

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 ремонтной наплавки зубьев ковшей экскаваторов

Студент

А.В. Тараскевич

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

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

Консультанты

к.э.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2021

Аннотация

Цель выпускной квалификационной работы - повышение производительности и качества при ремонтной наплавке зубьев ковша экскаватора.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи: обоснован выбор марки порошковой проволоки; выбраны оптимальные режимы наплавки; составлен проектный технологический процесс с учетом ранее найденных решений; выполнена оценка предлагаемых технических решений с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и производственный персонал; оценены затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и определен потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии наплавки изношенной поверхности зуба ковша экскаватора.

Структурно работа состоит из пояснительной записки объемом 56 страниц формата А1, 10 рисунков, 13 таблиц и графической части объемом 6 листов формата А1.

Анализ возможных способов наплавки изношенных зубьев ковшей экскаваторов, позволил обосновать выбор механизированной наплавки порошковой проволокой как основного способа при создании проектной технологии восстановления. Был разработан проектный технологический процесс восстановления зубьев, назначены параметры режима наплавки и подобрано необходимое оборудование.

.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	6
1.1 Изделие и его характеристика.....	6
1.2 Анализ свойств материала.....	8
1.3 Анализ возможных способов восстановления изношенного слоя.....	10
1.4 Задачи работы	18
2 Разработка технологического процесса восстановления.....	20
2.1 Выбор наплавочного материала.....	20
2.2 Технология наплавки	21
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса	26
3.1 Технологическая характеристика объекта.....	26
3.2 Идентификация профессиональных рисков	27
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	30
3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	31
3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	32
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии	35
4.1 Исходная информация для выполнения экономической	35
оценки предлагаемых технических решений	35
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования.....	37
4.3 Расчёт штучного времени.....	38
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии ..	41
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии .	46
Заключение	52
Список используемых источников.....	53

Введение

Наиболее эффективным способом добычи полезных ископаемых является разработка открытым способом в карьерах. Технология разработки скальной породы включает в себя бурение шпуров, закладку взрывчатого вещества и после взрыва наступает очередь убирать измельченную породу карьерным экскаваторам.

При этом на хаотически ориентированных фрагментах скальной породы имеются режущие кромки, обеспечивающие абразивное изнашивание. Усугубляет ситуацию наличие ударных нагрузок. В результате зубья ковшей экскаваторов при разработке скальных пород после 2х-3х суток эксплуатации нуждаются в замене.

Следует помнить, что наибольшую эффективность в данных условиях эксплуатации показала сталь Гадфильда. Данная сталь изобретена еще в 1882 году английским металлургом Робертом Гадфильдом. При высоком содержании углерода сталь дополнительно легирована марганцем в количестве 11-15%. Вышеуказанный материал является дорогостоящим. Поэтому изношенные зубья экскаваторов стараются восстановить.

На предприятии в настоящее время применяется наплавка штучными покрытыми электродами ОЗЛ-19, ОМГ-Н, Т 590, НИИ-48Г. Следует отметить, что помимо недостатков, присущих самому процессу сварки штучными электродами наплавленный слой легирован марганцем в количестве 0,7-1,7%. Исключение составляют электроды НИИ-48Г, которые обеспечивают содержание марганца в наплавленном слое до 6%. Основным легирующим компонентом слоя, наплавленного перечисленными электродами, является хром в количестве от 13 до 25%. Поэтому, эксплуатационные характеристики восстановленных зубьев отличаются от новых в худшую сторону.

Если рассмотреть зарубежных производителей, то электроды ESAB ОК 13Мп обеспечивают получение наплавленного слоя с содержанием марганца 13% и углерода 1%. Однако производительность наплавки данными электродами также невелика, что обусловлено общими недостатками процесса получения сварных соединений способом дуговой сварки штучными электродами. В первую очередь, следует отметить малую производительность выполнения сварочных работ, в настоящее время ресурс повышения скорости сварки и наплавки штучными электродами за счёт назначения оптимальных режимов и сварочных материалов полностью выработан. Вторым недостатком следует признать работу сварщика в тяжёлых условиях, которые приводят к возникновению профессиональных заболеваний и заставляют увеличивать расходы на обеспечение безопасности персонала. Третьим недостаток следует признать низкую стабильность качества сварки, которая в значительной мере зависит от профессионализма и кондиции сварщика. Четвёртым недостатком следует признать повышенный расход электродного материала на угар и разбрызгивание, а также на огарки. Необходимость смены электродов не только приводит к увеличению расхода сварочных материалов, но и снижает производительность и качество сварочных работ.

Из-за множественных недостатков ручной дуговой сварки штучными электродами она повсеместно заменяется более производительными и перспективными способами сварки.

Исходя из вышеизложенного можно сформулировать следующую цель работы: повышение производительности при наплавке изношенных зубьев ковшей экскаваторов.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Изделие и его характеристика

При добыче полезных ископаемых рабочие поверхности зубьев ковшей экскаваторов подвержены быстрому износу. Условия их эксплуатации можно охарактеризовать как весьма тяжелые. Абразивность пород достигает 49-59 мг. В соответствии с показателями Л.И. Барона и А.В. Кузнецова это соответствует классу «породы повышенной абразивности». Одним из вариантов продления срока службы указанных деталей является применение при их производстве стали 110Г13Л. Данная сталь при наклепе в процессе эксплуатации упрочняется до значений твердости 530-560 НВ. Другим преимуществом данной стали являются высокие значения ударной вязкости, 300-350 Дж/см². Однако выполненные измерения в процессе эксплуатации зубьев экскаватора, рисунок 1 показывают, что их геометрические характеристики подвержены значительным изменениям от изнашивания, рисунок 2. Изношенные зубья восстанавливают в условиях предприятия технологией ручной дуговой наплавки покрытыми электродами.

Применяемая в условиях предприятия для восстановления технология наплавки характеризуется рядом недостатков. Главный из них – затраты времени на замену израсходованного электрода. Помимо затрат времени прерывание цикла сварки чревато появлением дефектов наплавленного валика. Кроме того, сварщик при выполнении соединения вручную, в соответствии со своим опытом и практическими навыками управляет процессом.

Таким образом, стабильность качества сварки в значительной мере зависит от профессионализма и физических кондиций сварщика.

