

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, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология поверхностного упрочнения и нанесения покрытий
на материалах

Студент

А.В. Рунов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

ст. преподаватель Д.И. Плахотный

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

Аннотация

Цель выпускной квалификационной работы – экономия материальных ресурсов за счет упрочнения и повышения ресурса инструмента.

Для достижения поставленной цели работы были решены следующие задачи: выбран способ упрочнения; для выбранного способа упрочнения подобраны технологические режимы; разработан технологический процесс, основанный на предлагаемом способе упрочнения; проработана защита производственного персонала и окружающей среды от опасных и вредных факторов; обоснованы предложенные решения с точки зрения экономических расчетов.

Пояснительная записка содержит 53 стр., 10 рисунков, 13 таблиц.

Выполнен анализ эксплуатационных факторов, действующих на инструмент в процессе его работы. Проанализирована свариваемость сталей применяемых для изготовления режущего и штампового инструмента. Проведен анализ базового технологического процесса, выявлены недостатки базовой технологии – низкая степень упрочнения и необходимость последующей механической обработки. Разработан технологический процесс упрочнения методом финишно-плазменного упрочнения. Подобрано оборудование. Для защиты персонала участка от вредных факторов при операциях финишного плазменного упрочнения предложены соответствующие технические и организационные мероприятия. Ожидаемый экономический эффект составит 173209 рублей.

Abstract

The purpose of the final qualification work is to save material resources by strengthening and increasing the resource of the tool. To achieve the set goal of the work, the following tasks were solved: a hardening method was selected; technological modes were selected for the selected hardening method; a technological process based on the proposed hardening method was developed; protection of production personnel and the environment from dangerous and harmful factors was worked out; the proposed solutions were justified from the point of view of economic calculations.

The explanatory note contains 53 pages, 10 figures, 13 tables.

The analysis of operational factors acting on the tool during its operation is carried out. The weldability of steels used for the manufacture of cutting and stamping tools is analyzed. The analysis of the basic technological process is carried out, the disadvantages of the basic technology are revealed – a low degree of hardening and the need for subsequent machining. The technological process of hardening by the method of finish-plasma hardening has been developed. The equipment has been selected. To protect the personnel of the site from harmful factors during the operations of finishing plasma hardening, appropriate technical and organizational measures are proposed. The expected economic effect will be 173209 rubles.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений.....	6
1.2 Описание инструмента и условий его эксплуатации.....	6
1.2 Свойства материала применяемого для штампов.....	9
1.3 Применяемая технология упрочнения инструмента.....	11
1.3 Задачи работы.....	13
2 Разработка технологического процесса.....	14
2.1 Обоснование способа сварки взамен применяемого.....	14
2.2. Разработанная технология поверхностного упрочнения.....	18
3 Безопасность и экологичность проекта.....	22
3.1 Технологическая характеристика объекта.....	22
3.2 Систематизация профессиональных рисков.....	23
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	25
3.4 Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке ..	27
3.5 Экологическая безопасность разработанного технического объекта ...	29
4 Экономические расчеты.....	32
4.1 Вводная информация для расчета.....	32
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования.....	34
4.3 Расчёт штучного времени.....	35
4.4 Определение заводской себестоимости применяемого и предлагаемого вариантов.....	37
4.5 Определение капитальных затрат.....	42
4.6 Показатели экономической эффективности.....	45
Заключение.....	49
Список используемой литературы и используемых источников.....	51

Введение

Инструментальные стали работают в условиях значительных механических нагрузок. При обработке материалов резанием образуются новые поверхности за счет удаления части материала. При штамповой обработке происходит деформация обрабатываемых заготовок за счет механического воздействия штампа. Штамповка подразделяется на горячую и холодную. При этом штампы по воздействию на обрабатываемый материал бывают вырубные, гибочные, режущие, формовочные, гибочные [8].

При резке обрабатываемая деталь разделяется на отдельные части. При вырубке из металлического листа получают детали замкнутого контура. Формовка характеризуется тем, что отдельные участки обрабатываемой детали меняют свою форму. Гибка подразумевает изгиб пластины в одной плоскости или в нескольких плоскостях.

Одной из проблемных частей при нанесении упрочняющих покрытий на инструмент является трещинообразование в местах нанесения покрытий наплавкой. Наплавленный металл является концентратором напряжений, его прочностные свойства могут существенно отличаться в худшую сторону от основного металла. Особенно это проявляется в покрытиях, выполненных с применением ручной дуговой сварки. Это обстоятельство следует учитывать при построении технологии ремонта металлических конструкций грузоподъемной техники с применением сварочных технологий.

Штампы могут крепиться соответствующим образом на кривошипные или гидравлические прессы.

Для повышения эффективности инструмента при штамповой обработке и обработке резанием существует ряд технологий упрочнения.

Таким образом, в качестве цели выпускной квалификационной работы определим – экономия материальных ресурсов за счет упрочнения и повышения ресурса инструмента.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.2 Описание инструмента и условий его эксплуатации

Инструмент применяется как при штамповке материала, так и при обработке резанием. Штамп представляет из себя достаточно сложную конструкцию, рисунок 1.

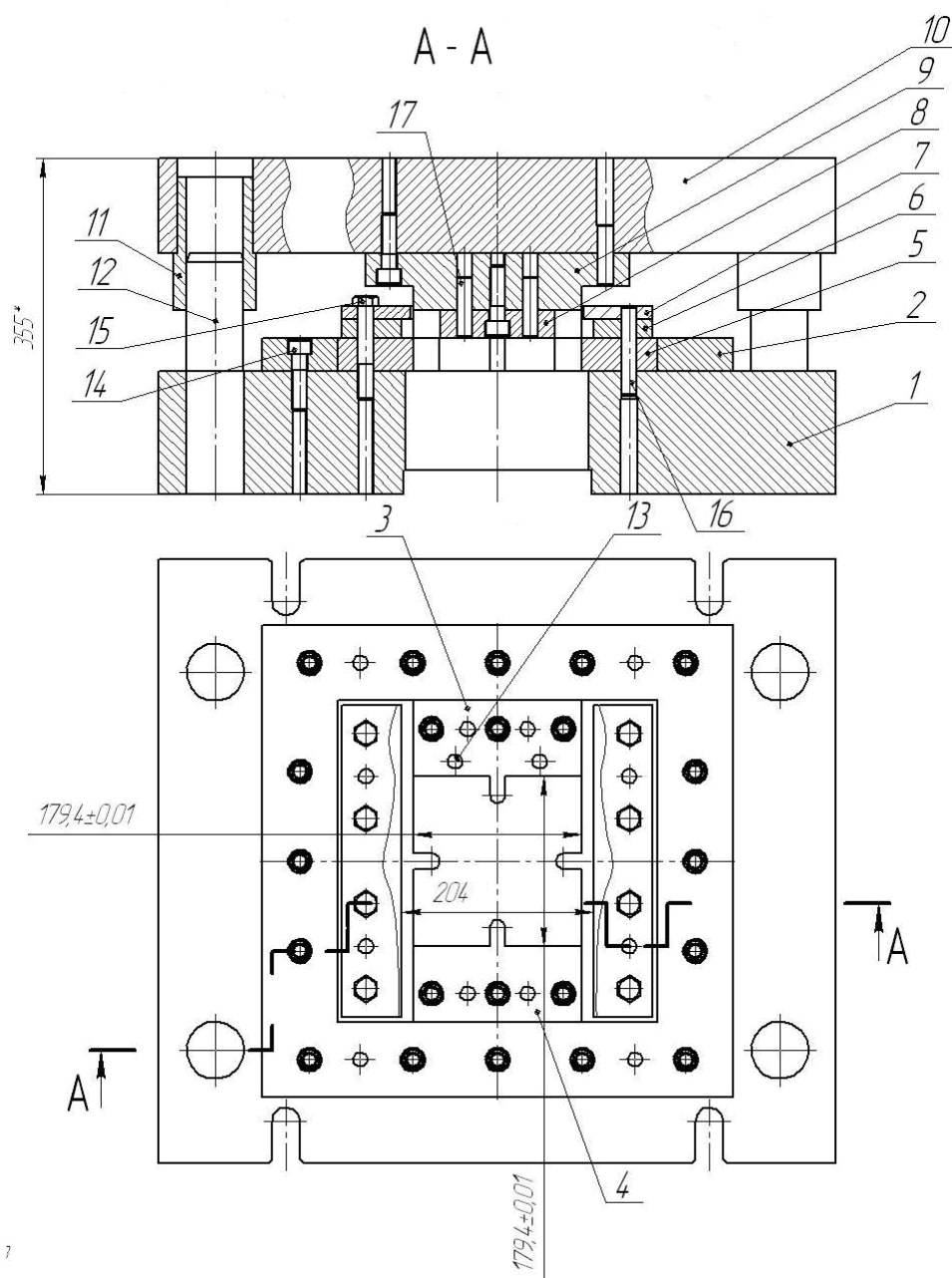


Рисунок 1 – Общий вид штампа

Показанный на рисунке 1 штамп включает в свой состав следующие детали: позиция 1 – плита, позиция 2 – матрицедержатель, позициями 3, 4, 5

обозначены полуматрицы, позицией 6 обозначена направляющая, позицией 7 обозначен съемник, позицией 8 на рисунке обозначен пуансон, позицией 9 обозначен пуансонодержатель, 10 – плита верхняя, 11 – втулка, 12 – колонка, 13 – упор. Кроме того, в состав входят стандартные изделия. 14 – винт М16, 15 – болт М16, 16 – штифт 16x95, 17 – штифт 16x65 [8].

