

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 сварки рамы
почвообрабатывающего агрегата

Студент

А.С. Стрелков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.т.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

Простой сельскохозяйственной техники из-за её выхода из строя приводит к дополнительным финансовым потерям из-за срыва графика сельскохозяйственных работ.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности ремонтной сварки несущих металлических конструкций сельскохозяйственной техники.

В ходе выполнения исполнительского блока решены следующие задачи:

- выполнить анализ альтернативных способов сварки и обосновать выбор способа сварки применительно к рассматриваемому изделию;
- предложить мероприятия по повышению эффективности ремонтной сварки с применением выбранного способа;
- составить проектную технологию ремонтной сварки.

Анализ преимуществ и недостатков альтернативных способов ремонтной сварки позволил обосновать замену ручной дуговой сварки штучными электродами (применяется в базовом варианте технологии) на механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 5,09 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,3 года.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение | 5 |
| 1 Анализ состояния ремонтных технологий при восстановлении несущих конструкций сельскохозяйственной техники | 7 |
| 1.1 Описание конструкции почвообрабатывающего агрегата. | 7 |
| 1.2 Сведения о материале изделия. | 9 |
| 1.3 Сведения о базовой технологии ремонтной сварки рамы почвообрабатывающего агрегата. | 11 |
| 1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы | 15 |
| 2 Проектная технология ремонтной сварки рамы почвообрабатывающего агрегата. | 17 |
| 2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки. | 17 |
| 2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах | 20 |
| 2.3 Проектная технология ремонтной сварки рамы почвообрабатывающего агрегата. | 23 |
| 2.4 Устройство для импульсной ремонтной сварки. | 27 |
| 3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса | 31 |
| 3.1 Технологическая характеристика объекта | 31 |
| 3.2 Идентификация профессиональных рисков | 33 |
| 3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков | 35 |
| 3.4 Обеспечение пожарной безопасности | 36 |
| 3.5 Обеспечение экологической безопасности | 38 |
| 4 Оценка экономической эффективности проектной технологии. | 40 |
| 4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений | 40 |
| 4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования | 42 |

| | |
|---|----|
| 4.3 Расчет штучного времени | 43 |
| 4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии | 45 |
| 4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии. | 50 |
| 4.6 Показатели экономической эффективности. | 52 |
| Заключение | 55 |
| Список используемой литературы и используемых источников | 56 |

Введение

Сельскохозяйственная техника работает в условиях интенсивного износа, являющегося результатом динамических ударных и коррозионных нагрузок на её металлические конструкции. Главной причиной разрушения несущих элементов сельскохозяйственного оборудования является усталость конструкционных материалов, которая вызывает разрушение в наиболее нагруженных частях, выводя из строя весь агрегат.

Чаще всего источниками зарождения трещин служат сварные швы и места изменения формы конструкции (изгибы, сочленения и т.д.), которые являются конструктивными концентраторами напряжений. В настоящее время, несмотря на достижение современной промышленности в области обеспечения усталостной прочности металлических конструкций, количество аварий по причине выхода из строя несущей конструкции значительно, устранение последствий таких аварий не только связано со значительными финансовыми затратами, но и может быть связано с отрицательным социальным эффектом, так как в результате аварии могут пострадать люди. Кроме того, простой сельскохозяйственной техники из-за её выхода из строя приводит к дополнительным финансовым потерям из-за срыва графика сельскохозяйственных работ.

Именно поэтому поддержание работоспособности несущих элементов сельскохозяйственной техники является насущной задачей, от успешного решения которой зависит благополучие и продуктивная безопасность Российской Федерации.

Значительное распространение при ремонте несущих металлических конструкций получила ручная дуговая сварка, применение которой не требует специальной подготовки производства. Ручная дуговая сварка может успешно выполняться в большинстве случаев при любом уровне культуры производства и не требует применения специального оборудования и навыков. Однако в настоящее время в мировой практике намечается переход

от ручной дуговой сварки к другим, более перспективным способам сварки. Это объясняется тем, что у ручной дуговой сварки выработан ресурс по повышению производительности и качества. Связи с этим всё большую роль начинают играть механизированные способы сварки: в защитных газах проволокой сплошного сечения, в защитных газах порошковой проволокой и сварка самозащитной порошковой проволокой.