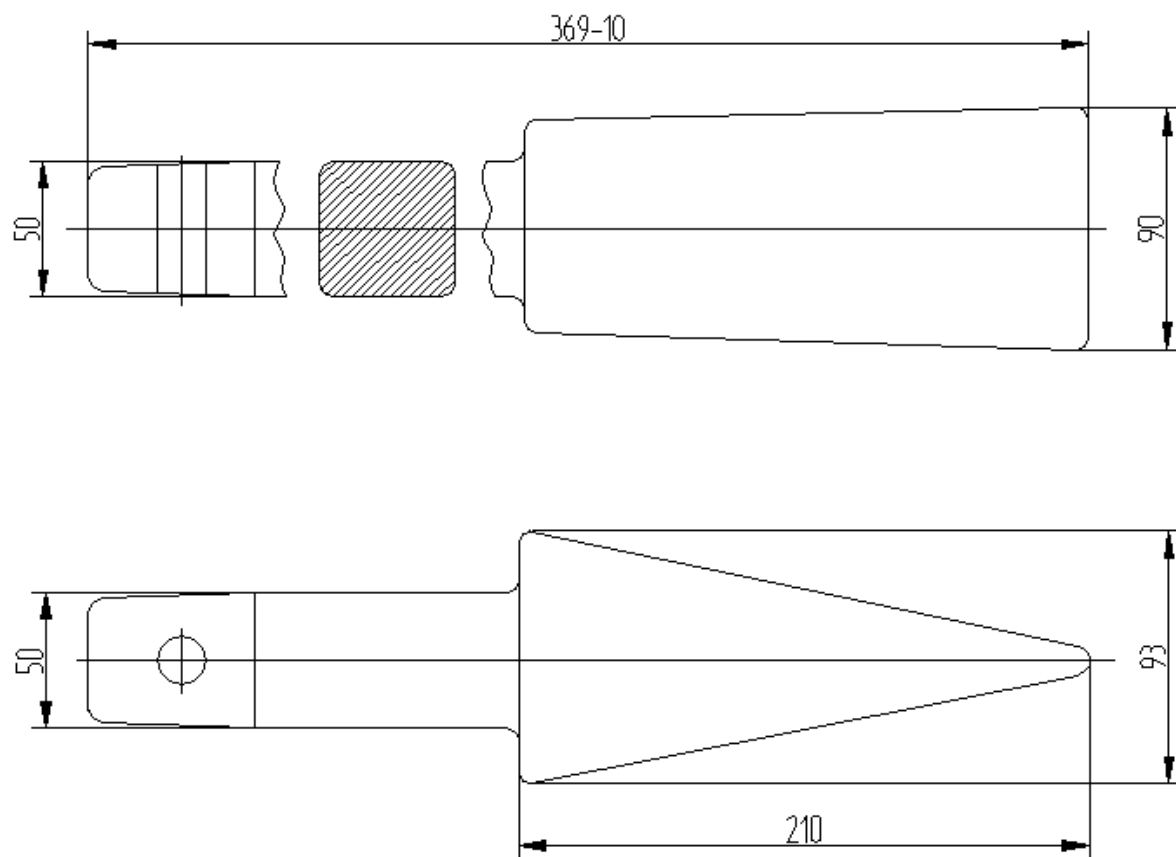


Рисунок 1 – Зуб экскаватора вставной

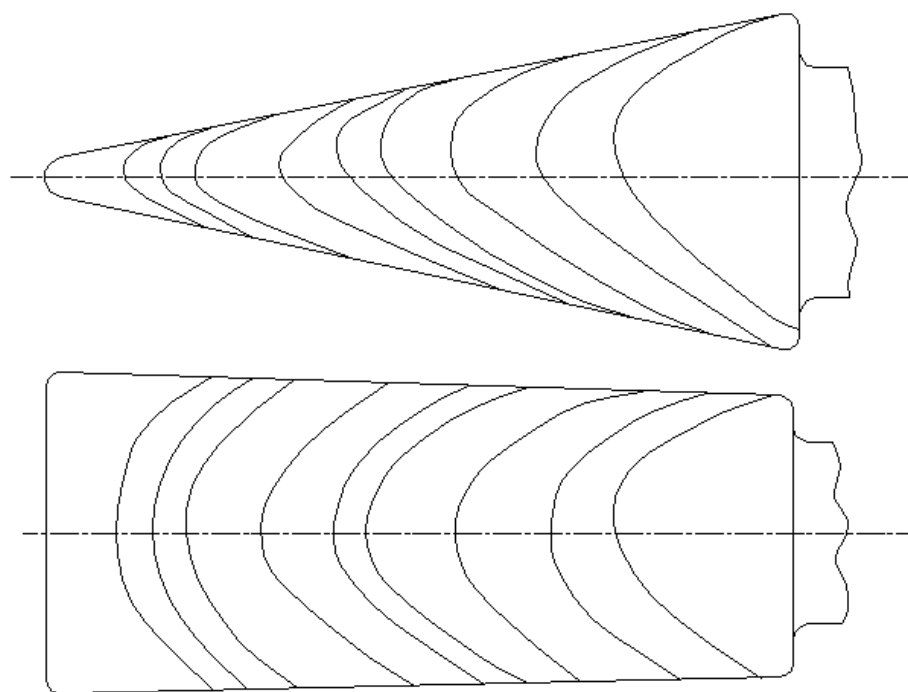


Рисунок 2 – Изменение геометрических параметров зуба

В частности при наплавке применяемым способом рабочему приходится выполнять движение электродом в трех направлениях. Первое направление – вдоль оси стержня электрода. Второе - вдоль оси наплавляемого валика, по сути оно определяет скорость сварки. Третье – поперек оси наплавляемого валика. Выполняя движения электродом в данном направлении рабочий обеспечивает нанесения слоя нужной ширины.

Необходимость управления и контроля множества параметров процесса требует высокой квалификации сварщика, приводит к быстрой его утомляемости.

Другим недостатком ограниченной длины присадочного стержня, влияющим, в основном, на качество, является химическая неоднородность наплавляемого валика. Обусловлено это следующими причинами. Начинается процесс сварки, когда температура покрытия, примерно, равна температуре окружающей среды. В процессе получения наплавляемого валика в начале процесса электродное покрытие находится под одной температурой. По мере израсходования электрода из-за прохождения сварочного тока покрытие нагревается. Его характеристики меняются. Кроме того, любое отклонение от установившегося процесса сварки также приводит к появлению химической неоднородности в наплавляемых валиках.

Также особенности кристаллизации металла шва приводят к появлению неоднородности по химическому составу как вдоль оси шва, так и от линии сплавления к центральной его части. В ряде случаев отличия в концентрации таких элементов, как Mn, Si и Cr, могут быть значительными.

1.2 Анализ свойств материала

Зубья ковшей экскаваторов изготавливают из стали 110Г13Л. Химический состав указанной стали, и, соответственно, механические свойства приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Химический состав в % стали 110Г13Л, (Fe – остальное)

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,9-1,4	0,8-1	11,5-15	до 1	до 0,05	до 0,12	до 1	до 0,3

Таблица 2 – Механические свойства отливок из стали 110Г13Л, при температуре 20°C

σ_B	σ_T	δ_5	ψ	HB
МПа	МПа	%	%	
654-830	360-380	34-53	34-43	186-229

Оценка свариваемости стали Гадфильда дает технологу возможность выбора корректных параметров режима наплавки. Известно, что свариваемость материалов зависит от способа соединения, параметров режима сварки. Материал, свариваемость которого невозможно обеспечить одним способом успешно соединяется другим способом. Для оценки свариваемости сталей, в первую очередь вычисляют эквивалент углерода и по значениям данного эквивалента оценивают насколько хорошо сталь поддается сварке.

Выбору технологических режимов сварочных операций с помощью эквивалента углерода $S_{эkv}$ в сварочной науке и практике уделяют большое внимание, несмотря на относительный характер этого показателя. Его выбор в качестве критерия, характеризующего химический состав свариваемого металла, имеет ряд преимуществ. В частности, величина $S_{эkv}$ позволяет обоснованно оценивать структуру участка перегрева зоны термического влияния и по ней определять вероятность образования горячих и холодных трещин.

В разработке математических моделей эквивалента углерода существуют два подхода.

Первый учитывает раздельное влияние каждого из элементов, входящих в состав стали:

$$S_{эkv} = C + Mn/kMn + Si/kSi + Cr/kCr + + Ni/kNi + Mo/kMo + V/kV + \\ + Cu/kCu + P/kP,$$

где C, Mn, Si, Cr, Ni, Mo, V, Cu, P — массовые доли химических элементов; kMn, kSi, kCr, kNi, kMo, kV, kCu, kP — коэффициенты влияния упомянутых химических элементов на Сэкв.

Второй подход учитывает совместное влияние некоторых элементов:

$$С_{экв} = C + 0,155 (Cr + Mo) + 0,14 (Mn + V) + 0,11 Si + 0,045 (Ni + Cu).$$

В настоящее время насчитывается более десятка моделей расчета Сэкв. Каждый исследователь применяет их по своему усмотрению. Однако, с нашей точки зрения, надо придерживаться руководящих материалов. В ГОСТ 27772-88 «Прокат для строительных стальных конструкций» и в ГОСТ 192811-89 «Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия» предложено:

$$С_{экв} = Mn/6 + Si/24 + Cr/5 + Ni/40 + Cu/13 + V/14 + P/2.$$

Широкое распространение получила формула Международного института сварки (МИС), рекомендованная европейским стандартом EN 1011-2:2001 «Рекомендации по сварке металлических материалов»:

$$С_{экв} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15.$$

В зависимости от значения эквивалента углерода свариваемость сталей характеризуется как хорошая, удовлетворительная, ограниченная и плохая. Для стали Гадфильда диапазон Сэкв от хорошей свариваемости до плохой колеблется от 0,2 до 0,41%, в то время как для машиностроительных конструкций — от 0,5 до 0,9%.

1.3 Анализ возможных способов восстановления изношенного слоя

Проведенные аналитические исследования используемого для наплавки рассматриваемого изделия способа, показали, что ему присущ ряд недостатков. Некоторые из них обусловлены особенностями физики процесса применяемого на предприятии способа наплавки. Устранить или минимизировать негативные моменты в применяемом способе, можно заменив его. В распоряжении

заводского технолога для наплавки рассматриваемого изделия есть множество способов. Однако, выполняя замену необходимо, прежде всего, ориентироваться на экономическую целесообразность. В свою очередь, на экономическую целесообразность оказывает влияние множество факторов. Точную оценку затрат при сварке изделия тем или иным способом можно получить выполнив по принятым на практике методикам экономические расчеты. Однако для предварительного выбора способа сварки рассматриваемого изделия следует проанализировать условия применимости каждого из них достоинства и недостатки.

Предварительную оценку возможных способов сварки следует выполнять с учетом содержания химических элементов в свариваемом изделии. Также следует ориентироваться на толщину соединяемых деталей, пространственное положение сварных швов и иные геометрические характеристики рассматриваемого изделия.

Также следует принять во внимание программу выпуска свариваемых изделий. Это позволит корректно сориентироваться в необходимости механизации и автоматизации применяемых для сварки заданного изделия сварочных процессов.

Любой способ сварки, за исключением холодной сварки, предусматривает термическое воздействие на соединяемые детали в зоне получения сварного шва. Если в состав соединяемого материала входят химические элементы, обладающие высоким сродством к кислороду, необходимо, чтобы анализируемый способ обеспечивал должную степень защиты от окружающей среды. Помимо кислорода, опасность для получаемого сварного соединения может представлять азот. Растворяясь в расплавленном металле сварочной ванны он попадает в сварной шов, ухудшая его эксплуатационные характеристики.

Также при предварительном выборе способа сварки необходимо учитывать геометрические характеристики соединяемых деталей, в первую очередь свариваемые толщины.