Режущий инструмент конструктивно устроен проще. Это или одна деталь, выполненная из инструментальных сталей. Выпускаются инструментальные стали согласно ГОСТ 1435-99. К разряду данных сталей относят марки У7; У8; У8Г; У9; У10; У11; У12; У7А; У8А; У8ГА; У9А; У10А; У11А; У12А. Общее требование – углерода в них должно быть более, чем 0,7%. Также одна деталь – инструмент выполненный из быстрорежущих сталей. Быстрорежущие стали, Р6М5, Р6М5Ф2К8, Р9М4К8. Помимо высокого содержания углерода данные стали содержат такие легирующие компоненты как хром, вольфрам, молибден. Сталь Р6М5Ф2К8 содержит еще и кобальт в количестве 8%.

Однако в некоторых случаях даже указанные материалы не могут обеспечить должной степени производительности и обрабатывать некоторые материалы. Поэтому применяют составной режущий инструмент [4]. На основание выполненное из достаточно прочной стали, паяют пластины из твердых сплавов. В состав таких сплавов входит смесь зерен карбидов, нитридов, карбонитридов тугоплавких металлов. Все вместе соединено, как правило, кобальтовой связкой. Кобальт является обязательным компонентом в таких сплавах [7].

Пластины, напаиваемые на основание из прочной стали показаны на рисунке 2. Справа сверху на рисунке показана пластина для нарезания резьбы, под ней пластина для проходного резца, слева показаны пластины для отрезных резцов [5].



Рисунок 2 – Металлокерамические пластины для резцов

Также применяют составной режущий инструмент с механическим креплением пластин, рисунок 3.

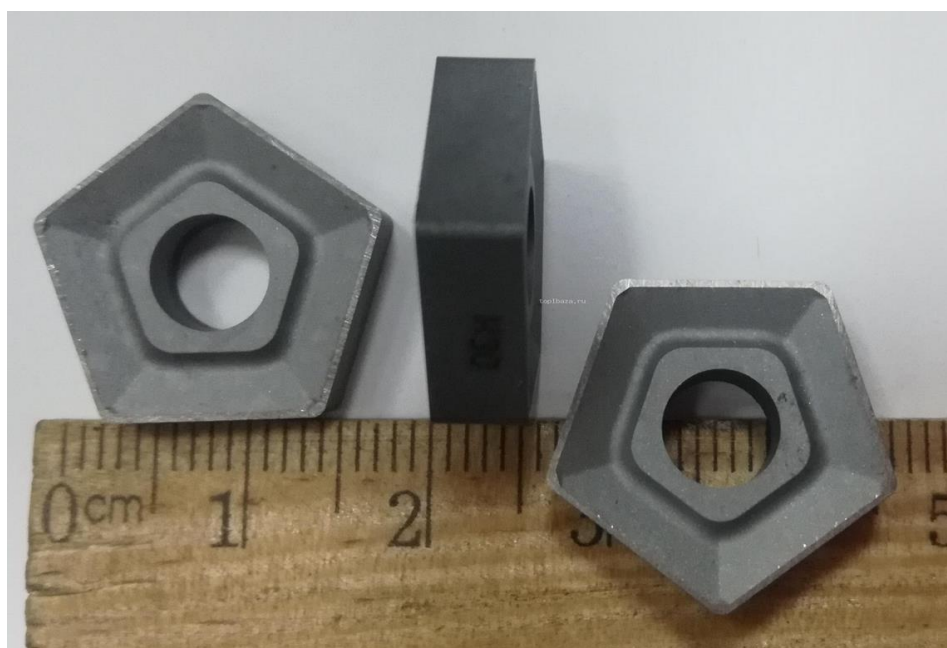


Рисунок 3 – Твердосплавные пластины для механического крепления

Однако крепление пластин пайкой обеспечивает получение большей нагрузки на резец в процессе эксплуатации [6]. Второе преимущество – не нужно выполнять трудоемкую механическую обработку державки.

1.2 Свойства материала применяемого для штампов

Вытяжные и вырубные штампы изготавливают из углеродистых сталей У10-У12 и низколегированных Х, ХВГ, ХВСГ [22]. Содержание химических элементов в стали У10 отражено в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали У10 в процентах

Марка материала	углерод	кремний	марганец	хром	медь	никель	фосфор	сера
	Не более							
	C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	P	S
Сталь У-10	0,95-1,09	0,17-0,33	1,17-0,33	0,2	0,2	0,2	0,025	0,018

В таблице 2 отражено содержание химических элементов в стали ХВСГ.

Таблица 2 – Химический состав стали ХВСГ в процентах

Марка материала	углерод	кремний	марганец	хром	медь	никель	фосфор	сера
	Не более							
	C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	P	S
Сталь ХВСГ	0,9-1,05	0,9-1,1	0,8-1,1	0,9-1,2	0,2	0,2	0,025	0,018

Оценить возможность упрочнения материалов наплавкой можно определив такой показатель как свариваемость данных материалов. Согласно определению в ГОСТ 29273–92, свариваемость является комплексной характеристикой [3]. На свариваемость оказывает влияние выбранный способ сварки, химический состав материала, эксплуатационные требования к изделию, тип сварной конструкции. Данный подход к определению свариваемости реализован и в зарубежных стандартах, например ИСО 581–80. Таким образом, материал, который невозможно соединить сваркой одним способом, успешно соединяется другим. Если получить работоспособное соединение в данных условиях эксплуатации одним способом невозможно, применив другой способ можно получить соединение,

успешно эксплуатируемое в данных условиях [1]. Положение сварного соединения на металлоконструкции может быть таким, что одним способом сварки его требуемые эксплуатационные характеристики не могут быть достигнуты, но другим способом сварки получаем вполне работоспособное в данных условиях изделие [2].

Рассмотрим все это детально. Например, диффузионной сваркой в вакууме можно соединять самые фантастические сочетания материалов. Однако данный способ требует дорогостоящего оборудования, высокой культуры производства и применим для получения уникальных изделий. Сварка плавлением нашла большее распространение в промышленности по причине мобильности оборудования, возможности соединения элементов крупногабаритных конструкций. По химическому составу материала следует отметить, что в настоящее время практически все конструкционные материалы успешно соединяются широко распространенной сваркой плавлением [28]. Данной технологией можно соединить алюминий и его сплавы, стали, медь, никель. Однако при сварке плавлением значительное влияние на свариваемость оказывает химический состав соединяемых материалов. В нашем случае необходимо оценить свариваемость инструментальной стали. Для оценки влияния химического состава стали на ее свариваемость применяют расчетные зависимости по определению эквивалента углерода, в частности из ГОСТ 19281-89. Приведенная в данном ГОСТ формула по определению эквивалента углерода выглядит так:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}, \quad (1)$$

После того, как по данной формуле определено численное значение $C_{\text{э}}$ его анализируют, сопоставляя с фиксированными показателями. Если полученное расчетное значение не превышает значение фиксированного показателя 0,25, то указанная сталь обладает хорошей свариваемостью. Если полученное расчетное значение находится в пределах 0,25... 0,35 то данная сталь обладает удовлетворительной свариваемостью. Требуется введение в

технологический процесс получения изделия дополнительных операций, таких как предварительные подогрев или термообработка после сварки. Возможно решение проблемы свариваемости специальными технологическими приемами, сварка короткой дугой, например. Если полученное расчетное значение находится в пределах 0,35...0,45 сталь характеризуется ограниченной свариваемостью. Здесь сварку необходимо вести в узком диапазоне режимов, обязателен подогрев до сварки и после сварки необходима термообработка соединения. И если расчетное значение получено свыше 0,45 сталь плохо сваривается. Даже вводя в технологический процесс перечисленные здесь технологические приемы, получаем в итоговом сварном соединении трещины, закалочные структуры.

Для соединения деталей из стали У-10 и ХВСГ применяют практически все способы сварки плавлением. Однако при превышении критической скорости охлаждения металла возможно получение закалочных структур. В качестве мер борьбы с данным явлением применяют предварительный подогрев и медленное охлаждение после выполнения сварного соединения. Кроме того, по сравнению с низкоуглеродистыми сталями конструкции из стали У-10 и ХВСГ обладают меньшей стойкостью против кристаллизационных трещин. Для увеличения стойкости против кристаллизационных трещин применяют сварочную проволоку с пониженным содержанием серы и углерода [33].

1.3 Применяемая технология упрочнения инструмента

Рассмотрим вариант для упрочнения нанесением покрытий газотермическим напылением. Детали штампа на участок для упрочнения нанесением покрытий поступают в оборотной таре. На участке детали штампа складываются на стеллаже.

При выполнении упрочнения инструмента предусматривается проведение следующих операций:

- подготовка поверхности инструмента;

- газотермическое напыление покрытия;
- охлаждение инструмента;
- контроль качества.

При выполнении подготовительных операций проводят промывку штампа и контроль его состояния. Следует помнить о том, что на поверхности инструмента присутствуют различные загрязнения, которые характеризуются высоким прилипанием (адгезией): следы смазки, продукты коррозии [13].

Очистка деталей от загрязнений - наиболее характерная и специфическая операция при нанесении покрытий. Очистку инструмента от загрязнений проводят с использованием щелочного состава, в качестве которого используется препарат МЛ-51 или препарат МЛ-52, приготовленные в виде водного раствора. Концентрация раствора составляет 10...30 г/л, для использования готовый раствор подогревают до температуры 75...80°C. Детали штампа промывают в течение 30...40 минут [26].

Если по данной технологии производим упрочнение инструмента уже побывавшего в эксплуатации, то детали поступают на рабочее место дефектовщика. При этом детали штампа разделяют на три группы. Первая - годные детали, износ которых лежит в допустимом диапазоне. Вторая - ремонтнопригодные детали. Третья - забракованные детали, восстановление которых невозможно имеющимися на предприятии технологическими средствами, эти детали инструмента отправляются на утилизацию [27].

Газотермическое напыление выполняют по режиму: расход кислорода 2 м³/час, расход ацетилена 0,7 м³/час расстояние от сопла до напыляемой поверхности 150 мм, зажигают горелку и включают подачу шнурового материала. Скорость подачи шнурового материала устанавливать 2 м/мин.

