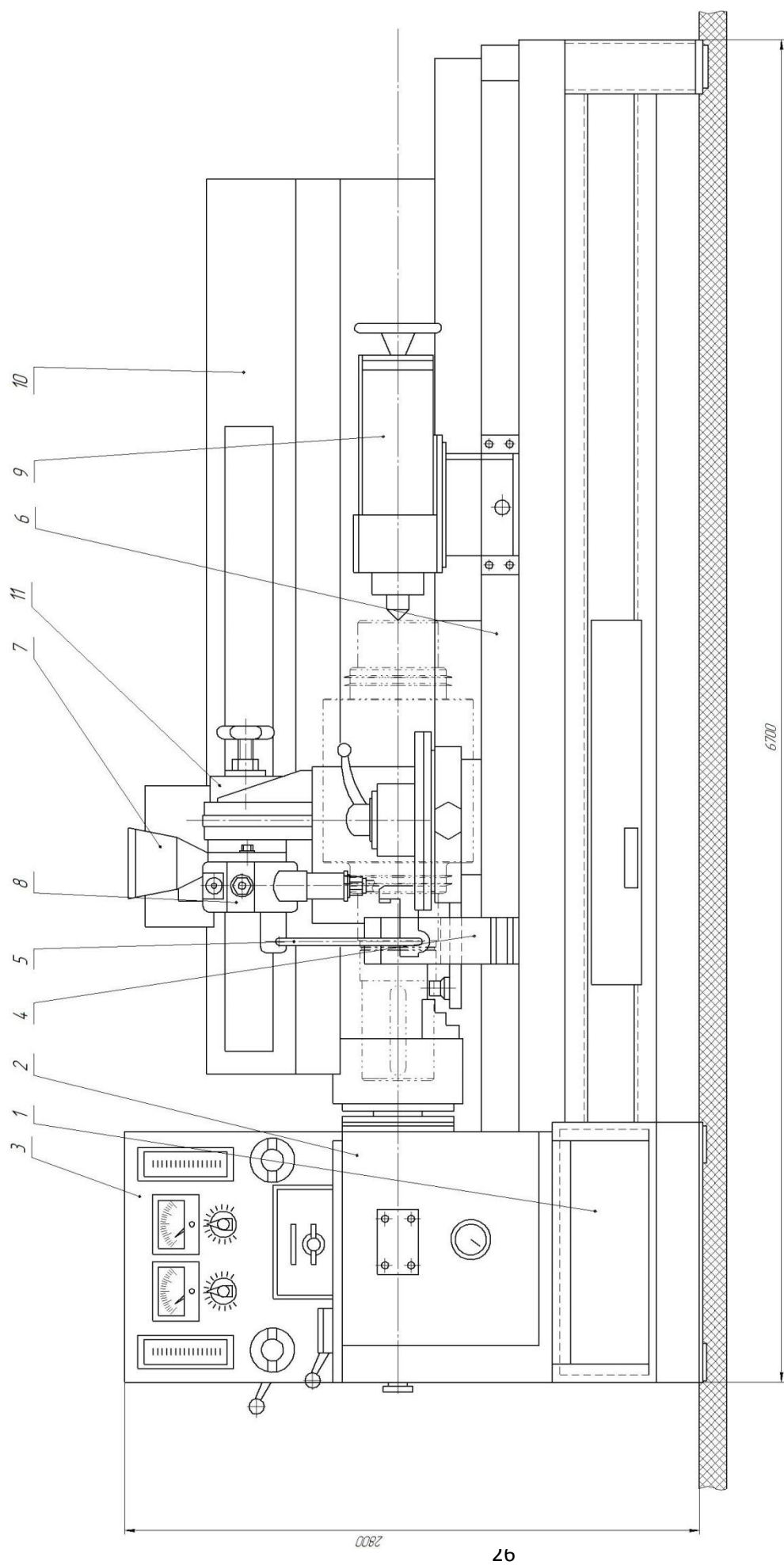


Рисунок 2.1 – Установка для плазменной наплавки

2.4 Планировка участка

Последовательность операций при технологическом процессе восстановления вала-шестерни выглядит следующим образом: 1) мойка; 2) дефектация; 3) подготовка; 4) наплавка; 5) механическая обработка; 6) мойка; 7) контроль качества.