В передовых зарубежных странах (Японии, США, Канаде, КНР) широкое распространение получила механизированная сварка в защитных газах [5], [10], [23], которая позволяет существенно повысить производительность по сравнению с ручной дуговой сваркой. Дальнейшее повышение эффективности процессов сварки связано с внедрением импульсно-дуговой сварки, предусматривающей управление горением сварочной дуги и переносом электродного металла. Мировыми производителями импульсное управление сварочной дугой с успехом применяется в новых комбинированных процессах, двухдуговых технологиях, гибридных процессах [3], [6], [7], [8], [18].

Существующие технологии ремонтной сварки зачастую основаны на применении устаревших технологий, не учитывают специфики работы металлической конструкции и современных достижений в области управления сварочными процессами. При выполнении ремонтной сварки возникают значительные остаточные напряжения, которые могут оказать существенное отрицательное влияние на качество выполнения ремонта и работоспособность конструкции [2], [11].

Повышение эффективности ремонтных работ требует замены ручной дуговой сварки на более производительный способ сварки.

На основании вышеизложенного следует признать актуальность темы выпускной квалификационной работы и поставленной в ней цели – повышение эффективности ремонтной сварки несущих металлических конструкций сельскохозяйственной техники.

1 Анализ состояния ремонтных технологий при восстановлении несущих конструкций сельскохозяйственной техники

1.1 Описание конструкции почвообрабатывающего агрегата

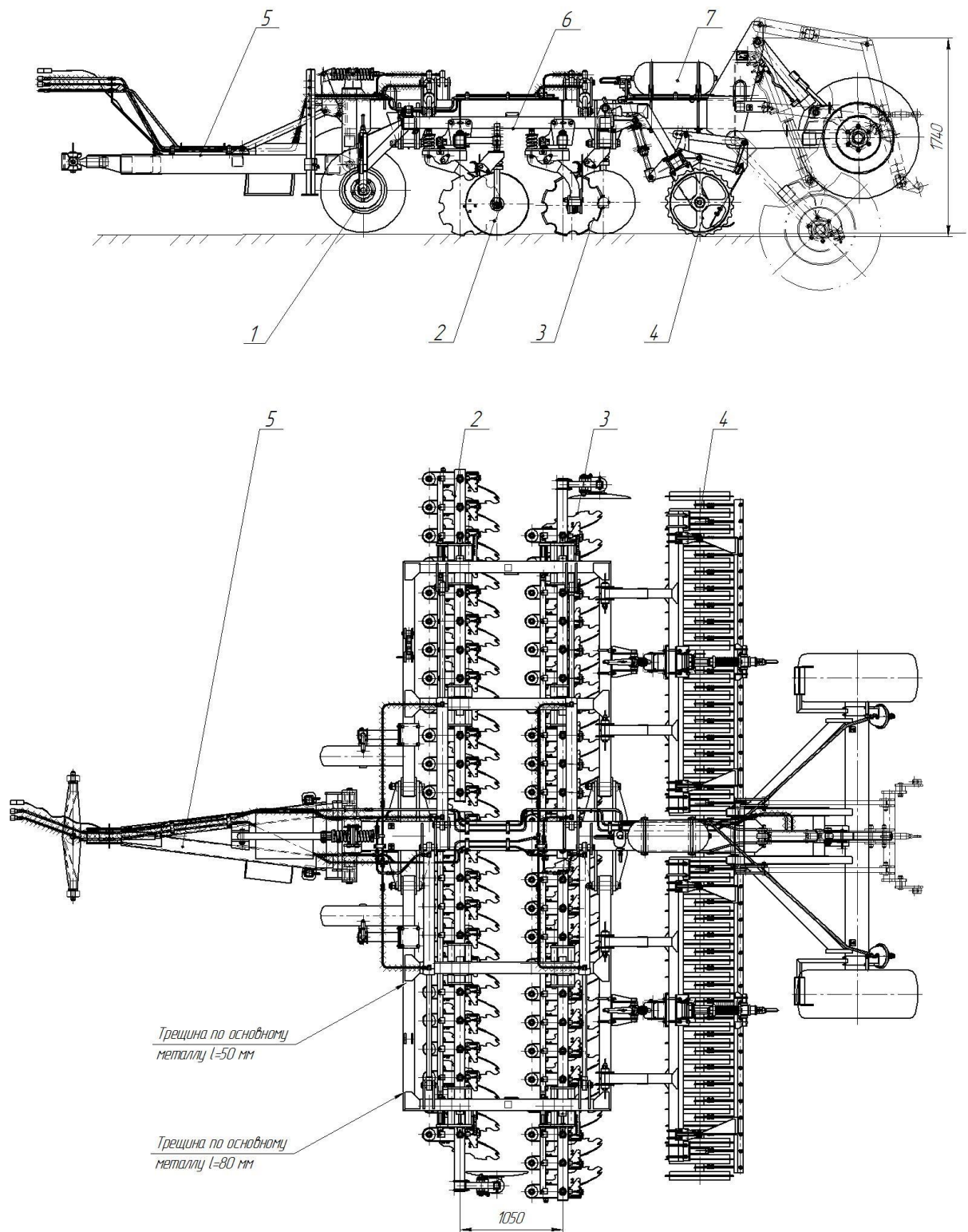
В выпускной квалификационной работе рассматривается вопрос повышения эффективности ремонтной сварки несущих конструкций сельскохозяйственной техники на примере почвообрабатывающего агрегата БДМ 7×2, представленного на рисунке 1. Этот агрегат выполняет предпосевную и послеуборочную обработку почвы, измельчение и заделку пожнивных остатков на глубину до 18 см. Особенность конструкции агрегата и его оснащение испанскими дисками Беллота позволяют выполнять обработку по практически любому агрофону как пониженной, так и повышенной влажности.