«Затем производится термообработка – стабилизирующий отпуск, который позволит снять остаточные напряжения растяжения в напыленном слое. Детали штампа загружают в электропечь СНО, и производят нагрев до температуры 200°C, и выдерживают при такой температуре в течение 3х

часов. Для контроля изделия используется плита поверочная, индикатор часовой типа ИЧ-2 микрометр, твердометр. Твердость поверхности должна находиться в пределах $HV=3000-3100$ МПа. Отклонение размеров поверхностей должно находиться в пределах допусков» [13].

1.3 Задачи работы

Проведенный анализ условий эксплуатации изделия и базового технологического процесса показал, что достижения цели бакалаврской работы необходима замена применяемой технологии упрочнения штампа [32].

Анализ базового технологического процесса упрочнения показал, что у него есть минусы. Главный из которых низкая адгезия покрытия к подложке. На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи на выполнение выпускной квалификационной работы:

- выбрать способ упрочнения взамен применяемого;
- для выбранного способа упрочнения подобрать технологические режимы, сварочные материалы;
- разработать технологический процесс, основанный на предлагаемом способе упрочнения;
- проработать защиту производственного персонала и окружающей среды от опасных и вредных факторов;
- обосновать предложенные решения с точки зрения экономических расчетов.

2 Разработка технологического процесса

2.1 Обоснование способа сварки взамен применяемого

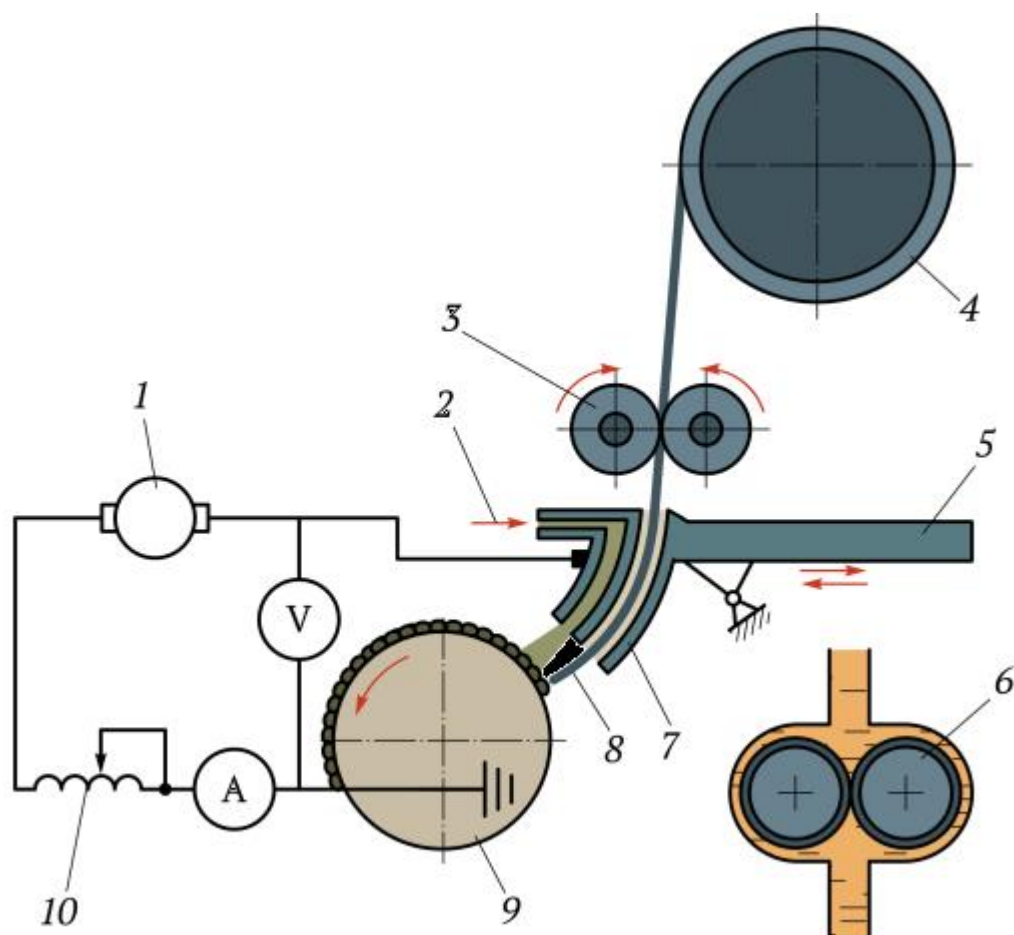
В настоящее время применяется газотермический способ нанесения покрытий [1,17]. Современные технологии позволяют выделить несколько технологических приёмов, которые позволяют с той или иной эффективностью проводить упрочнение нанесением покрытий инструмента.

К первому способу относится способ нанесения гальванических покрытий [21], при этом, если износ инструмента составляет менее 0,5 мм, применяют хромирование, если износ составляет более 0,5 мм – никелирование с последующим хромированием.

Современное состояние технологий позволяет для альтернативных способов нанесения упрочняющих покрытий выполнить анализ следующих способов:

- вибродуговое нанесение покрытий,
- плазменное нанесение покрытий
- финишное плазменное упрочнение.

При вибродуговой наплавке, схема выполнения которой представлена на рисунке 4, электрод диаметром 1,5...2 мм вибрирует с частотой 30...100 Гц и амплитудой 0,5...1 мм. В результате таких вибраций происходит периодическое закорачивание дуги на наплавляемое изделие. В результате периодически происходящих коротких замыканий часть наплавляемого электрода переходит на поверхность детали. В результате образуется наплавленный слой малой толщины. Поскольку изделие постоянно охлаждается с применением жидкости или сжатого воздуха, деформирования в процессе наплавки практически не происходит. Также из-за высокой скорости охлаждения увеличивается твёрдость наплавленного слоя [31].



1 — источник тока; 2 — штуцер для подачи охлаждающей жидкости; 3 — механизм подачи электродной проволоки; 4 — кассета с электродной проволокой; 5 — коромысло; 6 — насос для подачи охлаждающей жидкости; 7 — мундштук; 8 — электрод; 9 — наплавляемая деталь; 10 — дроссель

Рисунок 4 – Схема процесса вибродуговой наплавки.

В процессе вибродуговой наплавки покрытие имеет большое количество пор и обладает неравномерной твёрдостью по площади. Также структура покрытия неравномерна, что приводит к образованию значительных остаточных растягивающих напряжений, в результате которых происходит снижение усталостной прочности на 30...40 % [30].

При плазменном напылении, схема выполнения которого представлена на рисунке 5, наблюдается большая концентрация потока тепла. Плазменное напыление позволяет применять тугоплавкие материалы: металлы (вольфрам, молибден, тантал и пр.), окислы металлов (алюминия, магния,

циркония), силициды, карбиды, бориды. При прохождении через плазменную струю порошки этих материалов переходят в пластическое состояние и разгоняются до значительной скорости [29]. При соударении частиц покрытия с поверхностью восстанавливаемой детали происходит их расплющивание и внедрение на поверхность с заполнением неровностей.

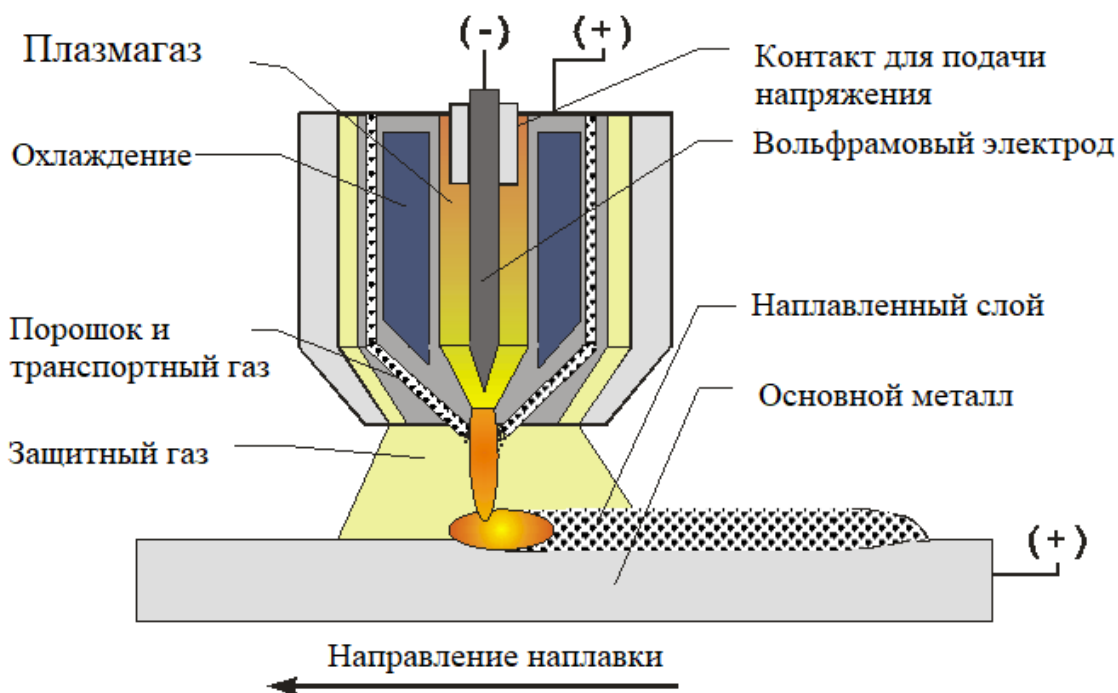


Рисунок 5 – Схема плазменного нанесения покрытий

Плазменное нанесение покрытий, трудно осуществимы применительно к рассматриваемым деталям. Низкая прочность сцепления покрытия с основой, присущая плазменному напылению, не позволяет использовать эти способы для восстановления деталей машин, работающих в условиях ударных нагрузок. Увеличение толщины наплавленного слоя до 1...1,3 мм приводит к катастрофическому уменьшению прочности сцепления с основой.