Критерий толщины также является важным при выборе способа сварки. Для каждого диапазона толщин существует наиболее экономичный вариант соединения сваркой. Например, при толщинах свыше 5 мм не рекомендуется сварка при нагреве газовым пламенем. В то же время при толщинах менее 5 мм не рекомендуется применение способа сварки при нагреве дугой, горячей под слоем флюса. Вообще, в ГОСТах на сварные соединения, например, ГОСТ 8713-79, диапазон толщин указан. Так для соединения С47 – односторонняя сварка без разделки – указаны диапазоны толщин от 2х до 14ти мм. В то же время двусторонняя сварка без разделки, соединение С7, диапазон толщин от 2х мм до 20ти мм.

Некоторые способы сварки предпочтительны для соединения металла больших толщин, например при электрошлаковой сварке, согласно ГОСТ 15164-78, толщина соединяемого металла может составлять до 800 мм. Вместе с тем, минимальная толщина соединяемых деталей данным способом 30 мм.

Анализ начнем со способа наплавки при нагреве пламенем от сгорания в кислороде различных углеводородов. Характерной особенностью данного вида наплавки является простота оборудования. Кроме того, возможность регулирования в широких пределах механических воздействий пламени является важным фактором управления формированием шва, особенно при сварке в различных пространственных положениях.

Серьезным достоинством газовой сварки является отсутствие магнитных полей, которые имеют место при дуговых процессах сварки и могут отрицательно сказываться на качестве швов.

Существенными недостатками газовой сварки по сравнению с дуговой является сравнительно низкая производительность процесса, относительно высокая стоимость сварочных материалов и повышенная степень

взрывоопасности в связи с использованием горючих газов, кислорода, ацетиленовых генераторов и баллонов под высоким давлением.

Дуговая сварка. Это сварка плавлением, при которой нагрев осуществляют одной или несколькими электрическими дугами. Различают сварку плавящимся и неплавящимся электродами.

В настоящее время, несмотря на разработки в направлении применения новых источников нагрева при наплавке, электрическая дуга занимает ведущее положение в сварке металлов благодаря простоте возбуждения, поддержания и регулирования, широкому диапазону мощностей, высокой эффективности нагрева, реакции на различные условия существования и внешние воздействия.

Сварочная дуга относится к типу дуг высокого давления. Это короткая дуга, у которой длина разрядного промежутка и поперечные размеры столба — величины одного порядка, обычно измеряемые несколькими миллиметрами. Величина силы тока в большинстве случаев равна нескольким десяткам или сотням ампер и достигает иногда 1500–2000 А и более. Напряжение сварочной дуги вследствие малой ее длины и большой силы тока изменяется обычно в пределах 20–45 В. В пространстве между электродами, имеющем очень малый объем (обычно до 0,5 см³), происходит преобразование в теплоту электрической энергии мощностью 2–70 кВт, в результате чего электроды сильно нагреваются, плавятся и испаряются.

В дуге при сварке плавящимся электродом, помимо потоков плазмы и пара, присутствуют и потоки капель переносимого расплавленного металла.

Электрическая сварочная дуга, как и другие виды самостоятельных установившихся разрядов, характеризуется резко неравномерным распределением потенциала между электродами. В областях, примыкающих к электродам дуги, названных катодной и анодной, несмотря на малую протяженность (l_k и l_a), напряжения U_k и U_a значительны. В остальной части разряда, расположенной между этими областями и названной столбом дуги (l_c), напряженность поля сравнительно невелика.

При сварке тяжело нагружаемых и работающих в условиях ударноабразивного изнашивания деталей и узлов из высокопрочных и разнородных сталей необходимо предотвратить образование холодных трещин. Для этих целей применяют отпуск. Это усложняет технологический процесс. Во избежание отпуска можно применять Fe-Cr-Ni-(Mo) электроды.

В ИЭС им. Е.О. Патона разработаны безникелевые хромомарганцевые электроды марок АНВМ-2 и АНВМ-3 для ручной дуговой сварки и наплавки стали 110Г13Л. Стержни электродов выполняют из низкоуглеродистой стальной проволоки Св-08 или Св-08А, электродное покрытие содержит порошкообразные чистые металлы, ферросплавы и графит для легирования наплавленного металла: до 0,15–0,39% С; 8,5–9,5% Cr; 19,0–24,0% Mn; 0,08–0,12% Ti; 0,15–0,20% V и до 0,16% N.

Получаемый хромомарганцевый металл шва имеет аустенитную структуру с выделениями карбидов и карбонитридов. Он обладает повышенной прочностью. Электроды АНВМ-2 обеспечивают предел прочности наплавленного металла 610–720 МПа, предел текучести 380–540 МПа. Электроды АНВМ-3 обеспечивают большие значения предела прочности наплавленного металла 670–760 МПа, и большие значения предела текучести, 420–610 МПа.

Применение наплавки в защитных газах считается самым технологичным и универсальным способом, который позволяет проводить наплавку большинства материалов в различных пространственных положениях, рисунок 3.

Применяемый для защиты сварочной ванны и наплавленного металла углекислый газ имеет относительно малую стоимость и широкую доступность. Обычно для такой наплавки применяется постоянный ток обратной полярности. При использовании в качестве защитного газа углекислоты происходит окисление расплавленного металла, поэтому в наплавочную проволоку необходимо вводить раскислители (кремний и марганец).

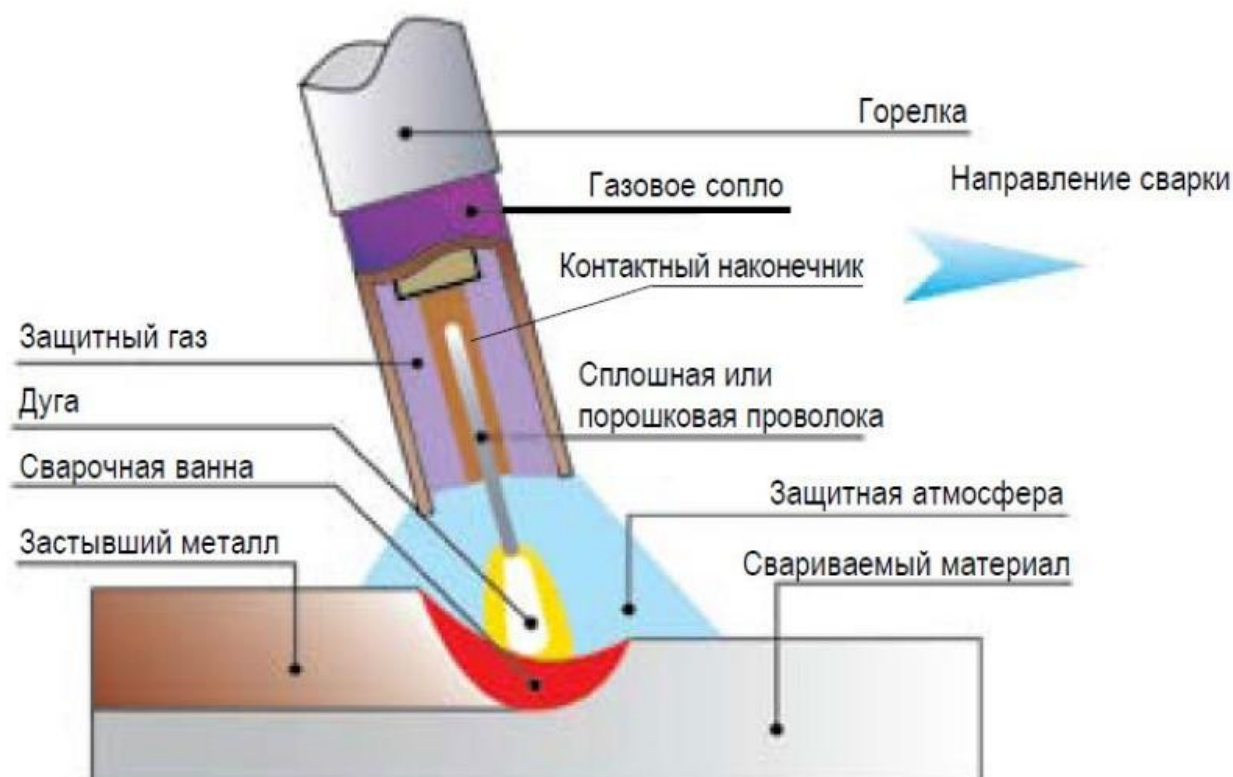


Рисунок 3 - Схема процесса механизированной сварки

Сварка самозащитными порошковыми проволоками сочетает в себе положительные свойства механизированной сварки в защитных газах и ручной дуговой сварки штучными электродами [9], [16]. В настоящее время мировым производителем сварочных материалов («Lincoln Electric», «Hobart», «Elga», «ESAB», «Thyssen-Böhler», «Kobelco», «S.A.F.-Oerlicon»,) предлагается значительное количество порошковых проволок, которые предназначены для использования в широкой области.