Технические характеристики почвообрабатывающего агрегата приведены в таблице 1.

В процессе работы на раме почвообрабатывающего агрегата возникают трещины. В основном эти трещины возникают в местах наибольшего нагружения и на концентраторах напряжений (сварные швы, сочленения, переходные сечения и т.д.).

Таблица 1 – Техническая характеристика почвообрабатывающего агрегата БДМ 7х2

| Наименование показателя | Показатель |
|--|------------|
| Глубина обработки, см | до 18 |
| Количество режущих узлов, шт. | 51 |
| Масса снаряжённого агрегата, кг. | 4140 |
| Ширина захвата, м | 7,2 |
| Рабочая скорость, км/ч | 12-18 |
| Производительность за 1 час рабочего времени, га | 8...10 |
| Мощность двигателя л.с. | 200...270 |



1 – колесо; 2 – первая секция дисков; 3 – вторая секция дисков; 4 – каток;
 5 – спица; 6 – рама; 7 – гидробак

Рисунок 1 – Почвообрабатывающий агрегат в сборе

Необходимость устранения этих трещин приводит к вынужденным простоям техники, которые недопустимы в период интенсивной эксплуатации при выполнении календарных работ.

1.2 Сведения о материале изделия

Элементы несущей рамы почвообрабатывающего агрегата изготавливают из стали 09Г2С – конструкционной низколегированной стали, химический состав которой приведён в таблице 2, а механические свойства – в таблице 3. Свойства стали 09Г2С обусловили её широкое применение при изготовлении металлических конструкций. Сварные конструкции из стали 09Г2С могут продолжительное время работать под давлением при температуре окружающего воздуха от -70 до + 425 °С. Заменителями стали 09Г2С могут считаться такие стали, как 09Г2, 09Г2Т, 09Г2ДТ и 10Г2С.