Методы химического осаждения из газовой фазы применяют только для нанесения покрытий на твердые сплавы т.к. температура нагрева покрываемой поверхности составляет 750-1050 С [23].

«Нашли широкое распространение различные ионно-плазменные методы нанесения покрытий, при которых происходят плазмохимические реакции с ионами рабочего газа или специально вводимых в камеру добавок» [13].

«Конденсация вещества из плазменной фазы в условиях ионной бомбардировки получил широкое применение при нанесении упрочняющих покрытий. Основной недостаток электродуговых испарителей, при помощи которых реализуется метод, является наличие в плазме микрочастиц в виде капель или твердых осколков материала катода – так называемой «капельной фазы». Для разделения ионизированного металлического пара от капельной фазы применяют систему сепарирования плазменного потока, позволяющую получать покрытия без вышеуказанных дефектов» [13].

Рассмотрим сравнительно новую технологию – технологию финишного плазменного упрочнения (ФПУ) [26]. «Сущность ФПУ состоит в нанесении износостойкого покрытия с одновременным осуществлением процесса повторной плазменной закалки приповерхностного слоя (на глубину нескольких микрометров). Покрытие является продуктом плазмохимических реакций реагентов, прошедших через дуговой плазмотрон. Закалка происходит за счет локального воздействия высококонцентрированной плазменной струи» [26].

«Эффект от ФПУ достигается за счет изменения физико-механических свойств поверхностного слоя: увеличения микротвердости, уменьшения коэффициента трения, создания сжимающих напряжений, залечивания микродефектов, образования на поверхности диэлектрического и коррозионностойкого пленочного покрытия с низким коэффициентом теплопроводности, химической инертностью и специфической топографией поверхности» [26].

Проведенный анализ условий эксплуатации изделия, возможных вариантов упрочнения показал, что сформулированная во введении цель выпускной квалификационной работы: «экономия материальных ресурсов за

счет упрочнения и повышения ресурса инструмента» может быть достигнута при применении финишного плазменного упрочнения.

2.2. Разработанная технология поверхностного упрочнения

«Технологический процесс упрочнения детали - последовательное изменение ее состояния в целях продления срока эксплуатации.

Проектирование технологического процесса имеет целью установление оптимальной последовательности и способов обработки отдельных поверхностей и всей детали в целом, подбор необходимого оборудования, оснастки и инструмента для обработки и технических норм времени на выполнение работ. Главное требование к технологии упрочнения – обеспечение необходимого уровня служебных свойств деталей при заданной производительности труда с наименьшими затратами» [12].

«Физическая сущность процесса состоит в том, что поверхность материала (металла) подвергается воздействию аргоновой плазменной струи, несущей в себе пары соединений кремния и углерода, что приводит к одновременному воздействию и осаждению на поверхность тонкопленочного аморфного покрытия оксикарбида кремния. Термическое воздействие может сыграть как положительную, так и отрицательную роль. С одной стороны, чем выше температура поверхности изделия (подложки), тем более высокое качество (в первую очередь плотность) будет иметь покрытие. Если, конечно, на поверхности до нанесения покрытия не появится окалина. Кроме того, дозированное термическое воздействие на поверхность некоторых металлов (например, X12M) приводит к весьма благоприятному перераспределению карбидов хрома в приповерхностном слое. С другой стороны, чрезмерное термическое воздействие может вызвать либо появление хрупких фаз (охрупчивание), либо снижение твердости поверхностных слоев (отпуск инструмента). Поэтому, наиболее высоких положительных результатов при использовании технологии ФПУ можно достичь при оптимальном сочетании

и строгом соблюдении технологических (в первую очередь, тепловых) и физико-химических (концентрации паров реагентов в плазме) факторов или параметров режима. Исходя из этого, все параметры режимов технологического процесса можно разделить на две группы: параметры настройки установки и режимы проведения процесса обработки» [23].

Рабочими параметрами установки являются:

- величина рабочего тока, А;
- расход плазмообразующего газа (по ротаметру № 1), делений, (л/мин);
- расход защитного (фокусирующего) газа (задается при настройке установки), (л/мин);
- расход транспортирующего газа (по ротаметру № 2), делений, (л/мин).

В процессе ФПУ значение тока, расхода плазмообразующего и транспортирующего газов, дистанции обработки устанавливаются и поддерживаются постоянными: ток – 100 А; расход плазмообразующего газа – 1,5...2,0 л/мин; расход транспортирующего газа – 0,9...1,2 л/мин; дистанция обработки – 10...20 мм. Точные значения расходов газов устанавливаются в соответствии с рекомендациями инструкции. Значение дистанции обработки в заданном диапазоне незначительно влияет на качество нанесенного покрытия.

«Оборудование для ФПУ включает в себя переносной блок аппаратуры с жидкостным дозатором, рисунок 6, малогабаритный плазмотрон с плазмохимическим генератором, рисунок 7 и источник питания, рисунок 8. Дополнительно данное оборудование может комплектоваться манипулятором, рисунок 9, для вращения изделий, перемещения и позиционирования плазмотрона в процессе ФПУ, блоком автономного охлаждения, мобильной вытяжной системой и прибором контроля качества нанесения покрытия. Основной комплект оборудования для ФПУ показан на рисунке 10» [23].



Рисунок 6 - Блок аппаратуры с жидкостным питателем



Рисунок 7 - Плазматрон с плазмохимическим генератором



Рисунок 8 - Источник тока

Очистку инструмента от загрязнений выполняется с использованием щелочного состава, в качестве которого используется препарат МЛ-51 или препарат МЛ-52, приготовленные в виде водного раствора. Концентрация раствора составляет 10...30 г/л, для использования готовый раствор

подогревают до температуры 75...80°C [24]. Детали штампа промывают в течение 30...40 минут..



Рисунок 9 – Манипулятор



Рисунок 10 - Основной комплект оборудования для ФПУ

Установка предназначена для плазменного безвакуумного нанесения тонкопленочного (толщиной от 0,1 до 2 мкм) алмазоподобного (кремнийуглеродосодержащего) покрытия методом финишного плазменного упрочнения на инструмент, технологическую оснастку и детали машин [25].

3 Безопасность и экологичность проекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

В настоящей выпускной квалификационной работе составлена проектная технология нанесения упрочняющих покрытий на инструмент. В качестве инструмента рассмотрены штампы и режущий инструмент.

Принято решение при построении проектной технологии использовать технологию финишного плазменного упрочнения. Проектный технологический процесс существенно отличается от базового процесса нанесения упрочняющих покрытий. Изменение технологического процесса по сравнению с базовым процессом сварки может привести к возникновению новых опасных и вредных производственных факторов, которые скажутся негативно на здоровье персонала и состоянии окружающей среды [24].

Проектный технологический процесс существенно отличается от базового процесса сварки. Изменились операции согласно карте технологического процесса. Используется оборудование, отличное от оборудования для осуществления базового процесса [10]

В связи с этим необходимо провести исследования особенностей осуществления проектного технологического процесса, направленные на идентификацию опасных и вредных производственных факторов. Идентификация опасных и вредных производственных факторов, в свою очередь, позволит предложить технологические и организационные мероприятия для устранения негативного влияния этих факторов или уменьшения их влияния до допустимого уровня [11].

Кроме того, повышение экологической ответственности производственных предприятий делает необходимым проведение дополнительных технологических и организационных мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия производств на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу) [3].

Таблица 3 - Технологический паспорт технического объекта

Наименование операции предлагаемого технологического варианта	Должность исполнителя	Оборудование необходимое для реализации предлагаемого технологического варианта	Вспомогательные материалы и вещества необходимые для предлагаемого технологического варианта
1) контроль деталей штампа	Дефектоскопист	Измерительный инструмент.	Рукавицы
2) подготовка деталей штампа к нанесению упрочняющих покрытий	Слесарь-сборщик	Щетка металлическая, ветошь.	Рукавицы, ацетон, препарат МЛ-51
3) запуск аппарата в работу	Электросварщик	Аппаратура для ФПУ	Рукавицы, СЕТОЛ 1, СЕТОЛ 2.
4) выполнение нанесения покрытия	Электросварщик	Аппаратура для ФПУ	Рукавицы, СЕТОЛ 1, СЕТОЛ 2.
5) операция проверки качества упрочненного штампа	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля, шаблоны	Рукавицы

Анализ данных в таблице 3 позволяет в дальнейшем провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии.

3.2 Систематизация профессиональных рисков

Рассмотрение операций технологического процесса в направлении поиска опасных и вредных факторов позволит систематизировать факторы для дальнейшего анализа, таблица 4. Травмы на производстве и профессиональные заболевания появляются по причине действия на организм работников опасных и вредных факторов. Если после непродолжительного действия появляются повреждения организма, это травма. Для появления профессионального заболевания требуется действие вредного фактора в течение продолжительного времени, месяцы, годы. В любом случае после систематизации профессиональных рисков потребуются

разработка перечня мероприятий, технических и организационных, по нейтрализации воздействия рисков на человеческий организм [24].

Таблица 4 – Систематизация профессиональных рисков

Наименование операции	Выявленный опасный или вредный фактор, угрожающий жизни и здоровью производственного персонала	Производственные объекты, являющиеся источником опасного или вредного фактора
1	2	3
1) контроль деталей штампа	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. 	- контрольные инструменты
2) подготовка деталей штампа к нанесению упрочняющих покрытий	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	- блок аппаратуры БА-УФПУ-111; Источник тока УФПУ-110
3) нанесение упрочняющего покрытия	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; - подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения; 	<ul style="list-style-type: none"> - оснастка сборочная универсальная; - струбины; - угольник; - линейка; - блок аппаратуры БА-УФПУ-111; - источник тока УФПУ-110
4) операция проверки качества упрочненного штампа	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи. 	- контрольные инструменты

Анализ этих факторов в дальнейшем позволит предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Ранее была выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, совокупное или раздельное действие которых приводит к возникновению профессиональных рисков.