К ремонтно-механическим участкам (рис 2.3) относится большое количество оборудования, в том числе:

1. Стеллажи для восстанавливаемых деталей
2. Ванны для моющих растворов
3. Верстаки слесарные
4. Контрольно-измерительные комплексы
5. Станки сверлильного типа
6. Электропечи СНО
7. Камеры для дробеструйной обработки
8. Посты для нанесения защитного покрытия
9. Установка для напыления УПУ-8М
10. Каналы общей и местной вентиляции
11. Экраны для защиты персонала
12. Тележки для транспортировки и складирования деталей
13. Тележки для транспортировки баллонов с рабочим газом
14. Стеллажи для складирования готовых изделий
15. Ванны для промывки изделий
16. Стеллажи для складирования ремонтного фонда и прочего инструмента и материала
17. Вентиляция приточная
18. Циклоны для отделения пыли
19. Вентиляторы для удаления пыли

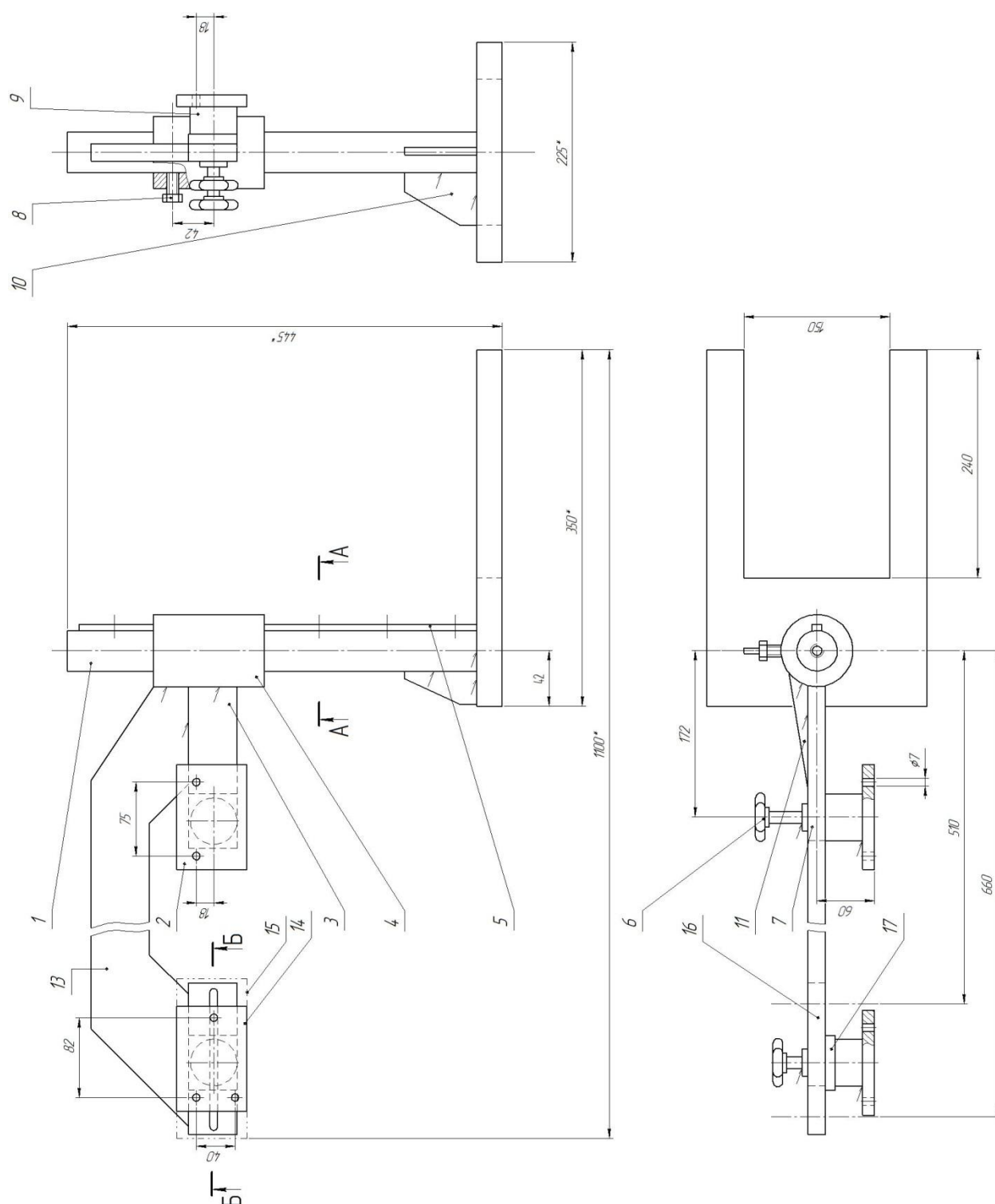


Рисунок 2.2 – Оснастка для осуществления крепления плазматрона

3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Составление технологической характеристики объекта

Восстановительная наплавка вала оснастки включает в себя следующие операции: 1) дефектовку; 2) очистку рабочей поверхности; 3) подготовку дефектного места; 4) выполнение наплавки; 5) осуществление предварительного контроля качества; 6) механическую и термическую обработку; 7) осуществление окончательного контроля качества.