Таблица 2 – Химический состав стали 09Г2С в соответствии с ГОСТ 2591-2006

| | | | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|--------|---------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| С | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | N | Cu | As | Fe |
| до 0,12 | 0,5-0,8 | 1,3-1,7 | До 0,3 | до 0,04 | до 0,035 | до 0,3 | до 0,008 | до 0,3 | до 0,008 | ~96-97 |

Таблица 3 – Механические свойства стали 09Г2С в соответствии с ГОСТ 19282-73

| | | |
|------------------|------------------|--------------|
| σ_B , МПа | σ_T , МПа | δ , % |
| 460 | 300 | 31 |

Сталь 09Г2С сваривается без ограничений всеми способами сварки. Реакция стали 09Г2С на термический цикл при сварке, отличающаяся от реакции обычной низкоуглеродистой стали [28]. «Выбор параметров режима сварки должен выполняться с учётом построенной для стали 09Г2С термокинетической диаграммы, приведённой на рисунке 3 [26]. Эта диаграмма показывает начало и окончание аустенитного превращения при

различных скоростях охлаждения металла. Как видно из диаграммы, увеличение скорости охлаждения приводит к измельчению структуры в зоне термического влияния и повышению её твёрдости. Образование закалочных структур при сварке стали 09Г2С происходит в случае превышения скорости охлаждения критической скорости» [13].

Действенным средством против образования закалочных структур при сварке стали 09Г2С является предварительный подогрев, который способствует перлитному превращению. Путём изменения скорости охлаждения становится возможным получение желаемой твёрдости металла в зоне термического влияния. Однако следует учитывать, что при выполнении ремонтной сварки введение предварительного подогрева может быть технически трудно осуществимо [27].