Для уменьшения воздействия на организм работающих на производстве опасных и вредных факторов применяется комплекс организационных и технических мероприятий [14].

Внедряемые на предприятии технологические и организационные мероприятия представлены в таблице 5. Как видно из этой таблицы, предлагаемые мероприятия имеют стандартное исполнение, разработка специализированных средств защиты не требуется.

В первую очередь следует по приему на работу и периодически разъяснять причины возникновения опасных и вредных факторов и методы борьбы с ними. Кроме того, различного рода плакаты, вывешенные на видных местах напоминают работникам каждый день о борьбе с опасными и вредными факторами и причинах их возникновения. Все это организационные мероприятия. К техническим мероприятиям следует отнести различного рода барьеры, устанавливаемые вокруг опасного места, предохранительные устройства, срабатывающие при пересечении работником опасного места [15]. Также для нейтрализации могут быть применены индивидуальные средства защиты, к которым относятся специальная одежда, выполненная для нейтрализации опасного или вредного фактора, различного рода маски, перчатки, специальная обувь, средства

индивидуальной защиты [16].

Таблица 5 – Используемые с целью снижения влияния отрицательных производственных условий средства и методики

Выявленный опасный или вредный фактор, угрожающий жизни и здоровью производственного персонала	Организационные и технические средства нейтрализующие выявленные опасные и вредные факторы.	Средства нейтрализующие опасный или вредный фактор при размещении непосредственно на работнике.
1	2	3
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования.	1) на видных местах вывешиваются плакаты и информационные стенды по правилам поведения в той или иной ситуации; 2) вводные и периодические инструктажи по технике безопасности	Спецодежда, перчатки.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	1) ограждения и барьеры; 2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек 3) установка предохранительных устройств	Спецодежда, перчатки
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	1) местные вытяжные устройства; 2) устройства общеобменной вентиляции; 3) организация общецеховой системы вентиляции, обеспечивающей, в целом, удаление и поступление воздуха извне	Защитные маски
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи.	1) организация защитного заземления; 2) периодические инструктажи по технике электробезопасности; 3) измерения сопротивления изоляции проводников; 4) измерения сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда, перчатки
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности; 2) удаление производственного персонала из места действия данного опасного фактора за счет механизации и автоматизации процесса	Спецодежда, перчатки
6) инфракрасное излучение	1) экранирование опасной зоны; 2) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора установки ФПУ	Спецодежда.

Предлагаемые в работе меры позволяют значительно снизить травматизм персонала при выполнении проектной технологии. Также значительно уменьшается вероятность появления у персонала профессиональных заболеваний.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке

При реализации проектной технологии существует риск подвергания персонала и имущества предприятия опасным факторам пожара. Для того, чтобы предложить меры защиты от пожара, следует, во-первых, разработать мероприятия против возникновения пожара, во-вторых, предусмотреть средства для устранения пожара.

По определению пожар – это неконтролируемый процесс горения. Причиной пожара может быть нарушение технологического регламента, неисправность производственного оборудования, несоблюдение сотрудниками правил пожарной безопасности. Соответственно и мероприятия по обеспечению пожарной безопасности направлены на борьбу с перечисленными причинами [11].

Если рассматривать производственный участок упрочнения рассматриваемого изделия то возможный пожар можно классифицировать как «Е» - горение веществ и материалов под напряжением [19]. Для того, чтобы разработать предложения по предотвращению пожара необходимо проанализировать его опасные факторы, таблица 6. Идентификация опасных факторов при возникновении на предприятии пожара представлена в таблице 10. На основании анализа этих опасных факторов предложены технологические решения по обеспечению пожарной безопасности, представленные в таблице 11

Таблица 6 – Распознавание классов и опасных условий пожара

Участок	Установлено на участке оборудование	«Классификация по виду горящего вещества» [23]	«Наименование основных опасных факторов пожара» [23]	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется нанесение упрочняющих покрытий рассматриваемого изделия	Устройство финишного плазменного упрочнения УФПУ-111	Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е) [22]	«Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него» [23].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [24].

На основании выполненного анализа, мы можем разработать перечень технических и организационных мероприятий, нейтрализующих причины возникновения пожара, таблица 7.

Таблица 7 – Перечень мер по обеспечению пожарной безопасности

Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Средства, применяемые в начале возгорания
Специализированные расчеты (вызываются)	Мобильные средства пожаротушения
Нет необходимости для применения на производственном участке	Стационарные установки системы пожаротушения
Нет необходимости для применения на производственном участке	Средства пожарной автоматики
Пожарный кран	Пожарное оборудование
План эвакуации	Средства, обеспечивающие эвакуацию
Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Пожарный инструмент (механизированный)
Кнопка оповещения, телефон в помещении начальника участка	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.

Для обеспечения защиты участка на высоком уровне также необходимы мероприятия организационного характера, их краткий перечень отражен в таблице 8.

Таблица 8 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для нанесения упрочняющих покрытий по методу УФПУ	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [23].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [23].

Обеспечить защиту персонала и имущества предприятия от возможного пожара, смогут мероприятия, перечисленные в таблице 8.

3.5 Экологическая безопасность разработанного технического объекта

Осуществление проектного технологического процесса приводит к возникновению не только опасных и вредных производственных факторов, но и значительно ухудшает экологическую обстановку из-за отрицательного воздействия на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу). В ходе выполнения настоящего раздела необходимо провести идентификацию вредных экологических факторов, которые возникают при реализации проектной технологии [18]

Таблица 9 – Систематизация факторов негативно влияющих на окружающую среду

Наименование технологического процесса	Перечень операций, технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Нанесение покрытий методом финишного плазменного упрочнения.	Контроль состояния поверхности инструмента, жидкости СЕТОЛ 1, СЕТОЛ 2, нанесение покрытия	«Выделяемые в процессе горения пламени аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы» [14]	«Химикаты, СЕИОЛ 1, СЕТОЛ 2.	«Упаковочный материал от материалов, мусор – бытовой и производственный» [14].

Таблица 10 – Борьба с факторами негативно влияющими на окружающую среду

Наименование мер борьбы	Сварка
Борьба с факторами негативно влияющими на атмосферу.	«Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов» [6].
Борьба с факторами негативно влияющими на гидросферу	Контроль утечек жидкости СЕТОЛ 1, СЕТОЛ 2.
Борьба с факторами негативно влияющими на литосферу	«Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости» [25].

В рамках решения 4 задачи бакалаврской работы выявлены факторы, оказывающее негативное влияние на производственный персонал и окружающую среду [17]. Для успешной борьбы с выявленными факторами предложены уже применяющиеся методики, включающие в себя организационные и технические мероприятия [9]. К числу организационных следует отнести периодические разъяснения причины возникновения опасных и вредных факторов и методы борьбы с ними, во время проведения

вводных и ежеквартальных инструктажей. Кроме того, различного рода плакаты, вывешенные на видных местах напоминают работникам каждый день о борьбе с опасными и вредными факторами и причинах их возникновения. К числу технических мероприятий следует отнести различного рода барьеры, устанавливаемые вокруг опасного места, предохранительные устройства, срабатывающие при пересечении работником опасного места [20]. Также для нейтрализации факторов, оказывающих негативное влияние, могут быть применены индивидуальные средства защиты, к которым относится специальная одежда, выполненная для нейтрализации опасного или вредного фактора, различного рода маски, перчатки, специальную обувь.

При оценке экологичности проектного технологического процесса рассмотрены отрицательные воздействия результатов проведения процесса на окружающую среду – атмосферу, гидросферу и литосферу. Предложенные в разделе мероприятия позволяют выполнить экологические требования, предъявляемые предприятию со стороны природоохранных организаций.

4 Экономические расчеты

4.1 Вводная информация для расчета

Для решения пятой задачи бакалаврской работы необходимо рассчитать экономические параметры разработанной технологии сварки. На основании анализа передовых достижений сварочной науки и возможных вариантов сварки рассматриваемого изделия предложен способ механизированной сварки в газовой смеси. Для реализации предлагаемых технических решений на сварочный участок требуется установка нового оборудования. Также в работе спроектирована специализированная оснастка для сборки рассматриваемого изделия. По этим позициям необходимо будет рассчитать капитальные затраты. Затраты должны быть компенсированы за счет увеличения производительности и качества. Причем, время в течение которого должны быть компенсированы капитальные затраты ограничено. В целом, по машиностроению нормативный срок окупаемости капитальных вложений принят 3 года [18, 19].

Применяемый в настоящее время на предприятии вариант технологии сварки основан на дуговой сварке штучными электродами. Сварка по предлагаемому варианту в газовой смеси обладает следующими преимуществами. Производительность выше за счет того, что нет нужды прерывать цикл сварки для замены израсходованного электрода. Кроме того, при сварке электрический ток идет не по всей длине присадочного стержня а по т.н. вылету. Это позволяет значительно увеличить силу сварочного тока.

Экономические расчёты требуют таких сведений как величины коэффициентов различных принятых в промышленности, размер почасовой тарифной ставки, стоимость электрической энергии, и т.д [16]. Все эти данные для применяемого технологического варианта и предлагаемого систематизируем в таблице 11.