Проблему улучшения санитарно-гигиенических характеристик в зоне сварки решают путем разработки и оборудования рабочего места сварщика местной вытяжной, комплектации сварочных головок и держателей для механизированной сварки соплами специальной конструкции, позволяющими осуществлять отсос сварочного аэрозоля, или применения защитной маски с системой принудительной подачи очищенного воздуха.

Сварочные и родственные технологии остаются источниками многих опасных и вредных производственных факторов. С психофизиологической и социально-экономической точек зрения шум – это любой вредный для здоровья звук, мешающий восприятию полезных сигналов и снижающий работоспособность человека. В структуре профессиональной заболеваемости такой вид «шумовой болезни» как тугоухость вместе с заболеваниями органов дыхания, опорно-двигательного аппарата и с вибрационной болезнью составляет основную группу заболеваний работников промышленности.

Все это дополнительно усложняет и повышает стоимость сварочного оборудования, поэтому проводятся исследования, направленные на изучение влияния энергетических параметров (тока и напряжения) процесса сварки на объемы выделения сварочных аэрозолей и их вредных составляющих.

Возможности влияния процесса плазменной наплавки на гигиенические характеристики изучены недостаточно. Поэтому в данном разделе выпускной квалификационной работы необходимо выполнить сравнительную гигиеническую оценку плазменной наплавки и предложить методы защиты персонала от опасных и вредных производственных факторов.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологических операций и выполняемых работ при осуществлении технологии	Наименование должности работника, в обязанности которого входит выполнение данной технологической операции	Перечень оборудования, устройств и приспособлений, применяемых при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1	2	3	4
1. Дефектовка	Инженер - дефектоскопист	Лупа, твердомер ТН-134	-
2. Очистка рабочей поверхности	Слесарь-сборщик	Щетка металлическая; Машинка угловая шлифовальная; Станок фрезерный СФ676; Штангенциркуль; Моечная установка ММА-1; Дробеструйная камера ГАКС-ДК-М	Круги абразивные; Ацетон; Ветошь; Дробь стальная
3. Подготовка дефектного места	Слесарь-сборщик	Щетка металлическая; Машинка угловая шлифовальная	Круги абразивные; Ацетон; Ветошь;
4. Осуществление восстановительной наплавки	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Установка плазменной наплавки УПУ-8М	Азот N1; аргон; Порошок наплавочный ПТ-НА-01, ПН85Ю15М-95%+ +X17CP1-5%, ПН85Ю15М-90%+ +X17CP1-10%, ПН85Ю15М-85%+ +X17CP1-15%, ПН85Ю15М-80%+ +X17CP1-20%, ПН85Ю15М-75%+ +X17CP1-25%

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
5. Проведение контроля качества восстановленного изделия	Инженер - дефектоскопист	Лупа, твердомер ТН-134	-

3.2 Идентификация персональных рисков по проектной технологии наплавки

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасных или вредных производственных факторов
1	2	3
1. Дефектовка	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Лупа, твердомер ТН-134, края детали
2. Очистка рабочей поверхности	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации	Щетка металлическая; Машинка угловая шлифовальная; Станок фрезерный СФ676; Штангенциркуль; Моечная установка ММА-1; Дробеструйная камера

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
3. Подготовка дефектного места	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Щетка металлическая; Машинка угловая шлифовальная; Станок фрезерный СФ676; Штангенциркуль; Моечная установка ММА-1; Дробеструйная камера
4. Осуществление восстановительной наплавки	- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение в рабочей зоне уровня ультразвуковых волн; - повышенное значение уровня ультразвуковых волн в рабочей зоне; - повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной и УФ радиации	Установка плазменной наплавки УПУ-8М, щиток защитный
6. Проведение контроля качества восстановленного изделия	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Лупа, твердомер ТН-134

3.3 Обеспечение устранения и снижения профессиональных рисков при реализации предлагаемых технических решений

Таблица 3.3 - Выбор методов и средств по снижению воздействия каждого опасного и вредного производственного фактора

Перечень опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих проектную технологию	Перечень предлагаемых организационных мероприятий и технических средств, осуществляющих защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1	2	3

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Наносить предостерегающие надписи, выполнять соответствующую окраску, применять ограждения	-
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Риск замыкания через тело человека электрической цепи, имеющей повышенное значение напряжения	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
6. Повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной и УФ радиации	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика

3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Перечень первичных средств для проведения тушения возгорания	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем и установок для проведения тушения возгорания	Пожарная автоматика для проведения тушения возгорания	Перечень пожарного оборудования, для проведения тушения возгорания	Перечень средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при	Перечень пожарного инструмента для проведения тушения	Перечень пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о факте возникновения пожара

Таблица 3.5 - Выявление классов и опасных факторов возможного пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется восстановительная наплавка	Установка плазменной наплавки, термическая печь	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	замыкания на проводящих ток частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей

Таблица 3.6 – Перечень организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка дефектного участка, восстановительная наплавка, термическая обработка	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов с целью ограничения разлёта искр.