Применение самозащитной порошковой проволоки позволяет отказаться от использования газовой аппаратуры (редукторы, смесители газов, баллоны, осушители, шланги), которые в значительной мере снижают мобильность сварщика.

Несмотря на преимущества сварки самозащитной порошковой проволокой, она обладает и существенными недостатками, ограничивающими область её применения.

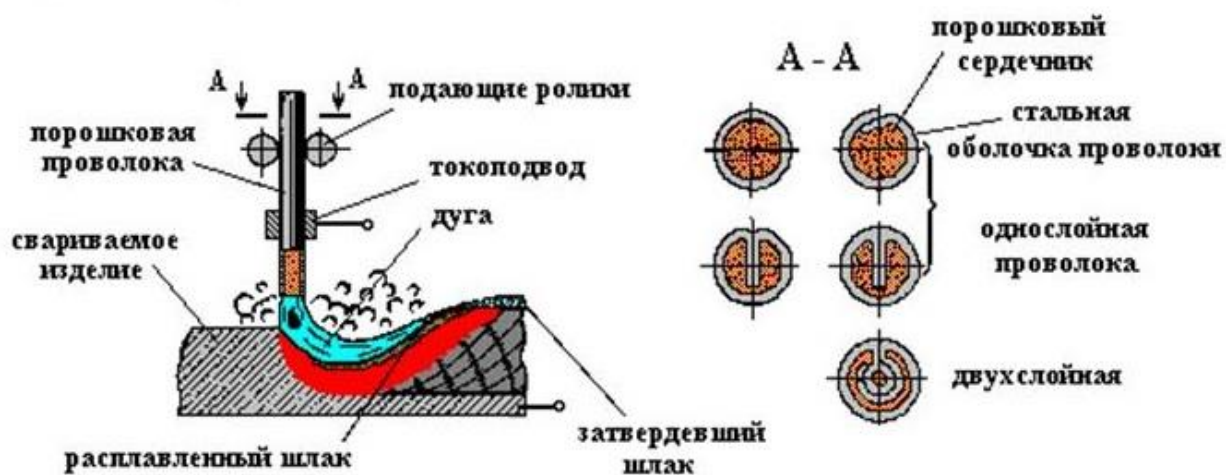


Рисунок 4 – Схема сварки порошковой проволокой



Рисунок 5 – Общий вид порошковой проволоки

Во-первых, при сварке остаётся необходимость удаления шлаковой корки с поверхности шва. Во-вторых, высокая стоимость порошковой проволоки делает её применение в ряде случаев экономически невыгодным. В-третьих, из-за жидкотекучести шлака наблюдается сильное порообразование и возможность получения дефектов в виде пор и шлаковых включений. В-четвёртых, следует отметить необходимость борьбы с заломы сварочной

проволоки из-за её излишней мягкости. В-пятых неравномерное плавление оболочки и сердцевины сварочной проволоки приводит к образованию шлаковых включений и пор.

«К достоинствам сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа следует отнести широкий спектр соединяемых материалов. Практически все цветные металлы успешно соединяются данным способом. В некоторых случаях, при сварке титана, например, требуется дополнительная защита инертным газом и зон, подвергшихся нагреву до высоких температур» [15].

Недостатки способа – при сварке активных металлов требуется в качестве защитного применять дорогостоящий аргон. Кроме того, традиционно сварщик одновременно выполняет манипуляции присадочным прутом и сварочной горелкой.

Различные варианты механизации данного способа приводят к необходимости создания конструктивно сложной горелки, рисунок 6. Фотография такой горелки на рисунке 7.

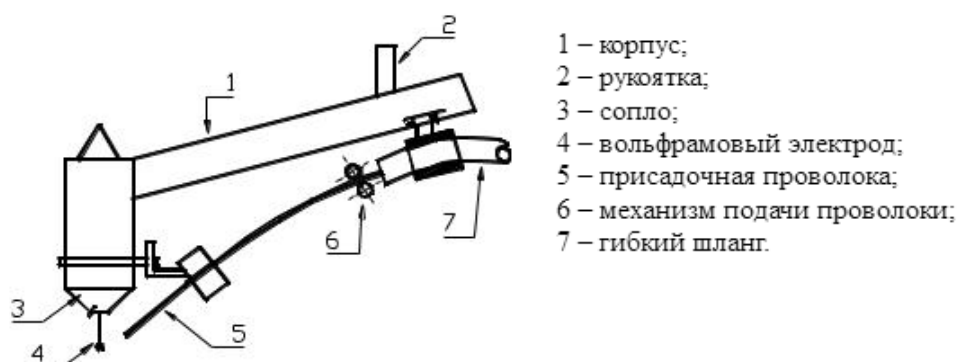


Рисунок 6 – Схема механизированной сварки неплавящимся электродом

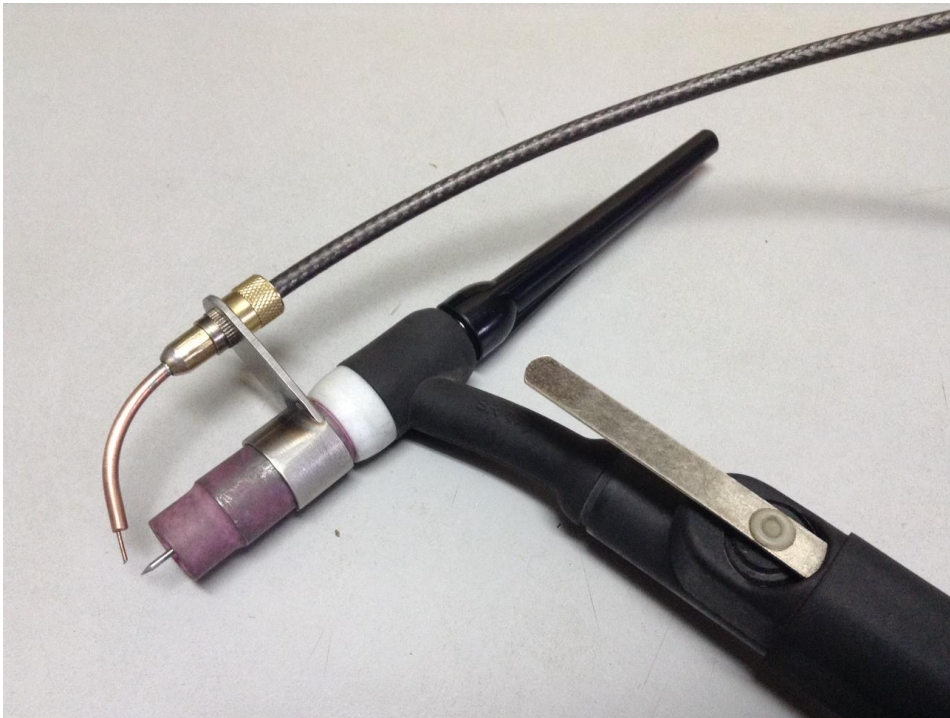


Рисунок 7 - Горелка для TIG сварки при механизированной подаче проволоки

В целом, можно сделать вывод, что замена способа наплавки штучными электродами на способ наплавки самозащитной порошковой проволокой обеспечит повышение производительности при минимальных финансовых вложениях.

1.4 Задачи работы

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества при наплавке изношенных зубьев ковшей экскаваторов. Для зубьев ковшей применяют так называемую сталь Гадфильда. Данная сталь содержит в своем составе около 1% углерода. Тем не менее, применяя предварительный подогрев удастся получить вполне работоспособный слой при наплавке штучными электродами. Но данная технология, применяемая в условиях предприятия, характеризуется малыми величинами производительности в процессе наплавки.

На практике применяется много вариантов нанесения покрытий на изношенные в процессе эксплуатации поверхности. Однако отказ от технологии дуговой наплавки не представляется возможным. Различные способы газотермического напыления, гальванического нанесения покрытий не обеспечивают должный уровень адгезии нанесенного слоя. Анализ вариантов нанесения покрытия дуговыми методами показал, что наиболее подходящим является вариант наплавки порошковой самозащитной проволокой.

Технологический процесс наплавки изношенных зубьев по базовой технологии предусматривает ряд неблагоприятных моментов, которые не лучшим образом сказываются на эффективности наплавки зуба, производительность и качество.

При наплавке по базовой технологии применяется ручная дуговая наплавка. Наиболее критической частью базовой технологии является процесс замены израсходованного штучного электрода. Вследствие чего сильно увеличиваются сроки наплавки, и ухудшается качество наплавленного слоя.

Исходя из вышеперечисленного следует сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, решение которых позволит достигнуть поставленной цели: обоснование выбора марки порошковой проволоки; выбор оптимальных режимов наплавки; составление проектного технологического процесса с учетом ранее найденных решений; оценка предлагаемых технических решений с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и производственный персонал; оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии наплавки изношенной поверхности зуба экскаватора.

.

2 Разработка технологического процесса восстановления

2.1 Выбор наплавочного материала

Первым этапом разработки технологии механизированной наплавки является выбор порошковой проволоки. Материал зубьев ковшей экскаваторов, сталь 110Г13Л, содержит сравнительно высокое количество таких элементов как углерод, 0,9-1,4% и марганец, 11-15%.