Таблица 11 – Вводная информация для выполнения расчетов

Наименование показателя	Обозначение показателя в формуле	В чем измеряются финансовые показатели	Численные значения финансовых показателей	
			Применяемый вариант	Предлагаемый вариант
1	2	3	4	5
Коэффициент, позволяющий при расчетах определить заводские расходы	$K_{зав}$	-	1,15	1,15
Коэффициент, позволяющий при расчетах определить цеховые расходы	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Требуемый разряд рабочих	P_p	-	V	IV
Оплата рабочему за один час отработанного времени	$Cч$	Р/час	200	175
Режим сменности	$K_{см}$	-	1	1
Коэффициент, позволяющий рассчитать доплаты к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент, позволяющий рассчитать отчисления на дополнительную заработную плату	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент, позволяющий рассчитать выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Коэффициент, позволяющий рассчитать транспортно-заготовительные расходы	$K_{т-з}$	%	5	5
Цена приобретения применяемого и предлагаемого оборудования	$Ц_{об}$	Руб.	150000	340000
Значения мощности применяемого и предлагаемого оборудования	$M_{уст}$	кВт	5	8
Коэффициент, позволяющий рассчитать отчисления на социальные потребности	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент, позволяющий рассчитать амортизацию оборудования	$На$	%	21,5	21,5
Коэффициент, позволяющий рассчитать затраты на монтаж предлагаемого оборудования и демонтаж применяемого оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Стоимость электрической энергии для промышленных предприятий	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
Значения коэффициента полезного действия предлагаемого оборудования применяемого оборудования	КПД	-	0,7	0,85
Площадь занимаемая предлагаемым и применяемым оборудованием	S	м ²	11	11

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5
Затраты на эксплуатацию производственных площадей для предприятия	$C_{\text{эксп}}$	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятые значения цены производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	Р/м ²	30000	30000
Коэффициент, позволяющий рассчитать норму амортизации производственных площадей под предлагаемое оборудование и применяемое оборудование	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент, позволяющий рассчитать необходимость в дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Общее время работы оборудования и рабочих составляет годовой фонд времени. Для предлагаемого варианта технологии и применяемого на предприятии данный экономический показатель одинаков [20].

Для определения данного экономического показателя понадобится общее количество рабочих дней в году $D_p = 277$ дней, продолжительность одной смены $T_{\text{см}} = 8$ часов, общее количество дней в преддверии праздников $D_{\text{п}} = 7$ дней, в эти дни продолжительность смены по принятому законодательству меньше на $T_{\text{п}} = 1$ час, режим работы предприятия односменный, следовательно количество смен $K_{\text{см}} = 1$. По приведенной зависимости выполняем расчетное определение годового фонда времени:

$$F_{\text{н}} = (D_p \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{п}} \cdot T_{\text{п}}) \cdot K_{\text{см}} . \quad (2)$$

Расчёты согласно (3) показывают значение 2209 часов:

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

Время работы оборудования необходимо уменьшить на величину обусловленную потерями рабочего времени, коэффициент $B = 7 \%$:

$$F_{\text{э}} = F_{\text{н}}(1 - B/100). \quad (3)$$

Расчёты согласно (3) показывают значение 2054 часа:

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

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время $t_{\text{шт}}$ можно найти сложив затраты времени машинного $t_{\text{маш}}$; вспомогательного $t_{\text{всп}}$; времени обслуживания оборудования $t_{\text{обсл}}$; времени на личный отдых $t_{\text{отд}}$ и подготовительно-заключительного времени $t_{\text{п-з}}$.

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{п-з}} + t_{\text{отд}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{маш}} + t_{\text{п-з}} \quad (4)$$

Для определения машинного времени расчетным способом понадобятся численные значения скорости сварки и суммарная протяженность сварного соединения [14]. Скорость сварки для применяемого на предприятии технологического процесса составляет $V_{\text{св}} = 20\text{-}25$ см/мин, для предлагаемого $V_{\text{св}} = 50\text{-}55$ см/мин.

Протяженность сварных швов неизменна для применяемого и предлагаемого варианта и составляет $L = 2000$ миллиметров.

Для определения машинного времени воспользуемся зависимостью:

$$t_{\text{маш}} = \frac{\sum L}{V_{\text{св}}} \quad (5)$$

Машинное время, рассчитанное для применяемого и предлагаемого варианта, составит:

$$t_{\text{машб}} = 200/20 = 10 \text{ мин} = 0,16 \text{ час}$$

$$t_{\text{машпр}} = 200/50 = 4 \text{ мин} = 0,06 \text{ час}$$

Штучное время, рассчитанное для применяемого на предприятии и предлагаемого варианта систематизируем в таблице 12:

Таблица 12 – Штучное время, мин.

Вариант	$t_{\text{маш}}$	$t_{\text{всп}}$ 15%	$t_{\text{обсл}}$ 10%	$t_{\text{отл}}$ 5%	$t_{\text{п-з}}$ 1%	$t_{\text{шт}}$
Применяемый:	10	1,5	1	0,5	0,01	13,01
Предлагаемый	4	0,6	0,4	0,2	0,004	5,2

Согласно заданию на выпускную квалификационную работу годовая программа составляет $\Pi_{\Gamma}=500$ изделий в год.

Для определения нужного количества технологического оборудования $n_{\text{расч}}$, нам необходимо знание коэффициента выполнения нормы, для применяемого и предлагаемого варианта технологии он одинаков, $K_{\text{вн}} = 1,03$, и эффективного фонда работы оборудования [20]. Расчеты выполняются согласно формуле:

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{\text{ШТ}} \cdot \Pi_{\Gamma}}{F_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}}} \quad (6)$$

Определенное по формуле (6) нужное число оборудования составляет:

$$n_{\text{об.расчетнб}} = \frac{10000 * 2,3}{1827 * 60} = 0,20$$

$$n_{\text{об.расчетн}} = \frac{10000 * 0,67}{1827 * 60} = 0,05$$

Согласно проведённым расчётам для предлагаемого варианта требуется одна единица оборудования и для применяемого варианта также требуется одна единица оборудования [22]. Тогда для определения коэффициента

загрузки для предлагаемого варианта и применяемого нам потребуются расчеты по зависимости:

$$K_3 = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}}. \quad (7)$$

Полученные расчетным путем по формуле (7) коэффициенты загрузки K_3 для применяемого на предприятии варианта и предлагаемого варианта:

$$k_{3б} = \frac{0,20}{1} = 0,20$$
$$k_{3пр} = \frac{0,05}{1} = 0,05$$

4.4 Определение заводской себестоимости применяемого и предлагаемого вариантов

Для выполнения сварных швов в применяемом варианте технологии необходимы штучные электроды ЭН-60М. Предлагаемый вариант технологического процесса нуждается в жидкости Сетол [15].

Для определения расходов M на требуемые для выполнения сварных соединений штучные электроды выполним необходимые расчеты согласно формулы:

$$M = C_M \cdot H_P \cdot K_{T-3} \quad (8)$$

где норма расходов H_P , цена штучных электродов C_M и коэффициента K_{T-3} транспортно-заготовительных расходов.

Определенные согласно (9) для применяемого и предлагаемого варианта:

$$M_{\text{баз.}} = 11 \cdot 5 \cdot 1,05 = 15,91 \text{ руб.},$$

где норма расходов H_P , цена штучных электродов C_M и коэффициента K_{T-3} транспортно-заготовительных расходов.

Определенные согласно (9) расходы на электроды для применяемого варианта:

$$M_{\text{баз.}} = 11 \cdot 5 \cdot 1,05 = 63,5 \text{ руб.},$$

Для выполнения сварных швов в предлагаемом варианте технологии необходим СЕТОЛ и аргон.

Определенные согласно (9) расходы на СЕТОЛ и аргон:

$$Z_c = P_c \cdot C_c = 0,0000044 \cdot 8,6 = 0,01 \text{ руб.}$$

Для определения основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ работников, нам понадобятся численные значения штучного времени $t_{\text{шт}}$, часовой тарифной ставки $C_{\text{ч}}$ и значения коэффициента $K_{\text{д}}$ доплат. Размер основной заработной платы определяется по формуле:

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

Основная заработная плата рабочих для применяемого и предлагаемого вариантов технологии определенная согласно формулы (9) составляет:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 0,04 \cdot 200 \cdot 1,88 = 15,04 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 0,03 \cdot 175 \cdot 1,88 = 9,87 \text{ руб.}$$

Для расчета дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ воспользуемся значениями коэффициента $K_{\text{доп}}$ которые составляют 12 %:

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

После выполнения расчетов согласно (10) по применяемому и предлагаемому вариантам дополнительная заработная плата составит:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 15,04 \cdot 12/100 = 1,80 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 9,87 \cdot 12/100 = 1,18 \text{ руб.}$$

Определить размер фонда заработной платы $\Phi ЗП$ можно просуммировав основную заработную плату работников $З_{осн}$ и дополнительную $З_{доп}$ заработную плату работников:

$$\Phi ЗП_{базов..} = 15,04 + 1,80 = 16,84 \text{ руб.},$$

$$\Phi ЗП_{проектн.} = 9,87 + 1,18 = 11,05 \text{ руб.}$$

Для расчета отчислений $O_{сн}$ на социальные потребности, воспользуемся коэффициентом $K_{сн}$ и расчет проведем по следующей формуле:

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

Размер отчислений $O_{сн}$ на социальные потребности, по применяемому и предлагаемому вариантам определен согласно (11) составит:

$$O_{сн_{баз.}} = 16,84 \cdot 34 / 100 = 5,72 \text{ руб.},$$

$$O_{сн_{проектн.}} = 11,05 \cdot 34 / 100 = 3,75 \text{ руб.}$$

Для определения суммарных затрат $З_{об}$ на оборудование, которое используется для применяемого и предлагаемого вариантов, просуммируем расходы на амортизацию $A_{об}$ и на электрическую энергию $P_{ээ}$:

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

Для определения размера амортизации $A_{об}$ понадобится информация по цене оборудования $Ц_{об}$, по норме амортизации H_a , ранее рассчитанным значениям машинного времени $t_{маш}$, и эффективного фонда времени F_3 по формуле:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot t_{маш} \cdot H_a \cdot k_z}{\Phi p \cdot 100}. \quad (13)$$