3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.7 – Выявление и анализ вредных экологических факторов, сопровождающих внедрение проектной технологии

Реализуемый технологический процесс	Операции, входящие в состав технологического процесса	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Подготовка дефектного участка, восстановительная наплавка, термическая обработка	Подготовка дефектного участка, восстановительная наплавка, термическая обработка	Выделяемые при сварке газообразные частицы и сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом.

Таблица 3.8 – Проведение организационно-технических мероприятий, направленных на снижение отрицательного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка трубопровода
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Необходимо предусмотреть установку контейнеров, позволяющих селективный сбор бытового мусора и производственных отходов. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди производственного персонала по вопросу правильного складывания в контейнеры мусора и отходов.

3.6 Заключение по экологическому разделу

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. Внедрение проектной технологии в производство сопровождается угрозами экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

4.1 Сбор исходных данных для проведения экономической экспертизы

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения восстановительной наплавки вала-шестерни установки гидроочистки нефтепродуктов. При выполнении базовой технологии наплавки предусматривается ручная дуговая наплавка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектном варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой наплавки на пдазменную наплавку. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

Экономические расчеты следует производить с учётом операций технологии восстановительной наплавки, которые изменяются по сравнению с базовым вариантом технологии.

Таблица 4.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя по вариантам технологии	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Общее количество рабочих смен	Ксм	-	1	1
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	21,5	21,5
3	Принимаемый разряд сварщика	Р.р.		IV	IV

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	150	150
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
7	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	34	34
8	Принятое значение размера амортизационных отчислений на площади	На.пл.	%	5	5
9	Стоимость эксплуатации производственных площадей	Сэксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
10	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м ²	30000	30000
11	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	м ²	8	11
12	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
13	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонт Кдем	%	3	2
14	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб.	24000	160000
15	Значение коэффициента, учитывающего затраты на дополнительную производственную площадь	Кпл.	-	3	3
16	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	3,6	5,0
17	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	1,79	1,79
18	Значение коэффициента, учитывающего выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
19	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,7
20	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	1,5	1,5
22	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	2,15	2,15
23	Значение коэффициента который учитывает производственной нормы	Кв		1,03	1,03
24	Время машинное	tмаш	час	1,5	0,6
25	Количество лет службы вала до его выбраковки	Тб/Тпр	лет	2	3

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Величину годового фонда времени, в течение которого работает оборудование рассчитываем с использованием формулы:

$$F_H = (D_p \cdot T_{cm} - D_p \cdot T_p) \cdot C, \quad (4.1)$$

где T_{cm} – принятая продолжительность смены;

D_p – общее количество рабочих дней в году;

D_p – общее количество предпраздничных дней;

T_p – ожидаемое сокращение рабочего времени предпраздничные дни в часах;

C – общее количество смен.

Подставив в (4.1) заданные значения, получим:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

Расчётное определение величины эффективного фонда времени работы оборудования производим с использованием зависимости:

$$F_{\text{э}} = F_{\text{н}} \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (4.2) заданные значения, получим:

$$F_{\text{э}} = 2209 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования

Для определения временных затрат на выполнение операций технологического процесса используем расчётную зависимость:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{маш}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отл}} + t_{\text{п-з}}, \quad (4.3)$$

где $t_{\text{шт}}$ – общее время, которое затрачивает персонал на выполнение операций технологического процесса;

$t_{\text{маш}}$ – время, которое затрачивает персонал непосредственно на выполнение сварочных операций;

$t_{\text{всп}}$ – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от $t_{\text{маш}}$;

$t_{\text{обсл}}$ – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5% $t_{\text{маш}}$;

$t_{\text{отл}}$ – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5% $t_{\text{маш}}$;

$t_{\text{п-з}}$ – время на подготовительно – заключительные операции, 1% $t_{\text{маш}}$.

Подставив в (4.3) заданные значения, получим:

$$t_{\text{шт.баз}} = 1,5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,89 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,6 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,76 \text{ ч.}$$

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

$$П_{\text{г}} = \frac{F_{\text{э}}}{t_{\text{шт}}} \quad (4.4)$$

где $F_{\text{Э}}$ – величина эффективного фонда времени работы оборудования;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время на выполнение сварки одного стыка труб;

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

$\text{Пг}_{\text{баз.}} = 2054/1,89 = 1200$ изделий за год;

$\text{Пг}_{\text{проектн.}} = 2054/0,76 = 2702$ изделий за год.