При выборе сварочных материалов, в данном случае это порошковая проволока необходимо обеспечить получение наплавленного слоя, химический состав которого совпадает со сталью 110Г13Л.

Предварительный анализ подходящих по химическому составу порошковой проволоки выполняли исходя из информации, заложенной в ГОСТ 26101-84. Согласно таблице 4 данного документа с высоким содержанием марганца и углерода выпускаются следующие проволоки:

Проволока ПП-Нп-65Х5Г12МС: С - 0,6 %; Si - 0,9 %; Mn - 12 %; Cr - 4 %; W - 2 %; Mo - 2,2 %; V - 0,2 %.

Проволока ПП-Нп-200Х12ВФ: С - 1,8 %; Si - 0,4 %; Mn - 0,3 %; Cr - 12 %; W - 1 %; V - 0,25 %.

Проволока ПП-Нп-200Х15С1ГРТ: С - 2 %; Si - 1,5 %; Mn - 1 %; Cr - 15 %; Ti - 0,6 %; В - 0,7 %.

Проволока ПП-Нп-90Г13Н4: С - 0,7...0,9 %; Si - 0,1-0,3 %; Mn – 13...15 %.

Характеристики проволоки ПП-Нп-65Х5Г12МС следующие:
Коэффициент наплавки 23 г/Ач; Твердость после наплавки HRC -40...46.

Характеристики проволоки ПП-Нп-200Х12ВФ следующие:
Коэффициент наплавки составляет 12 г/Ач; Твердость после наплавки HRC - 40...44.

Характеристики проволоки ПП-Нп-200Х15С1ГРТ следующие: Коэффициент наплавки составляет 16 г/Ач. Твердость после наплавки HRC - 50...56.

Характеристики проволоки ПП-Нп-90Г13Н4 следующие: Коэффициент наплавки составляет 11 г/Ач; Твердость после наплавки HRC - 40...46.

Если анализировать свойства, то высокими эксплуатационными характеристиками в процессе абразивного износа обладают проволоки: ПП-Нп-200Х15С1ГРТ и ПП-Нп-200Х12ВФ. Но у нас еще и ударные нагрузки, поэтому рекомендуем проволоку ПП-Нп-90Г13Н4.

2.2 Технология наплавки

Первая операция – подготовка поверхности зуба ковша перед наплавкой. Перед выполнением наплавки следует выполнить тщательную очистку поверхности детали от грязи и жира, что позволяет уменьшить образование пор в наплавленном металле. Перед наплавкой также следует удалить механическим путём все поверхностные дефекты и наклёпанный слой. Также при механической обработке необходимо выровнять поверхность с неравномерной выработкой по высоте. Поверхность и прилегающие к ней участки на расстоянии 10 мм должны быть очищены от загрязнений и заусенцев. После механической обработки и зачистки подготовленную деталь передают на пост дефектации.

«На очищенных от загрязнений зубьях выполняют замеры посадочных поверхностей на соответствие требованиям. Используют штангенциркуль, Определяют величину износа. Затем зубья передают на зачистку поверхности, подлежащей наплавке. Изношенные поверхности и прилегающие участки шириной не менее 5 мм зачищают до металлического блеска. В качестве вспомогательного материала применяют наждачную шкурку 50П2Ф.

Зачищенные поверхности обезжиривают ацетоном или Уайт-спиритом. После чего просушивают» [15].

Затем следует операция – предварительного подогрева. Подогрев зуба выполняется газовой горелкой до температуры 200...300°C. При предварительном нагреве зуба не допускается перегрев его поверхности выше температуры красного каления. Возможно применение печного нагрева. Данный вариант является предпочтительным, так как позволяет точнее выполнять операцию.

Затем выполняется наплавка. Для восстановительной наплавки применяется СВАРОГ TECH MIG 350, рисунок 8. Наплавку выполняют в нижнем положении на постоянном токе обратной полярности.



Рисунок 8 – Сварочный аппарат СВАРОГ TECH MIG 350

Перекрытие валиков должно составлять 30...50 % от ширины валика. При выполнении восстановительной наплавки следует учитывать припуск на механическую обработку 2,5...4 мм.

Параметры режима наплавки следующие: ток постоянный; полярность обратная; напряжение на дуге 24...27 В; Сила тока 220-240 А; скорость наплавки 20-26 м/час; каждый последующий валик должен перекрывать предыдущий на 1/4 его ширины. В качестве присадочного материала используют порошковую проволоку ПП-Нп-90Г13Н4 диаметром 2,6 мм.

Наплавку производят в воздушной среде, так как проволока самозащитная.

При выполнении контрольной операции следует убедиться в отсутствии дефектов и соответствии размеров наплавленного слоя заданным. Наиболее часто встречающимся дефектом при наплавке являются раковины, трещины и поры. Ещё одним распространённым дефектом при дуговой наплавке является несплавление наплавленного слоя с основным металлом.

При контроле качества применяется визуально-измерительный контроль, объём которого составляет 100 %. Его необходимо проводить применительно ко всем наплаваемым поверхностям по всей площади наплавки.

Также при контроле качества следует также замерить твёрдость наплавленной поверхности. Измерения твердости проводить на твердометре МЕТ-У1А, рисунок 9. Данный прибор работает по UCI-методу (принцип ультразвукового контактного импеданса). Предварительно, на наплавленной поверхности зачищается участок размером 1х1 см.



Рисунок 9 - Твердомер MET-Y1A

Проводили сравнительные исследования сопротивления наплавленных слоев абразивному износу посредством маятникового копра, рисунок 10 [21]. Испытания проводились на маятниковом копре, на котором был смонтирован стандартный твердосплавный резец для нарезания метрической резьбы (угол в плане $= 60^\circ$). При ударе резец снимал стружку вплоть до исчерпания энергии маятника, при этом на поверхности образца образовывалась царапина длиной l . Работа, затраченная на снятие стружки при каждом ударе, равнялась потенциальной энергии, запасенной маятником (энергии удара).

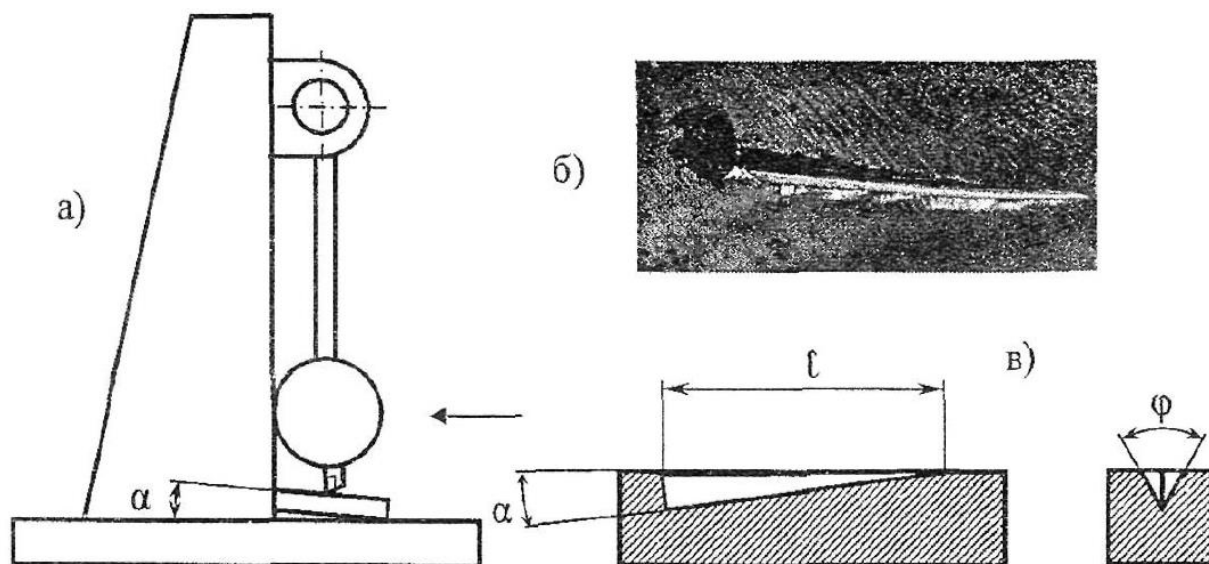


Рисунок 10 – Исследования стойкости к абразивному износу

Сравнение по приведенной методике износостойкости слоев, наплавленных присадочной проволокой ПП-Нп-90Г13Н4 и применяемыми на предприятии в настоящее время электродами ОЗЛ-19, ОМГ-Н, Т 590, НИИ-48Г показало, что износостойкость слоя наплавленного порошковой проволокой не уступает износостойкости слоя наплавленного перечисленными марками штучных электродов.