После расчетов согласно (14) значения амортизации оборудования по применяемому и по предлагаемому вариантам технологии составят:

$$A_{\text{ОБ.БАЗ}} = \frac{150000 \cdot 0,16 \cdot 21,5}{2054 \cdot 100} = 2,61 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{ОБ.ПР}} = \frac{340000 \cdot 0,06 \cdot 21,5}{2054 \cdot 100} = 2,13 \text{ руб.}$$

Для определения размера затрат на электрическую энергию $P_{\text{э-э}}$ по применяемому и предлагаемому вариантам воспользуемся значениями мощности оборудования $M_{\text{уст}}$, стоимости электрической энергии для промышленных предприятий $\Pi_{\text{э-э}}$ и рассчитанными ранее значениями машинного времени $t_{\text{маш}}$, также нам потребуется величина коэффициента полезного действия оборудования $KПД$. Расчет будем вести по формуле:

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot \Pi_{\text{э-э}}}{KПД} \quad (14)$$

После расчетов согласно (14) значения расходов на электроэнергию по применяемому и по предлагаемому вариантам технологии составят:

$$P_{\text{э-э баз}} = 6,8 \cdot 0,16 \cdot 3,2 / 0,7 = 4,97 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{э-э пр}} = 60 \cdot 0,06 \cdot 3,2 / 0,85 = 13,55 \text{ руб.}$$

Просуммировав согласно формуле (12) значения расходов на оборудование по применяемому и предлагаемому вариантам получим следующие значения:

$$З_{\text{об баз.}} = 2,61 + 4,97 = 7,58 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{об проектн.}} = 2,13 + 13,55 = 15,68 \text{ руб.}$$

Для определения размера технологической себестоимости необходимо просуммировать все определенные ранее в разделе 4.4 затраты.

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + O_{\text{СН}} + З_{\text{ОБ}} \quad (15)$$

Определенная согласно формуле (16) технологическая себестоимость для применяемого в настоящее время на производстве и предлагаемого к внедрению варианта технологии составит:

$$C_{\text{техб}} = 2,97 + 16,84 + 5,72 + 1,25 + 0,01 = 26,79 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{техпр}} = 0,76 + 11,05 + 3,75 + 3,70 + 0,01 = 19,27 \text{ руб.}$$

Для определения размера цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ необходимо к вычисленному значению технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, приплюсовать произведение основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ на значение коэффициента $K_{\text{цех}}$ цеховых расходов:

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

Определенная согласно формуле (16) цеховая себестоимость для применяемого в настоящее время на производстве и предлагаемого к внедрению варианта технологии составит:

$$C_{\text{цехб}} = 26,79 + 15,04 \cdot 1,5 = 26,79 + 22,56 = 49,35 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{цехпр}} = 19,27 + 9,87 \cdot 1,5 = 19,27 + 14,80 = 34,07 \text{ руб.}$$

Для определения размера цеховой себестоимости $C_{\text{зав}}$ необходимо к вычисленному значению технологической себестоимости $C_{\text{цех}}$, приплюсовать произведение основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ на значение коэффициента $K_{\text{зав}}$ заводских расходов:

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

Определенная согласно формуле (17) заводская себестоимость для применяемого в настоящее время на производстве и предлагаемого к внедрению варианта технологии составит:

$$C_{\text{завБаз.}} = 49,35 + 1,15 \cdot 15,04 = 49,35 + 17,29 = 66,64 \text{ руб.,}$$

$$C_{\text{завПроектн.}} = 34,07 + 1,15 \cdot 9,87 = 34,07 + 11,35 = 45,42 \text{ руб.}$$

Выполненные в разделе 4.4 работы расчеты экономических показателей для применяемого в настоящее время на производстве и предлагаемого к внедрению варианта технологии систематизированы в таблице 13.

Таблица 13 – Результаты расчетов показателей себестоимости предлагаемого и применяемого вариантов

Наименование экономического показателя	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Применяемый	Предлагаемый
1. Расходы на вспомогательные материалы	<i>М</i>	2,97	0,76
2. Расходы на заработную плату	<i>ФЗП</i>	16,84	11,05
3. Отчисления на соц. нужды	<i>Осн</i>	5,72	3,75
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	1,64	0,34
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	26,79	19,27
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	22,56	14,80
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	49,35	34,07
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	17,29	11,35
9. Заводская себестоимость	<i>Сзав</i>	66,64	45,42

4.5 Определение капитальных затрат

Для определения капитальных затрат применительно к используемому в настоящее время технологическому процессу, $K_{\text{общ. б.}}$ необходимо знать остаточную стоимость оборудования $\Pi_{\text{об.б.}}$, и рассчитанный согласно (5) коэффициент загрузки оборудования $K_{\text{з. б.}}$:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = \Pi_{\text{ОББ}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (18)$$

При определении остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об.б.}}$ используемого для реализации применяемых технологических решений нам понадобится информация по рыночной стоимости оборудования $\Pi_{\text{перв}}$, сроку службы оборудования $T_{\text{сл}}$ и нормы амортизации $H_{\text{а}}$ оборудования:

$$C_{\text{ОББАЗ}} = C_{\text{ПЕРВ}} - (C_{\text{ПЕРВ}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot H_A / 100) \quad (19)$$

Расчет выполненный по формуле (20) показывает, что остаточная стоимость составит 8550 рублей:

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 15000 - (15000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 8550 \text{ руб.},$$

Тогда расчет выполненный по формуле (19) показывает, что с учетом коэффициента загрузки величина $K_{\text{общ. б.}}$ составит 27350 рублей.

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 8550 \cdot 0,55 = 2736 \text{ руб.}$$

Для того, чтобы найти капитальные затраты по разработанному в бакалаврской работе варианту $K_{\text{общ. пр.}}$ необходима информация о вложениях в оборудование $K_{\text{об. пр.}}$, вложениях в производственные площади, необходимые для установки оборудования $K_{\text{пл. пр.}}$, и о сопутствующих вложениях $K_{\text{соп.}}$: для расчета применим следующую формулу:

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

При расчетном определении капитальных вложений $K_{\text{общ. пр.}}$ в оборудование для выполнения операций по разработанному в бакалаврской работе варианту технологии необходима информация о цене оборудования $C_{\text{об. пр.}}$, коэффициенту транспортно-заготовительных расходов $K_{\text{ТЗ}}$ и коэффициенту загрузки оборудования $K_{\text{ЗП}}$ по проектному варианту:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = C_{\text{об.пр}} \cdot K_{\text{ТЗ}} \cdot K_{\text{ЗП}} \quad (21)$$

Расчет выполненный по формуле (21) показывает, что величина капитальных вложений по предлагаемому варианту технологии 96380 рублей:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = 340000 \cdot 1,05 \cdot 0,27 = 96390 \text{ руб.}$$

Чтобы рассчитать сопутствующие капитальные вложения $K_{\text{соп.}}$ Необходимо учесть расходы на демонтаж $K_{\text{дем}}$ оборудования для ручной

дуговой сварки и расходов на монтаж оборудования для механизированной сварки в смеси газов $K_{\text{МОНТ}}$ расчеты выполняются по формуле:

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}}. \quad (22)$$

При определении расходов на демонтаж оборудования для ручной дуговой сварки $K_{\text{ДЕМ}}$ и монтаж оборудования для механизированной сварки в среде газов $K_{\text{МОНТ}}$ необходима ранее определенная стоимость оборудования по применяемому варианту $Ц_{\text{б}}$ и значения рыночной стоимости оборудования $Ц_{\text{пр}}$ по предлагаемому варианту технологии. Также понадобится информация по значениям коэффициентам на монтаж и демонтаж оборудования $K_{\text{д}}$ и $K_{\text{м}}$, расчеты выполняются по формулам:

$$K_{\text{ДЕМ}} = Ц_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{\text{д}} \quad (23)$$

$$K_{\text{МОНТ}} = Ц_{\text{ОБ.ПР}} \cdot K_{\text{м}} \quad (24)$$

Расчет выполненный по формулам (22), (23) и (24) соответствующих значений:

$$K_{\text{ДПМ}} = 1 \cdot 150000 \cdot 0,05 = 7500 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{МОНТ}} = 340000 \cdot 0,05 = 17000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{СОП}} = 7500 + 17000 = 24500 \text{ руб.}$$

Расчет выполненный по формуле (20) соответствующих значений:

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = 96390 + 24500 = 120890 \text{ руб.}$$

Для определения величины дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ нам потребуется информация по дополнительным капитальным затратам $K_{\text{ОБЩ.ПР}}$ и $K_{\text{ОБЩ.Б}}$ для применяемого на предприятии и разработанного в бакалаврской работе вариантов, расчеты выполняются по формуле:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{ОБЩ.ПР}} - K_{\text{ОБЩ.Б}}: \quad (25)$$

Расчет выполненный по формуле (25) показывает, что величина дополнительных капитальных вложений составляет 93530 рублей:

$$K_{\text{доп}} = 120890 - 2736 = 118154 \text{ руб.}$$

Для определения величины удельных капитальных вложений $K_{\text{уд}}$ воспользуемся формулой:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}}, \quad (26)$$

где Π_{Γ} – годовая программа выпуска изделий согласно заданию на бакалаврскую работу.

Расчет выполненный по формуле (26) показывает размеры удельных капитальных вложений для предлагаемого $K_{\text{удПроектн}}$ и применяемого $K_{\text{удБаз}}$ вариантов технологии:

$$K_{\text{удБаз}} = 2736/500 = 5,47 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{\text{удПроектн}} = 118154/500 = 236 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности

Для определения величины снижения трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$ при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (27)$$

где $t_{\text{штБ}}$ – штучное время для применяемого на предприятии варианта технологии, основанного на дуговой сварке штучными электродами, $t_{\text{штПР}}$ – предлагаемый в бакалаврской работе для сварки рассматриваемого изделия вариант механизированной сварки в смеси газов.