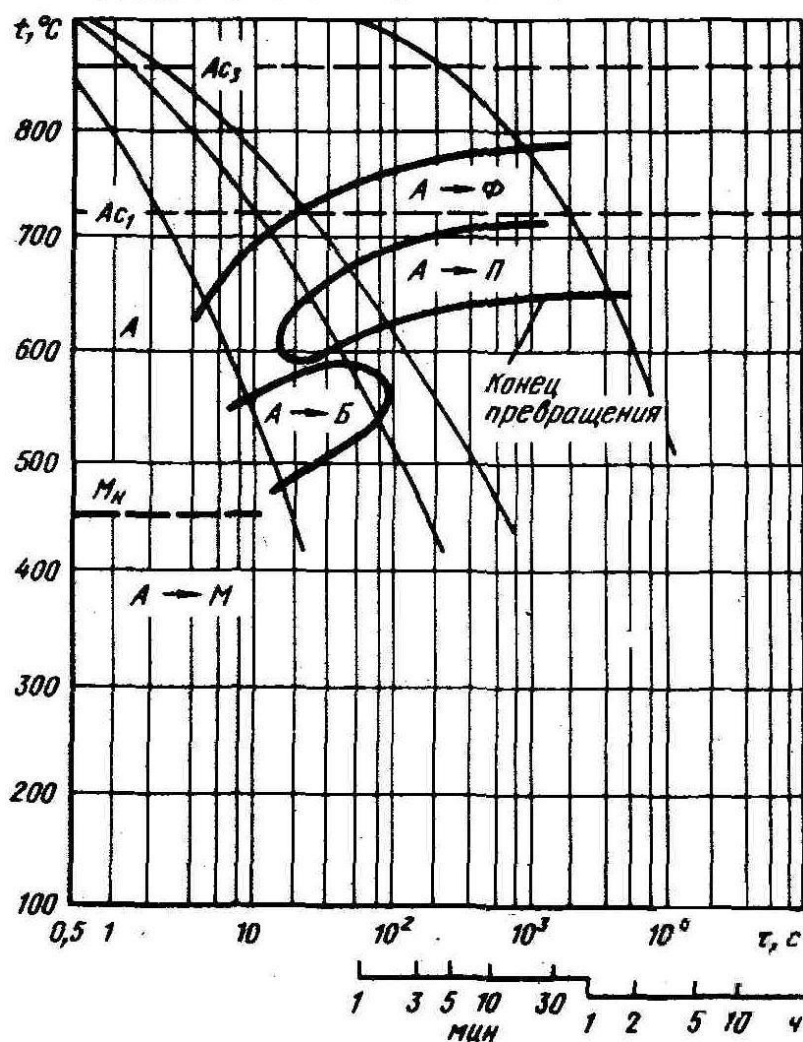


Рисунок 3 – Термокинетическая диаграмма для стали 09Г2С

По сравнению с низкоуглеродистыми сталями, сварные конструкции из стали 09Г2С имеют меньшую стойкость против кристаллизационных трещин. Это объясняется действием углерода, марганца и кремния. Повышение стойкости против кристаллизационных трещин достигается уменьшением в металле шва серы и углерода. Для этого необходимо применять сварочную проволоку со сниженным содержанием серы и углерода. Определяющее значение в повышении прочности сварных соединений из стали 09Г2С имеет рациональная последовательность выполнения сварных швов, обеспечение правильности его геометрии [13], [24].

Легирование металла сварного шва химическими элементами из основного металла позволяет получить равнопрочность шва и основного металла. Также, склонность к хрупкому разрушению и прочность металла шва может быть повышена легированием элементами из сварочной проволоки [14].

Такие химические элементы, как кремний и марганец, увеличивают содержание закалочных структур. Исходя из этого, при сварке конструкций из стали 09Г2С необходимо назначать режимы с меньшей, по сравнению с низкоуглеродистой сталью, погонной энергией.

1.3 Сведения о базовой технологии ремонтной сварки рамы почвообрабатывающего агрегата

При выполнении ремонтной сварки рамы почвообрабатывающего агрегата применяется технология ручной дуговой сварки, которая включает в себя следующие операции:

- зачистка дефектного места,
- разделка трещины,
- заполнение разделки ручной дуговой сваркой,
- контроль качества заварки трещины.

При выполнении операции зачистки применяются машинка шлифовальная угловая и электрическая дрель. При помощи шлифовальной угловой машины выполняют очистку поверхности рамы в месте дефекта, удаляя грязь и краску. Зачистка выполняется до металлического блеска на участке по 20...25 мм в обе стороны от трещины. После этого с применением электрической дрели засверливают концы трещины сверлом с диаметром 8...10 мм. При этом кернение и засверливание необходимо выполнять таким образом, чтобы центр отверстия находился на расстоянии 4...5 мм от видимого конца трещины.

При выполнении разделки трещины применяют машину шлифовальную угловую, строгач и источник питания. Кромки трещины разделяют под сварной шов С17 по ГОСТ 5264-80. При воздушно-дуговой строжке применяется постоянный ток обратной полярности, сила тока 400...450 А, скорость строжки 300...400 мм/мин. После строжки необходимо при помощи шлифовальной машинки зачистить торцы на глубину не менее 1 мм.

При зачистке сварного шва его следует выровнять заподлицо с основным металлом. Скос кромок при разделке трещины следует выполнять таким образом, чтобы разделка была на всю глубину залегания трещины или насквозь.

При заварке трещины применяют ручную дуговую сварку. В качестве сварочного электрода применяют электроды УОНИ-13/55 или ОЗС-3, состав которых представлен в таблице 4, механические свойства наплавленного металла – в таблице 5.

Таблица 4 – Химический состав наплавленного металла электродами УОНИ-13/55 и ОЗС-3

| Марка электрода | С | Mn | Si | Ni | Mo | S+P |
|-----------------|------|------|------|----|----|---------|
| УОНИ 13/55 | 0,09 | 1,05 | 0,42 | - | - | < 0,040 |
| ОЗС-3 | 0,10 | 0,6 | 0,20 | - | - | < 0,040 |

Таблица 5 – Механические свойства наплавленного металла электродами УОНИ-13/55 и ОЗС-3

| Марка электрода | Предел текучести | Предел прочности | Относительное удлинение | Ударная вязкость KCV |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------|
| | σ_T , Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | Дж/см ² |
| УОНИ 13/55 | 420 | 530 | 20 | 130, +20°C |
| ОЗС-3 | 390 | 490 | 27 | 140, +20°C |

Таблица 6 – Параметры прокалики электродов УОНИ-13/55 и ОЗС-3

| Марка электрода | Температура прокалики | Время прокалики |
|-----------------|-----------------------|-----------------|
| УОНИ 13/55 | 380...420 °С | 90...120 мин |
| ОЗС-3 | 150...170 °С | 60...90 мин |