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем $\text{Пг} = 1200$ изделий за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

$$n_{\text{расч}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot \text{Пг}}{F_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}}} \quad (4.5)$$

где $t_{\text{шт}}$ – затрачиваемое штучное время на сварку одного стыка труб;

Пг – принятое значение годовой программы;

$F_{\text{Э}}$ – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования;

$K_{\text{ВН}}$ – принятое значение коэффициента выполнения нормы.

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{\text{расч.б}} = \frac{1,89 \cdot 1200}{2054 \cdot 1,1} = 1,0$$

$$n_{\text{расч.пр}} = \frac{0,76 \cdot 1200}{2054 \cdot 1,1} = 0,40$$

На основании проведённых расчётов принимаем одну единицу оборудования для реализации базового технологического процесса и одну единицу оборудования для реализации проектного технологического процесса.

Расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

$$K_z = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (4.6)$$

где $n_{\text{расч}}$ – рассчитанное согласно (4.5) количество сварочного оборудования,

$n_{\text{пр}}$ – принятое ранее количество сварочного оборудования

Подставив в (4.6) необходимые значения, получим:

$$K_{3б} = 1/1 = 1$$

$$K_{3п} = 0,4/1 = 0,4$$

4.4 Вычисление заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Затраты на материалы, используемые при реализации базового и проектного вариантов технологии, определяем с использованием формулы:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{т-з}, \quad (4.7)$$

где C_m – стоимость сварочных материалов;

$K_{т-з}$ – принятое значение коэффициента, учитывающего транспортно-заготовительные расходы.

При выполнении базовой технологии сварки для восстановления изделия предусматривается ручная дуговая наплавка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектом варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой наплавки на плазменную наплавку. Расчёт затрат на материалы производим исходя из описания технологического процесса сварки.

$$M_{\text{баз.}} = 270 \cdot 0,48 = 129,6 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 310 \cdot 0,448 + 90 \cdot 0,213 = 158,05 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы (ФЗП) представляет собой сумму основной и дополнительной заработных плат. Для расчётного определения основной заработной платы используем зависимость:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot Cч \cdot Kд \quad (4.8)$$

где $Cч$ – принятое значение тарифной ставки;

$Kд$ – принятое значение коэффициента, который учитывает затраты на доплату к основной заработной плате.

Подставив в (4.8) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{осн.баз.}} = 1,89 \cdot 150 \cdot 1,88 = 533,00 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 0,76 \cdot 120 \cdot 1,88 = 171,46 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

$$З_{\text{доп}} = З_{\text{осн}} \cdot К_{\text{доп}} / 100 \quad (4.9)$$

где $К_{\text{доп}}$ – значение коэффициента, который учитывает затраты на отчисления на дополнительную заработную плату

Подставив в (4.9) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{доп.баз.}} = 533,00 \cdot 12 / 100 = 63,96 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 171,46 \cdot 12 / 100 = 20,58 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{\text{баз.}} = 533,00 + 63,96 = 596,96 \text{ руб.};$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 171,46 + 20,58 = 192,04 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины отчислений на социальные нужды производим с использованием формулы:

$$О_{\text{сс}} = \Phi ЗП \cdot К_{\text{сс}} / 100, \quad (4.10)$$

где $К_{\text{сс}}$ – значение коэффициента, который учитывает затраты отчисления на социальные нужды.

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

$$О_{\text{сс.баз.}} = 596,96 \cdot 34 / 100 = 202,97 \text{ руб.}$$

$$О_{\text{сс.проектн.}} = 192,04 \cdot 34 / 100 = 65,29 \text{ руб.}$$

Расчёт затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования производим с использованием зависимости:

$$З_{\text{об}} = А_{\text{об}} + Р_{\text{э-э}}, \quad (4.11)$$

где $А_{\text{об}}$ – принятая величина амортизации оборудования;

$Р_{\text{э-э}}$ – величина затрат на электрическую энергию;

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot На \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100} \quad (4.12)$$

где $Ц_{об}$ – принятое значение стоимости оборудования;

$На$ – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$A_{обб} = \frac{11400 \cdot 1,5 \cdot 21 \cdot 1}{2054 \cdot 100} = 1,75 \text{ рублей}$$

$$A_{обпр} = \frac{67200 \cdot 0,6 \cdot 21 \cdot 1}{2054 \cdot 100} = 4,12 \text{ рублей}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{э-э}}{КПД} \quad (4.13)$$

где $M_{уст}$ – принятое значение мощности установки;

$Ц_{э-э}$ – стоимость электрической энергии;