Расчет выполненный по формуле (27) показывает, что величина снижения трудоемкости составляет 126%:

$$\Delta t_{шт} = \frac{13,01 - 5,2}{13,01} \cdot 100\% = 126\%$$

Для определения величины повышения производительности труда P_T при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

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

Расчет выполненный по формуле (28) показывает, что величина повышения производительности труда составляет 150%:

$$\Delta P_T = \frac{100 \cdot 126}{100 - 126} = 150\%$$

Для определения величины снижения технологической себестоимости $\Delta C_{ТЕХ}$ при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$\Delta C_{ТЕХ} = \frac{C_{ТЕХБ} - C_{ТЕХПР}}{C_{ТЕХБ}} \cdot 100\% = 70\% \quad (29)$$

Расчет выполненный по формуле (29) показывает, что величина снижения технологической себестоимости для варианта механизированной сварки в среде защитных газов составляет 70%:

$$\Delta C_{ТЕХ} = \frac{189,57 - 55,04}{189,57} \cdot 100\% = 70\%$$

Для определения величины условно-годовой экономии $Пр_{ож}$ при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

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

Расчет выполненный по формуле (30) показывает, что величина ожидаемой прибыли для варианта нанесения упрочняющих покрытий финишным плазменным упрочнением составляет 212200 рублей:

$$Э_{у.г.} = Пр_{ож} = (66,64 - 45,42) \cdot 10000 = 212200 \text{ руб.}$$

Для определения срока окупаемости $T_{ок}$ дополнительных капитальных вложений воспользуемся формулой:

$$T_{ок} = \frac{К_{общ}^{np}}{Э_{у.г.}} \quad (31)$$

Расчет выполненный по формуле (31) показывает, что дополнительные капитальные вложения окупятся в течение примерно 1 года:

$$T_{ок} = \frac{93530}{105385} \approx 1,02 \text{ год}$$

Для определения годового экономического эффекта $Э_г$, при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$Э_г = Э_{у.г.} - E_n \cdot K_{дон} \quad (32)$$

Расчет выполненный по формуле (32) показывает, что величина годового экономического эффекта с учетом компенсации капитальных затрат, определенных в разделе 4.4, составит 173209 рублей.

$$Э_г = 212200 - 0,33 \cdot 118154 = 173209 \text{ руб.}$$

Применяемая на предприятии технологии сборки и сварки рассматриваемого изделия основана на дуговой сварке штучными электродами. Механизированная сварка по предлагаемому варианту в

газовой смеси обладает преимуществами, согласно результатов расчетов обеспечивающих повышение производительности, что было поставлено в качестве цели бакалаврской работы.

Расчеты показали, что внедрение разработанных в бакалаврской работе технических решений позволит снизить величину трудоемкости на 70 %, и, свою очередь увеличить производительность труда на 150 %. Также к положительным сторонам предлагаемых технических решений следует отнести снижение размера технологической себестоимости на 70%.

Размер условно-годовой экономии при внедрении в производство предлагаемых технических решений составит 212200 рублей.

Если предлагаемые технические решения внедрить в производство для изготовления рассматриваемого изделия будет получен экономический эффект, с учетом компенсации капитальных затрат, определенных в разделе 4.4, составит 173209 рублей. Определенные в разделе 4.5 капитальные затраты, необходимые для внедрения предлагаемых технических решений, окупятся в течение 1 года, что меньше, чем нормативный срок окупаемости.

Выполненные в разделе 4 расчеты свидетельствуют о том, что предлагаемый вариант технологического процесса сварки изделия эффективен.

Заключение

В качестве цели выпускной квалификационной работы поставлено экономия материальных ресурсов за счет упрочнения и повышения срока службы инструмента. Для достижения поставленной в проекте цели решены следующие задачи:

- выбран способ упрочнения взамен применяемого;
- для выбранного способа упрочнения подобраны технологические режимы, сварочные материалы;
- разработан технологический процесс, основанный на предлагаемом способе упрочнения;
- проработана защита производственного персонала и окружающей среды от опасных и вредных факторов;
- обосновать предложенные решения с точки зрения экономических расчетов.

Всё большую актуальность приобретает вопрос проведения операций по продлению срока службы инструментальной оснастки. Упрочнение нанесением покрытий позволяет обеспечить проведение мероприятий по ресурсосбережению и энергосбережения. Это объясняется тем, что стоимость проведения мероприятий по упрочнению нанесением покрытий в несколько раз меньше затрат на приобретение новых деталей.

Применительно к сложным и дорогостоящим деталям, к которым относят инструментальную оснастку, технологии упрочнения нанесением покрытий могут применяться неоднократно, что в несколько раз увеличивает срок их службы.

Капитальный ремонт техники предусматривает проведение полной разборки механизма, ремонт подлежащих восстановлению деталей, сборку и проведение испытательного пуска. При этом необходимо обеспечить высокую надёжность работы оборудования после капитального ремонта, для чего следует поддерживать на предприятии высокий уровень ремонтных

технологий, который соответствовать мировому уровню. Следует внедрять новые перспективные способы восстановления деталей машин, автоматизировать и механизировать операции технологического процесса.

При проведении ремонтных работ технических установок стоимость запасных частей может составлять 50...70 % стоимости самой установки. При этом стоимость восстановления этих же запасных частей в большинстве случаев не превышает 30...50 % цены новых при сопоставимом сроке службы. Из этого следует вывод об эффективности применения перспективных технологий ремонта при восстановлении деталей машин, которые позволяют на 30...40 % уменьшить стоимость проведения капитального ремонта технологического оборудования.

Анализ возможных вариантов позволил остановить выбор на технологическом процессе финишного плазменного упрочнения. В качестве оборудования предложено применить - блок аппаратуры БА-УФПУ-111 и источник тока УФПУ-110. Данное оборудование при минимальном расходе дорогостоящей жидкости, такой как СЕТОЛ-1 и СЕТОЛ-2 позволяет значительно увеличить срок службы упрочненного нанесением покрытий инструмента.

В результате внедрения проектного варианта технологического процесса ожидается увеличение производительности труда, снижение себестоимость изделия на 1,9 %.

Годовой экономический эффект за счет снижения себестоимости изделия составит 173209 рублей.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Алешин, Н.П., Лысак В.И., Лукьянов В.Ф. Современные способы сварки: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. 59 с.
2. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений. М.: Машиностроение. 2006. 368 с.
3. Афромеев А.А. Технология сборки и сварки полипропиленовых труб / А.А. Афромеев // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2015. – 58 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/11599>.
4. Берлине, Ю.И., Балашов Ю.А. Технология химического и нефтяного аппаратостроения. М.: Машиностроение, 1976. 256 с.
5. Васильев В.И., Ильященко Д.П. Разработка этапов технологии при дуговой сварке плавлением: учебное пособие. Томск: Издательство ТПУ, 2008. 96 с.
6. Виноградов В.С. Технологическая подготовка производства сварных конструкций в машиностроении. М.: Машиностроение. 1981. 224с.
7. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учеб. пособие. Л. Н. Горина. Гриф УМО. Тольятти : ТолПИ. 2000. 79 с.
8. ГОСТ 15830-84 Обработка металлов давлением. Штампы. Термины и определения. М.: Государственный комитет по стандартам, 1984. – 18 с.
9. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций. М.: Изд. «Зеркало», 1995. 288 с.
10. Гринин А. С., Орехов Н.А. Экологический менеджмент : учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 206 с.
11. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. М.: МЧС России, 1995. 230 с.
12. Егоров А.Г., Уполовникова Г.Н., Живоглядова И.А. Правила оформления выпускных квалификационных работ для бакалавриата и

специалитета: учебно-методич. пособие по выполнению дипломного проекта. Тольятти.: ТГУ, 2011. 87 с.

13. Иванов В.П. Технология и оборудование для восстановления деталей машин. Минск: Техноперспектива. 2007. 458 с.

14. Климов А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение». Тольятти: ТГУ, 2014. 52с.

15. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учеб-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008. 77 с.

16. Колганов, Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 512 с.

17. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.

18. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания. Тольятти: ТГУ. 2008. 38 с.

19. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти: ТГУ. 2005. 35 с.

20. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста, программам магистратуры: учебно-методическое пособие. Тольятти: ТГУ, 2020. 39 с.

21. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ. - 2-е изд. перераб. М.: Высш. школа, 1986. 208 с.

22. Сварка и резка в промышленном строительстве. Под ред. Малышева Б.Д. - М.: Стройиздат. 1977. 780с.

23. Технологическая инструкция «Финишное плазменное упрочнение инструмента, технологической оснастки и других изделий». – Санкт-Петербург, ООО «НПФ «Плазмоцентр», 2007 – 35 с.

24. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник. М.: ИНФРА М. 2001. 672 с.

25. Цыганова Е.С. Технология и оборудование для ремонта трубного пучка теплообменника [Электронный ресурс] // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2020. – 64 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13202> (дата обращения 24.05.2021).

26. Черноиванов В.И. Голубев И.Г. Восстановление деталей машин. – М.: ФНГУ «Росинформагротех», 2010. – 376 с.

27. Ahlblom B. Oxygen and its Role in Determining Weld Metal Microstructure and Toughness. A State of the Art Review. Reprinted in ASM Handbook. // ASM International. International Institute of Welding. 1984. Vol. 6. Doc. №. IX-1322.

28. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.

29. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.

30. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.

31. Evans G. Microstructure and Properties of Ferritic Steel Welds Containing Ti and B. // Welding Journal. 72 (8). 1996. P. 251-260.

32. Shiliang W., Weiping H., Bogang T. Improving the Toughness of Weld Metal by Adding Rare Earth Elements. // Welding International 3. 1986. P. 284-287.

33. Tsuboi J., Terashima H. Review of strength and toughness of Ti and Ti-B microalloyed deposits (en) Welding in the world. // Le Soudage dans le monde. 1983. Vol 21. Num. 11/12. ref : 33. P. 304-317.