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения сварочных работ при ремонтной наплавке изношенных зубьев карьерных экскаваторов. Проектная технология предусматривает применение дуговой механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартным средств и мероприятий. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Разработанная технология сборки и сварки включает в себя следующие операции, таблица 3:

- входной контроль (для выполнения операции применяются штангенциркуль, линейка металлическая, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор);
- подготовительная операция (для выполнения операции применяются щетка металлическая, ветошь, наждачная шкурка 50П2Ф, ацетон или уайт-спирит); предварительный подогрев (для выполнения операции применяются газовая горелка);

- наплавка слоя на подготовленную поверхность зуба, (для выполнения операции применяются сварочная проволока, сварочный аппарат СВАРОГ ТЕСН MIG 350);

- контроль качества (для выполнения операции применяется набор визуально-измерительного контроля, шаблон УШС-3, набор для капиллярного контроля).

Таблица 3 - Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые для выполнения операции
Входной контроль	Дефектоскопист	карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор, линейка, штангенциркуль	Рукавицы
Подготовительная операция	Слесарь-сборщик	Щетка металлическая.	Рукавицы, ацетон, шкурка наждачная 50П2Ф
Подогрев	Электросварщик	Газовая горелка	Рукавицы, ацетилен, кислород
Наплавка	Электросварщик	Сварочный аппарат СВАРОГ ТЕСН MIG 350	Рукавицы, сварочная проволока,
Контроль качества	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля, шаблон УШС-3, набор для капиллярного контроля	Рукавицы

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса, таблица 4. Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом

человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса.

Таблица 4 – Идентификация профессиональных рисков

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1	2	3
Входной контроль	- 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.	- инструменты
Подготовительная операция	- 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	- ацетон, - шкурка наждачная 50П2Ф
Подогрев	- 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; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать	- горелка; - сварочный аэрозоль; - нагретый зуб

	ожоги	
--	-------	--

Продолжение таблицы 4

1	2	3
Наплавка	- 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; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - аэрозольные частицы; - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение	- сварочный аппарат; сварочная дуга; - сварочный аэрозоль; - нагретый зуб
Контроль качества	- 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	- химикаты из набора для капиллярного контроля

Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм [24].

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Производственные условия вообще характеризуются, как правило, наличием некоторых опасных и вредных производственных факторов [17]. Для их нейтрализации факторов применяют различные средства, таблица 5.

Таблица 5 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Технические средства и методики, применение которых по отношению к негативному фактору позволит полностью устранить его или уменьшить до приемлемого уровня	Средства индивидуальной защиты
1	2	3
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования.	- размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; - проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности	Спецодежда.
Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	- применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону; - размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек	Спецодежда
Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	- применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха; - применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства - организация общецеховой системы вентиляции, обеспечивающей, в целом, удаление и поступление воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	- организация защитного заземления; - проведение периодического инструктажа по технике безопасности; - периодический контрольный замер изоляции; - периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда
Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	- проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности ; - механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	Спецодежда
Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	- применение защитных экранов; - применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	- применение защитных экранов; - применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья	- размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; - уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора	-

3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара, таблица 6, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, таблица 7.

Предлагаемые технические средства должны обладать достаточной эффективностью против рассматриваемых опасных факторов пожара. Эти средства должны основываться на действующей нормативной документации, учитывать особенности рассматриваемого технологического процесса.

Таблица 6 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется наплавка зубьев ковшей экскаваторов	Аппарат сварочный СВАРОГ ТЕСН MIG 350, машинка шлифовальная	«Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [27]	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 [27].	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения [27].

Таблица 7 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, таблица 8.

Таблица 8 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для наплавки изношенных поверхностей зубьев ковшей экскаватора	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [27].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [27].

3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию, таблица 9, этих негативных факторов и предложить меры защиты, таблица 10 от этих факторов. Таблица 9 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Участок для наплавки изношенных поверхностей зубьев ковшей экскаватора	Операции входного контроля, подготовительная операция, предварительный подогрев, операция наплавки, операции контроля наплавленного изделия	«Выделяемые в процессе горения пламени аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы» [14]	«Химикаты, используемые в процессе капиллярного контроля» [14].	«Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный» [14].

Таблица 10 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	«Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов» [16].
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек индикаторных жидкостей при проведении капиллярного контроля.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	«Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии наплавки изношенных зубьев экскаватора.

Изучение особенностей технологического процесса наплавки позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Разработан перечень мероприятий для защиты персонала и имущества предприятия от возможного пожара, для чего идентифицированы опасные факторы пожара, предложены стандартные средства и методики для их устранения.

Анализ экологичности предлагаемого технологического процесса позволил установить, что внедрение в производство предлагаемых решений приведёт к возникновению негативных воздействий на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

В настоящем разделе предложены мероприятия, которые призваны уменьшить влияние негативных экологических факторов.

4 Оценка экономической эффективности проектной технологии

4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений

В настоящей выпускной квалификационной работе предложено для повышения эффективности ремонтной наплавки зубьев экскаватора применить современные достижения сварочной науки. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе оборудования для механизированной наплавки самозащитной порошковой проволокой.

Применяемый на предприятии вариант технологии предполагает использование ручной дуговой сварки по методу ММА.

Применение предлагаемого способа позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии наплавки изношенных зубьев карьерного экскаватора.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям, таблица 11.

Таблица 11 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	P_p	-	V	IV
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	200	175
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициента доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
Принятые значения коэффициента отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{д}$	-	1,88	1,88
Принятые значения коэффициента отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Принятые значения коэффициента выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{об}$	Руб.	15000	74000
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	5	8
Принятые значения стоимости присадочных материалов:	$Ц_{эл}$	Руб/кг	800	900
Принятые значения нормы амортизации оборудования	$Н_{а}$	%	21,5	21,5
Принятые значения коэффициента транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	m^2	11	11
Принятые значения коэффициента стоимость эксплуатации площадей	$C_{\text{эксп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
Цена производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	P/m^2	30000	30000
Принятые значения нормы амортизации производственных площадей	$Ha_{\text{пл}}$	%	5	5
Принятые значения коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициента цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
Принятые значения коэффициента заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
Принятые значения коэффициента эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Выполнение операций базового и проектного технологического процессов сварки изделия предусматривает применение оборудования и рабочего персонала. Для расчёта фонда заработной платы и затрат на оборудование и производственные площади требуется определить фонд времени работы оборудования. Для базового и проектного вариантов технологии фонд времени работы оборудования будет одинаков.

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных, см. табл. 4.1: суммарное число рабочих дней в календарном году $D_p = 277$ дней, длительность рабочей смены $T_{\text{см}} = 8$ часов, количество предпраздничных дней $D_{\text{п}} = 7$ дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни $T_{\text{п}} = 1$ час, принятое для

рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен $K_{\text{см}} = 1$. Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

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

Расчёты, выполненные согласно (1) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

Эффективный фонд времени сварочного оборудования, которое применяется для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса определяется с учётом процента планируемых потерь рабочего времени $B = 7 \%$:

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

Расчёты, выполненные согласно (2) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт. Штучное время $t_{\text{шт}}$ является суммой затрат времени: машинного (выполнение основных операций технологического процесса) времени $t_{\text{маш}}$; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени $t_{\text{всп}}$; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования) $t_{\text{обсл}}$; времени $t_{\text{отд}}$ на личный отдых работников, задействованных в выполнении операций технологического процесса; подготовительно-заключительного времени $t_{\text{п-з}}$:

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з}. \quad (3)$$

Машинное время рассчитаем исходя из длины наплавляемых валиков и скорости наплавки. Скорость наплавки для применяемого на предприятии технологического процесса составляет $V_{св} = 20-25$ см/мин, для предлагаемого $V_{св} = 50-55$ см/мин.

Общая длина наплавляемых валиков в применяемом и предлагаемом варианте технологии составляет $L = 200$ сантиметров.

Для определения численных значений машинного времени воспользуемся формулой:

$$t_{маш} = \frac{\Sigma L}{V_{CB}} \quad (4)$$

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (4), составит:

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

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

Штучное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (3), составит, таблица 12:

Таблица 12 – Штучное время, мин.

Вариант	$t_{маш}$	$t_{всп}$ 15%	$t_{обсл}$ 10%	$t_{отл}$ 5%	$t_{п-з}$ 1%	$t_{шт}$
Базовый:	10	1,5	1	0,5	0,01	13,01
Проект.	4	0,6	0,4	0,2	0,004	5,2

Годовая программа $П_{г}$ выполнения сварки может быть рассчитана исходя из рассчитанного согласно (2) эффективного фонда времени $F_{э}$ и согласно (3) штучного времени $t_{шт}$:

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем

выполнять для годовой программы $\Pi_{\Gamma}=5000$ зубьев в год.