$КПД$ – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

$$P_{э-эб} = \frac{3,6 \cdot 1,79 \cdot 1,5 \cdot 1}{0,7} = 13,81 \text{ рублей}$$

$$P_{э-эпр} = \frac{5,0 \cdot 1,79 \cdot 0,6 \cdot 1}{0,7} = 7,67 \text{ рублей}$$

$$З_{оббаз.} = 1,75 + 13,81 = 15,56 \text{ руб.}$$

$$З_{обпроектн.} = 4,12 + 7,67 = 11,79 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на содержание и эксплуатацию площадей производим на основании зависимости:

$$З_{пл} = P_{пл} + A_{пл}, \quad (4.14)$$

где $P_{пл}$ – величина затрат на эксплуатацию и содержание производственных площадей;

$A_{пл}$ – амортизация площадей.

Величину затрат на содержание производственных площадей вычисляем на основании зависимости:

$$P_{пл} = \frac{C_{ЭКСПЛ} \cdot S \cdot t_{шт}}{F_9}, \quad (4.15)$$

где $C_{ЭКСПЛ}$ – расходы на содержание площадей

S – площадь, занятая под оборудование.

Подставив в (4.15) необходимые значения, получим:

$$P_{плб} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 16}{4108} = 156 \text{ руб.}$$

$$P_{плпр} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 6}{4108} = 58 \text{ руб.}$$

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

$$A_{пл} = \frac{Ц_{пл} \cdot На_{пл} \cdot S \cdot t_{шт}}{F_9 \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где $На_{пл}$ – принятое значение нормы амортизации площади;

$Ц_{пл}$ – цена приобретения площадей

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

$$A_{плб} = \frac{3000 \cdot 8 \cdot 1,89 \cdot 21}{2054 \cdot 100} = 4,64$$

$$A_{плпр} = \frac{3000 \cdot 11 \cdot 0,76 \cdot 21}{2054 \cdot 100} = 2,56$$

$$З_{плбаз.} = 4,64 + 13,25 = 17,89 \text{ руб.}$$

$$З_{плпрПроектн.} = 2,56 + 7,33 = 9,89 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{ТЕХ} = М + ФЗП + Осс + З_{об} + З_{пл} \quad (4.17)$$

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{ТЕХБаз.} = 129,6 + 596,96 + 202,97 + 15,56 + 17,89 = 962,98 \text{ руб.}$$

$$C_{ТЕХПроектн.} = 158,05 + 192,04 + 65,29 + 11,79 + 9,89 = 437,06 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величину цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.18)$$

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент, который учитывает цеховые расходы

Подставив в (4.18) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 962,98 + 533,00 \cdot 1,5 = 962,98 + 799,50 = 1762,48 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 437,06 + 171,46 \cdot 1,5 = 437,06 + 257,19 = 694,25 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.19)$$

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – коэффициент, учитывающий заводские расходы

Подставив в (4.19) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 1762,48 + 533,00 \cdot 2,15 = 1762,48 + 1145,95 = 2980,43 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 694,25 + 171,46 \cdot 2,15 = 694,25 + 368,64 = 1062,89 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки при реализации базового и проектного вариантов технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Условные обозначения	Калькуляция, рублей	
			Базовый	Проектный
1	Материалы	М	129,6	158,05
2	Фонд заработной платы	ФЗП	596,96	192,04
3	Отчисления на социальные нужды	О _{сн}	202,97	65,29
4	Затраты на оборудование	Зоб	15,56	11,79
5	Расходы на площади	Зпл	17,89	9,89
	Себестоимость технологическая	Стех	962,98	437,06
6	Расходы цеховые	Рцех	799,50	257,19
	Себестоимость цеховая	Сцех	1762,48	694,25
7	Расходы заводские	Рзав	1145,95	368,64
	Себестоимость заводская	С _{зав}	2980,43	1062,89

4.6 Определение капитальных затрат при реализации базового и проектного вариантов технологии

Расчётное определение величины капитальных затраты, сопровождающих реализацию базового варианта технологии производим с использованием следующей зависимости:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot C_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{3.Б.}, \quad (4.20)$$

где K_3 – значение коэффициента, который учитывает загрузку технологического оборудования;

$C_{\text{ОБ.Б.}}$ – размер остаточной цены оборудования, полученный с учетом срока службы технологического оборудования (рублей);

n – принятое количество оборудования, которое необходимо для выполнения производственной программы согласно описанию технологического процесса.

$$C_{\text{ОБ.Б.}} = C_{\text{ПЕРВ.}} - (C_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100), \quad (4.21)$$

где $C_{\text{ПЕРВ.}}$ – стоимость приобретения технологического оборудования (рублей)

$T_{\text{СЛ}}$ – установленный срок службы технологического оборудования на момент внедрения результатов выпускной квалификационной работы в производство (лет);

N_A – принятое значение нормы амортизации технологического оборудования (%).