Таблица 7 – Параметры сварки электродами УОНИ 13/55 и ОЗС-3 Ø 4 мм

| Марка электрода | Положение сварного шва | | |
|-----------------|------------------------|--------------|-------------|
| | нижнее | вертикальное | потолочное |
| УОНИ 13/55 | 130...160 А | 120...150 А | 120...150 А |
| ОЗС-3 | 200...240 А | 180...200 А | 180...200 А |

Прокалику электродов выполняют в соответствии с указанными на упаковках режимами. После прокалики электродов их следует незамедлительно поместить в резервную печь, разогретую до 80...100 °С. Используемые при сварке электроды вынимаются из печи непосредственно перед сваркой. Если в течение смены не были использованы все электроды, то остаток электродов следует ещё раз прокалить. При этом общее количество прокалок электрода до его использования не должно превышать трёх, в противном случае электроды считаются непригодными для сварки.

Для сварки применяется выпрямитель сварочный ВД-252, представленный на рисунке 4.

Заполнение разделки шва во избежание перегрева основного металла проводят валиками за несколько проходов. При заполнении разделки следует выполнить плавный переход от основного к наплавленному металлу. Трещина должна быть полностью заварена, прерывание процесса ремонтной сварки недопустимо. Отверстие в конце трещины не заглавливать. После заварки трещины следует зачистить шов заподлицо с основным металлом.



Рисунок 1.4 – Выпрямитель сварочный ВД-252

Операцию контроля качества проводят: визуально-измерительный контроль (согласно РД 03-606-03), ультразвуковой контроль (согласно ГОСТ 14782).

В ходе визуально-измерительного контроля выполняют проверку сварных швов на соответствие формы и размеров, отсутствие недопустимых дефектов на поверхности. Объём визуально-измерительного контроля – 100 %. В ходе ультразвукового контроля проверяется отсутствие недопустимых дефектов в сварном шве и околошовной зоне. Объём ультразвукового контроля – 30 %.

Не допускаются следующие выявленные при визуально-измерительном контроле дефекты: трещины всех видов и направлений, непровары в корне шва и неполное проплавление, прожоги, несплавления, поверхностные поры размером более 2,0 мм, подрезы глубиной более 2,0 мм, уменьшение катета углового шва, вогнутость корня шва более 1,5 мм, наплывы.

Не допускаются следующие выявленные при ультразвуковом контроле дефекты: непровары и несплавления между слоями шва, внутренние поры более 1,0 мм, скопления и цепочки шлаковых включений.

Для проведения визуально-измерительного контроля применяется набор, представленный на рисунке 5-а. В состав этого набора входит универсальный шаблон сварщика УШС-3, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 с

глубиномером, линейка металлическая Л-300 (300 мм), лупы просмотровые 4х и 7х, лупа просмотровая с подсветкой 3,5 х, лупа измерительная ЛИЗ-10х, рулетка, инструкция РД 03-606-03, угольник металлический, наборы щупов и радиусных шаблонов, фонарик, маркер по металлу, футляр для хранения.



Рисунок 5 – Оборудование для проведения визуально-измерительного контроля (а) и ультразвукового контроля (б) сварных швов

Для проведения ультразвукового контроля применяется ультразвуковой дефектоскоп UCD-50, представленный на рисунок 5-б, набор стандартных образцов, гель для УЗК.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Анализ базовой технологии сварки с применением ручной дуговой сварки штучными электродами позволил сформулировать его недостатки. 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 недостатком 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.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи, последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- выполнить анализ альтернативных способов сварки и обосновать выбор способа сварки применительно к рассматриваемому изделию;
- предложить мероприятия по повышению эффективности ремонтной сварки с применением выбранного способа;
- составить проектную технологию ремонтной сварки.