При этом необходимое количество $n_{\text{расч}}$ оборудования для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса вычисляется с учётом коэффициента $K_{\text{вн}}$ выполнения нормы (для базового и проектного варианта технологий принимаем $K_{\text{вн}} = 1,03$):

$$n_{\text{расч}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot \Pi_{\Gamma}}{F_{\text{Э}} \cdot K_{\text{вн}}} \quad (5)$$

Требуемое количество оборудования $n_{\text{расч}}$ для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанное согласно (5), составляет:

$$n_{\text{расч.б}} = \frac{0,21 \cdot 5000}{2054 \cdot 1,1} = 0,4 \text{ед.},$$
$$n_{\text{расч.пр}} = \frac{0,08 \cdot 5000}{2054 \cdot 1,1} = 0,17 \text{ед.}$$

Необходимое количество оборудования $n_{\text{пр}}$, которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (5) значений. На основании проведённых расчётов принимаем по одной единице оборудования для базового и проектного вариантов технологии ($n_{\text{пр}} = 1$). Коэффициент K_3 загрузки оборудования в этом случае составит:

$$K_3 = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}}. \quad (6)$$

Значения коэффициентов загрузки K_3 для базового и проектного вариантов технологии составляют:

$$K_{3б} = 0,4/1 = 0,4,$$
$$K_{3п} = 0,17/1 = 0,17.$$

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии

При получении слоев на изношенной поверхности зуба экскаватора требуются в применяемом технологическом процессе вспомогательные сварочные материалы. Применяемый на предприятии технологический процесс ручной сварки штучными электродами характеризуется расходом электродов ОЗЛ-19, ОМГ-Н, Т 590, НИИ-48Г. Разработанный и предлагаемый к применению технологический процесс сварки характеризуется расходом присадочной проволоки ПП-Нп-90Г13Н4.

Затраты M на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов H_p , цены материалов C_m и коэффициента K_{tz} транспортно-заготовительных расходов:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{tz}, \quad (7)$$

Затраты на материалы, рассчитанные согласно (7) для базового и проектного варианта технологии, составят:

$$M_{\text{баз.}} = 900 \cdot 0,3 \cdot 1,05 = 315,25 \text{ руб.},$$

$$M_{\text{пр.}} = 800 \cdot 0,6 \cdot 1,05 = 252 \text{ руб.},$$

Объём основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом штучного времени $t_{\text{шт}}$, часовой тарифной ставки C_q и коэффициента K_d доплат:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_q \cdot K_d. \quad (8)$$

Основная заработная плата рабочих для базового и проектного вариантов технологии после подстановки значений в формулу (8) составляет:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 0,21 \cdot 200 \cdot 1,88 = 78,96 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 0,08 \cdot 175 \cdot 1,88 = 26,23 \text{ руб.}$$

Объём дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{доп}}$ дополнительных доплат ($K_{\text{доп}} = 12 \%$):

$$Z_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot Z_{\text{осн}}. \quad (9)$$

Дополнительная заработная плата $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (9) после подстановки значений составляет:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 78,96 \cdot 12/100 = 9,47 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 26,23 \cdot 12/100 = 3,15 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы $\Phi ЗП$ вычисляется как сумма основной $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии:

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 78,96 + 9,47 = 88,43 \text{ руб.},$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 26,23 + 3,15 = 29,38 \text{ руб.}$$

Объём отчислений $O_{\text{сн}}$ из фонда заработной платы на социальные нужды определяем с учётом коэффициента $K_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды:

$$O_{\text{сн}} = \Phi ЗП \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (10)$$

Отчисления на социальные нужды по базовому и проектному вариантам технологии после подстановки в (10) соответствующих значений:

$$O_{\text{сн.баз.}} = 88,43 \cdot 34/100 = 30,06 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сн.проектн.}} = 29,38 \cdot 34/100 = 9,98 \text{ руб.}$$

Затраты $Z_{об}$ на оборудование, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, вычисляются как сумма затрат $A_{об}$ на амортизацию и $P_{ээ}$ на электрическую энергию:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{ээ}. \quad (11)$$

Величина $A_{об}$ амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования $C_{об}$, нормы амортизации H_a , машинного времени $t_{маш}$, и эффективного фонда времени $F_э$ с использованием зависимости:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш}}{F_э \cdot 100}. \quad (12)$$

Амортизация оборудования, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, после подстановки в (12) соответствующих значений, составляет:

$$A_{об.баз} = \frac{15000 \cdot 0,16 \cdot 21,5}{2054 \cdot 100} = 0,25 \text{ руб.}$$

$$A_{об.пр} = \frac{74000 \cdot 0,06 \cdot 21,5}{2054 \cdot 100} = 0,46 \text{ руб.}$$

Расходы $P_{ээ}$ на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии рассчитываются с учётом установленной мощности оборудования $M_{уст}$, цены электрической энергии $C_{ээ}$ для предприятий, машинного времени $t_{маш}$ и КПД оборудования:

$$P_{ээ} = \frac{M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot C_{ээ}}{КПД} \quad (13)$$

Рассчитанные после подстановки в (13) соответствующих значений расходы на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$P_{\text{ээ баз}} = 3,8 \cdot 0,16 \cdot 3,2 / 0,7 = 0,608 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 6,0 \cdot 0,06 \cdot 3,2 / 0,85 = 1,35 \text{ руб.}$$

Рассчитанные после подстановки в (11) соответствующих значений расходы на оборудование по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$З_{\text{об баз.}} = 0,25 + 0,608 = 0,85 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{об проектн.}} = 0,46 + 1,35 = 1,81 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость $C_{\text{тех}}$ рассчитывается как сумма затрат на материалы M , фонда заработной платы $\Phi ЗП$, отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$ и затрат на оборудование $З_{\text{об}}$:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сн}} + З_{\text{ОБ}} \quad (14)$$

Рассчитанная после подстановки в (14) соответствующих значений технологическая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 315,25 + 88,43 + 30,06 + 0,85 = 433,85 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 252 + 29,38 + 9,98 + 1,81 = 293,17 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость $C_{\text{цех}}$ рассчитывается с учётом технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $З_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{цех}}$ цеховых расходов:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (15)$$

Рассчитанная после подстановки в (15) соответствующих значений цеховая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 433,85 + 1,5 \cdot 78,96 = 433,85 + 118,44 = 552,29 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 293,17 + 1,5 \cdot 26,23 = 293,17 + 39,34 = 332,51 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость $C_{\text{зав}}$ рассчитывается с учётом цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, основной заработной платы $З_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{зав}}$ заводских расходов:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (16)$$

Рассчитанная после подстановки в (16) соответствующих значений заводская себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 552,29 + 1,15 \cdot 78,96 = 552,29 + 90,80 = 643,69 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 332,51 + 1,15 \cdot 26,23 = 332,51 + 30,16 = 362,67 \text{ руб.}$$

Расчетные значения составляющих экономических показателей заводской, цеховой и технологической себестоимости для применяемого на предприятии технологического процесса наплавки зубьев ковша экскаватора и разработанного в ВКР и предлагаемого к внедрению отражены в таблице 13.

Таблица 13 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Применяемый	Предлагаемый
1. Расходы на вспомогательные материалы	<i>М</i>	315,25	252
2. Расходы на заработную плату	<i>ФЗП</i>	88,43	29,38
3. Отчисления на соц. нужды	<i>Осн</i>	30,06	9,98
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	0,85	1,81
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	433,85	293,17
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	118,44	39,34
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	552,29	332,51
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	90,80	30,16
9. Заводская себестоимость	<i>Сзав</i>	643,69	362,67

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

Капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования $C_{\text{об.б.}}$, коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з. б.}}$ рассчитанного для базового варианта согласно (6):

$$K_{\text{общ. б.}} = C_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{\text{з.б.}} \quad (17)$$

Остаточную стоимость $C_{\text{об.б.}}$ оборудования для базового варианта рассчитаем с учётом рыночной стоимости оборудования $C_{\text{перв}}$, срока службы оборудования T_c и нормы амортизации H_a оборудования:

$$C_{\text{ОБ.Б.}} = C_{\text{ПЕРВ.}} - (C_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot H_A / 100). \quad (18)$$

Остаточная стоимость оборудования, рассчитанная после подстановки в (18) соответствующих значений, составляет:

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 150000 - (15000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 8550 \text{ руб.},$$

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

Капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}}$ для проектного варианта технологии рассчитываем как сумму вложений в оборудование $K_{\text{об. пр.}}$, вложений в производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих вложений $K_{\text{соп.}}$:

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (19)$$

Капитальные вложения $K_{\text{об. пр.}}$ в оборудование для выполнения операций по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом цены

оборудования $\Pi_{\text{об. пр.}}$, коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{\text{ТЗ}}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{зп}}$ по проектному варианту:

$$K_{\text{об.пр.}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{ТЗ}} \cdot K_{\text{зп}}. \quad (20)$$

Величина капитальных вложений в оборудование после подстановки в (20) соответствующих значений составляет:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = 74000 \cdot 1,05 \cdot 0,27 = 20979 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения $K_{\text{соп.}}$ по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом расходов на демонтаж $K_{\text{дем}}$ базового оборудования и расходов на монтаж $K_{\text{монт}}$ проектного оборудования:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{дем}} + K_{\text{монт}}. \quad (21)$$