Подставив в (4.20) и (4.21) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 24000 - (24000 \cdot 2,5 \cdot 21 / 100) = 11400 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 11400 \cdot 1 = 11400 \text{ рублей}$$

Расчётное определение величины общих капитальных затрат при реализации проектного варианта технологического процесса производим с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОПР}} \quad (4.22)$$

где $K_{\text{ОБ}}$ – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование;

$K_{\text{ПЛ}}$ – принятая величина капитальных вложений в площади (поскольку базовый и проектный вариант технологии предполагает использование одной и той же площади, размеры площади не изменились, поэтому расчёта капитальных вложений в площади не производим);

$K_{\text{СОП}}$ – принятая величина сопутствующих капитальных вложений.

$$K_{\text{ОБПроектн}} = \Pi_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (4.23)$$

Подставив в (4.23) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 1 \cdot 160000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 67200 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}} \quad (4.24)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение затрат на демонтаж технологического оборудования для реализации базового процесса;

$K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования.

$$K_{\text{ДЕМ}} = \Pi_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (4.25)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – коэффициент, учитывающий расходы на демонтаж.

Подставив в (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 24000 \cdot 3/100 = 720 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{МОНТ}} = \Pi_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.26)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж технологического оборудования для реализации проектного процесса.

Подставив в (4.24) и (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{МОНТ}} = 1 \cdot 160000 \cdot 2/100 = 3200 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 720 + 3200 = 3920 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 67200 + 3600 + 3920 = 74720 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины дополнительных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ}}. \quad (4.27)$$

Подставив в (4.27) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{доп}} = 74720 - 11400 = 63320 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{P_{\Gamma}}, \quad (4.28)$$

где P_{Γ} – принятое значение годовой программы.

Подставив в (4.28) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{удБаз.}} = 11400 / 1200 = 9,50 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 74720 / 1200 = 62,27 \text{ руб./ед.}$$

4.7 Расчёт показателей экономической эффективности при реализации базового и проектного вариантов технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (4.29)$$

Подставив в (4.29) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{1,89 - 0,76}{1,89} \cdot 100\% = 60\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

$$P_{\Gamma} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.30)$$

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

$$P_{\Gamma} = \frac{100 \cdot 60}{100 - 60} = 150\%$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.31)$$

Подставив в (4.31) необходимые значения, получим:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{962,98 - 437,06}{962,98} \cdot 100\% = 55\%$$

Величину ожидаемой прибыли (условно-годовой экономии) определим по формуле:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \mathcal{E}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} \quad (4.32)$$

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = (2980,43 - 1062,89) \cdot 1200 = 2301048 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{общ}}^{\text{пр}}}{\text{Пр}_{\text{ож}}} \quad (4.33)$$

Подставив в (4.33) необходимые значения, получим:

$$T_{\text{ок}} = \frac{633200}{2301048} \approx 0,5$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства от внедрения более производительного оборудования определим по формуле:

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = [(C_{\text{полн}}^{\text{б}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}^{\text{б}}) - (C_{\text{полн}}^{\text{пр}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}^{\text{пр}})] \cdot N_{\text{пр}} \quad (4.34)$$

Подставив в (4.34) необходимые значения, получим:

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = 1775859 \text{ руб.}$$

Размер годового экономического эффекта в сфере эксплуатации определим по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{гэ}} = [C_{\text{завб}} \cdot T_2 / T_1 - (C_{\text{завпр}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{удпр}})] \cdot \Pi_{\Gamma} \quad (4.35)$$

где T_2 и T_1 – срок службы по проектному и базовому вариантам соответственно.

Подставив в (4.35) необходимые значения, получим:

$$\text{Эгэ} = [(2980,43 \cdot 3/2 + 0,33 \cdot 9,50) - (1062,89 + 0,33 \cdot 62,27)] \cdot 1200 = 4068409 \text{ руб.}$$

Суммарный экономический эффект

$$\text{Э}\Sigma = \text{Эгг} + \text{Эгэ} = 2280151 + 4068409 = 6348560 \text{ руб.}$$

4.8 Заключение по экономическому разделу

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, как технологическая и заводская себестоимость сварки.

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 60 %, увеличение производительности труда на 150 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 55 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 2,3 млн. рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 6,3 млн рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,03 года.

На основании вышеизложенного делаем вывод о том, что разработанная технология сварки трубопровода обладает экономической эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности восстановления изношенных деталей машин на примере вала-шестерни установки гидроочистки нефтепродуктов.

На основании анализа состояния вопроса были сформулированы задачи, при решении которых можно достигнуть поставленной цели: 1) выполнить оценку возможных способов восстановления детали; 2) произвести разработку технологического процесса, обеспечивающего реновацию вала; 3) предусмотреть оборудование для реализации предлагаемых решений; 4) произвести повышение эффективности наплавки путём применения достижений науки в области реновации деталей машин.

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения восстановительной наплавки изделий. При выполнении базовой технологии предусматривается ручная дуговая наплавка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектом варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой наплавки на плазменную наплавку. Применение предложенных технологических решений позволит получить снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества проводимых наплавочных работ.

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов.

Произведена оценка экономической эффективности проектной технологии. Установлено, что проектный вариант восстановления после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение

трудоемкости на 60 %, увеличение производительности труда на 150 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 55 %. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 6,34 млн рублей.

На основании вышеизложенного можно заключить о достижении поставленной цели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г.А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А.И. Акулова, 1979. – 462 с.
2. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах / Под общ. Ред. Н.П. Алёшина, Г.Г. Чернышова – М.: Машиностроение, 2004. Т.2 / Н.П. Алёшин [и др.] – 480 с.
3. Бойцов Ю.П. Надежность, эксплуатация и ремонт металлургических машин и оборудования: Учеб. пособие / Ю.П. Бойцов, С.Л. Иванов, А.С. Фокин. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб, 2006. 99 с.
4. Шелягин, В.Д. Лазерно-микроплазменная наплавка – эффективный способ повышения качества наплавленных слоев/ В.Д. Шелягин, В.Ю. Хаскин, А.В. Бернацкий, А.В. Сиора // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганск: СНУ, 2011. – № 1. – С. 182–188.
5. Diltthey U. Prospects by combining and coupling laser beam and arc welding processes / U. Diltthey, A. Wieschemann // Rivista Italiana della Saldatura. – 2000. – Vol. 52, № 6. – P. 749–759.
6. Surface Preparation and Thermal Spray in a Single Step: the PROTAL process / C. Coddet, G. Montaron, T. Marchione, O. Freneaux // Proc. of 15th ITSC, Nice, Franc. – 1998. – Vol. 2. – P. 1321–1325.
7. Кривцун, И.В. Комбинированные лазерно-дуговые процессы обработки материалов и устройства для их реализации : дис. ... д-ра техн. наук : 05.09.10. / Игорь Витальевич Кривцун. – Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАНУ, 2002. – 393 с.
8. Лазерно-дуговые и лазерно-плазменные технологии сварки и нанесения покрытий / В. Д. Шелягин, И. В. Кривцун, Ю. С. Борисов, В. Ю.

Хаскин, Т. Н. Набок, А. В. Сиора, А. В. Бернацкий, С. Г. Войнарович, А. Н. Кислица, Т. Н. Недей // Сварка в Сибири. – 2006. – № 1. – С. 32–36.

9. Харламов, Ю.А. Влияние микрорельефа поверхности на прочность сцепления с газотермическими покрытиями / Ю.А. Харламов, Ю.С. Борисов // Автоматическая сварка. – 2001. – № 6. – С. 19–26.

10. Махненко, В.И. Влияние последующей деформационной обработки на перераспределение остаточных напряжений в наплавленных валах / В.И. Махненко, В.М. Шекера, Т.Г. Кравцов, В.В. Севрюков // Автоматическая сварка. – 2001. – № 7. С. 3–6.

11. Постников, С.А. Восстановление цапф валов бумагоделательных машин / С.А. Постников, Е.Н. Владимиров, А.Н. Пищальников и др. // Вестник ПСТУ. – 2003. – № 2. – С. 105–112.

12. Данилов, П.А. Повышение эффективности восстановления работоспособности изношенных деталей на основе обоснованного выбора технологических методов восстановления их эксплуатационных свойств: Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Москва: Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», 2010.

13. Сидоров, А.И. Восстановление деталей машины напылением и наплавкой / А.И. Сидоров. – М. : Машиностроение, 1987. – 192 с.

14. Гладкий, П.В. Плазменная наплавка / П.В. Гладкий, Е.Ф. Переплетчиков, И.А. Рябцев. – К. : Екологія, 2007. – 292 с.

15. Малаховский, В.А. Плазменные процессы в сварочном производстве / В.А. Малаховский. - М.: Высшая школа, 1988. - 72 с.

16. Кудинов, В.В. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий / В.В. Кудинов, В.М. Иванов. – М. : Машиностроение. – 1981. – 192 с.

17. Жариков, С.В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на параметры наплавленного валика / С.В. Жариков // Вісник східноукраїнського

національного університету ім. В. Даля.. – Луганск: СНУ, 2010. – № 2. – С. 102–105.

18. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.

19. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.

20. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.