Расходы на демонтаж $K_{\text{дем}}$ и монтаж $K_{\text{монт}}$ рассчитываем с учётом стоимости оборудования $\Pi_{\text{б}}$ и $\Pi_{\text{пр}}$ по базовому и проектному вариантам, коэффициентов $K_{\text{д}}$ и $K_{\text{м}}$ на демонтаж и монтаж оборудования:

$$K_{\text{дем}} = \Pi_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (22)$$

$$K_{\text{монт}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м}}. \quad (22)$$

Сопутствующие капитальные вложения при проектном варианте технологии, рассчитанные после подстановки в (21), (22) и (23) соответствующих значений:

$$K_{\text{дпм}} = 1 \cdot 15000 \cdot 0,05 = 750 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{монт}} = 74000 \cdot 0,05 = 3700 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{соп}} = 750 + 3700 = 4450 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (19) соответствующих значений:

$$K_{\text{общ.пр}} = 20979 + 4450 = 25429 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные вложения $K_{\text{доп}}$ рассчитываем исходя из капитальных затрат $K_{\text{общ.пр.}}$ и $K_{\text{общ.б.}}$ для проектного и базового вариантов технологии:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общпр}} - K_{\text{общб}}: \quad (24)$$

$$K_{\text{доп}} = 25429 - 2736 = 22693 \text{ руб.}$$

Величину удельных капитальных вложений $K_{\text{уд}}$ рассчитываем с учётом годовой программы $P_{\text{г}}$:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{P_{\text{г}}}, \quad (25)$$

После подстановки в (25) соответствующих значений:

$$K_{\text{удБаз.}} = 2736/5000 = 0,54 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 25429/5000 = 5,08 \text{ руб./ед.}$$

Расчёт снижения трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$ при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом штучного времени $t_{\text{шт.б.}}$ и $t_{\text{шт.пр.}}$ по базовому и проектному вариантам:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штб}} - t_{\text{штпр}}}{t_{\text{штб}}} \cdot 100\% . \quad (26)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

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

Расчёт повышения производительности труда $P_{\text{т}}$ при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} . \quad (27)$$

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

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

Расчёт снижения технологической себестоимости $\Delta C_{\text{ТЕХ}}$ при внедрении в производство проектной технологии выполняется по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (28)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{433,85 - 293,17}{433,85} \cdot 100\% = 32\%$$

Расчёт условно-годовой экономии $\text{Пр}_{\text{ож}}$ (ожидаемой прибыли), которая может быть получена при принятии проектной технологии, выполним следующим образом:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \mathcal{E}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} . \quad (29)$$

Ожидаемая прибыль после подстановки в (29) соответствующих значений составила:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \mathcal{E}_{\text{у.г.}} = (643,69 - 362,67) \cdot 5000 = 1405100 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости $T_{\text{ок}}$ дополнительных капитальных вложений определим следующим образом:

$$T_{OK} = \frac{K_{доп}}{\mathcal{E}_{уг}} \quad (30)$$

Срок окупаемости после подстановки в (30) соответствующих значений составил:

$$T_{OK} = \frac{22693}{1405100} \approx 0,5 года$$

Годовой экономический эффект $\mathcal{E}_г$, получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

$$\mathcal{E}_г = \mathcal{E}_{уг} - E_n \cdot K_{доп} \quad (31)$$

Годовой экономический эффект после подстановки в (31) соответствующих значений составил:

$$\mathcal{E}_г = 1405100 - 0,33 \cdot 22693 = 1339036 \text{ руб.}$$

При выполнении базовой технологии наплавки применяется способ сварки – ручная дуговая покрытым электродом по методу (ММА).

Недостатки применения ручной дуговой сварки по методу ММА: малая производительность выполнения сварочных работ; повышенный расход электродного материала на угар, разбрызгивание и огарки; работа сварщика в тяжёлых условиях; низкая стабильность качества сварки.

Проектный вариант технологии предполагает использование модернизированного варианта сварки с применением порошковой самозащитной проволоки ПП-Нп-90Г13Н4.

Модернизация способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 70 %, повышение производительности труда на 150 %, уменьшение технологической себестоимости на 32%.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 1,4 млн. рублей.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 1,33 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,5 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

Заключение

Был выполнен анализ возможных способов наплавки, которые могут быть применены при ремонтной наплавке слоя на изношенную поверхность зуба ковша экскаватора. Для снижения трудоемкости получения наплавляемых валиков значительной протяженности предложено применить передовые результаты научных исследований в области сварки стали Гадфильда.

Были рассмотрены способы дуговой наплавки штучными электродами, механизированной наплавки в среде защитных газов, способ наплавки неплавящимся электродом в среде аргона. Рассмотрены достоинства и недостатки перечисленных способов наплавки.

По результатам анализа перечисленных вариантов получения неразъемных соединений предложено применить способ наплавки самозащитной порошковой проволокой. Для получения слоя успешно сопротивляющегося ударно-абразивному износу подобрана наплавочная порошковая проволока ПП-Нп-90Г13Н4.

Разработанный технологически процесс наплавки включает в себя операции входного контроля, подготовительные операции, такие как зачистка и обезжиривание. Затем следует операция подогрева. После чего наплавкой самозащитной проволокой производится нанесение слоя на изношенную поверхность зуба ковша. Выполняется контроль наплавленного слоя.

Применение механизированной наплавки слоя самозащитной порошковой проволокой позволяет уменьшить трудоемкость наплавки. Ожидаемый годовой экономический эффект составит 1,33 млн. руб. Можно сделать вывод о достижении цели выпускной квалификационной работы.

Список используемых источников

1. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Контроль качества сварочных работ. М.: Высшая школа. 1986. 167 с.
2. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений. М.: Машиностроение. 2006. 368 с.
3. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учеб. пособие. Л. Н. Горина. Гриф УМО. Тольятти : ТолПИ. 2000. 79 с.
4. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций. М.: Изд. «Зеркало», 1995. 288 с.
5. Гринин А. С., Орехов Н.А. Экологический менеджмент : учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 206 с.
6. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. М.: МЧС России, 1995. 230 с.
7. 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.
8. Егорова Г.Г., Кручинина Н.В. Механическое сварочное оборудование: Каталог. М.: НИИмаш. 1980. 68 с.
9. Ельцов В.В. Восстановление и упрочнение деталей машин: учебное пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2014. 280 с.
10. Каспарова О.В., Балдохин Ю.В. Новые представления о механизме межкристаллитной коррозии нержавеющей сталей // Защита металлов. 2007. том 43. №3. С. 256-261.
11. 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.

12. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учеб-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008. 77 с.
13. Колганов, Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 512 с.
14. Колокольников, В.М. Оценка эксплуатационной стойкости и моделирование технологии изготовления отливки «Зуб ковша экскаватора» / В.М. Колокольников, К.Н. Вдовин, Е.В. Синицкий, Н.А. Феокистов // Вестник МГТУ им. Г. И. Носова. 2015. №4. – С. 61-63.
15. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
16. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания. Тольятти: ТГУ. 2008. 38 с.
17. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти: ТГУ. 2005. 35 с.
18. Кулик, В.М. Безникелевые хромомарганцевые электроды для сварки и наплавки высокопрочных и разнородных сталей / В.М. Кулик, Э.Л. Демченко, Д.В. Васильев, В.П. Елагин // Сварщик. 2012. №6. – С. 10-11.
19. Макушенко А.В. Разработка наплавочного сплава и технологии упрочнения зубьев ковшей карьерных экскаваторов. Автореферат диссертации кандидата техн. наук. Курск. 2008. 16 с.
20. Масаков В.В., Масакова Н.И., Мельзитдинова А.В. Сварка нержавеющей сталей : учеб. пособие. Тольятти: ТГУ. 2011. 184 с.
21. Мяконьков М.Б., Хмелевская В.Б. Сравнительные исследования способов нанесения покрытий на поршневые кольца для уменьшения их износа // Металлообработка. 2010. № 3. С. 36-40
22. Овчинников А.Н. Восстановление сваркой дефектных деталей в фармацевтической промышленности // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ.

- 2020. – 58 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/11599>. (дата обращения 12.05.2021)
23. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ. - 2-е изд. перераб. М.: Высш. школа, 1986. 208 с.
24. Сидоров, А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. – Москва: Машиностроение. – 1987. – 192 с.
25. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник. М.: ИНФРА М. 2001. 672 с.
26. Хромой, М.В. Изнашивание вооружения ковша карьерного одноковшового экскаватора / М.В. Хромой, В.П. Свинарчук, П.В. Свинарчук // Горные науки и технологии. 2010. № 8. - С. 106-113.
27. 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).
28. Черноиванов В.И. Голубев И.Г. Восстановление деталей машин. – М.: ФНГУ «Росинформагротех», 2010. 376 с.
29. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
30. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
31. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
32. Evans G. Microstructure and Properties of Ferritic Steel Welds Containing Ti and B. // Welding Journal. 72 (8). 1996. P. 251-260.
33. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.

34. Shiliang W., Weiping H., Bogang T. Improving the Toughness of Weld Metal by Adding Rare Earth Elements. // Welding International 3. 1986. P. 284-287.
35. Salter, G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding // Metal Constr. and Brit. Weld. J. 1971. № 6. P. 230–233.