Выполнение разделов оценочного блока предусматривает решение следующих задач:

- оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал;
- оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

2 Проектная технология ремонтной сварки рамы почвообрабатывающего агрегата

2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки

На основании предварительного анализа для ремонтной сварки рамы почвообрабатывающего агрегата из стали 08Г2С наиболее эффективными могут быть признаны три способа, получившие наибольшее распространение в промышленности:

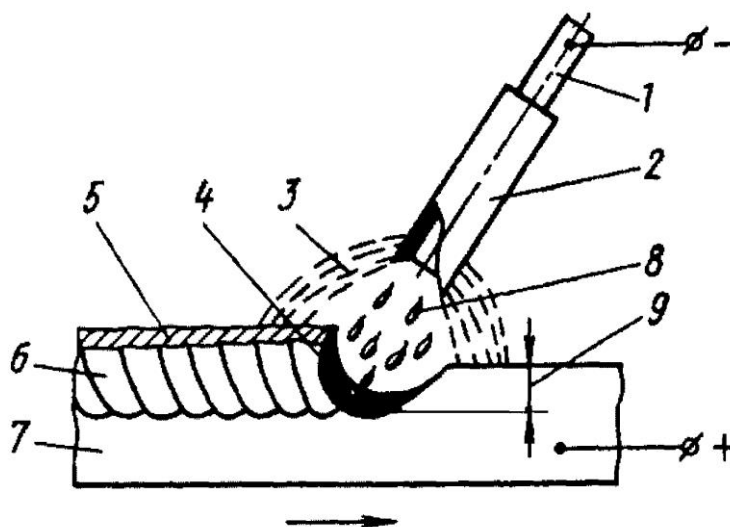
- ручная дуговая сварка штучными электродами,
- механизированная сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения,
- механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой.

Ручная электродуговая сварка штучными электродами применяется при выполнении коротких швов длиной до 1000 мм в конструкциях со стыковыми, тавровыми и нахлесточными соединениями. Толщина свариваемого металла может быть 10...50 мм, при этом возможна сварка как без разделки кромок (для малых толщин), так и с разделкой кромок (для больших толщин). Этот способ сварки получил широкое применение при исправлении дефектов сварки и ремонте сварных конструкций [21], [22].

Ручная дуговая сварка, схема выполнения которой представлена на рисунке 6, получила широкое распространение благодаря своим преимуществам: простоте и дешевизне технологического оборудования, составление технологии сварки не требует глубоких профессиональных знаний и метрологического обеспечения. Этот универсальный способ применяется при монтажных работах и выпуске товарной продукции. Пост для ручной дуговой сварки может быть организован с минимальными капитальными затратами. К выполнению ремонтной сварки можно приступать практически сразу.

Недостатки применения ручной дуговой сварки штучными электродами:

- малая производительность выполнения сварочных работ;
- работа сварщика в тяжёлых условиях;
- низкая стабильность качества сварки;
- повышенный расход электродного материала на угар, разбрызгивание и огарки.



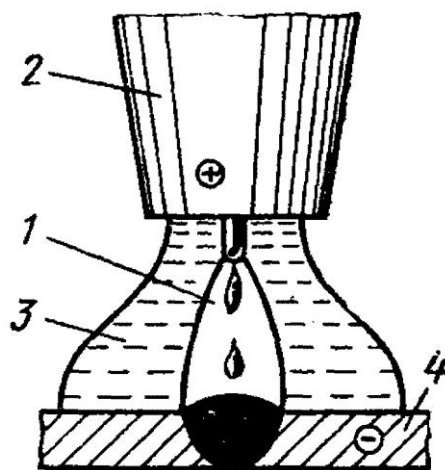
- 1 - металлический стержень; 2 - покрытие электрода; 3 - газовая атмосфера дуги;
4 - сварочная ванна; 5 - затвердевший шлак; 6 - закристаллизовавшийся металл шва;
7 - основной металл (изделие); 8 - капли расплавленного электродного металла; 9 -
глубина проплавления

Рисунок 6 – Схема ручной дуговой сварки штучными электродами

Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов, схема выполнения которой представлена на рисунке 7, получила широкое распространение при ремонте сварных конструкций. Этот высокопроизводительный способ продолжает совершенствоваться. В числе преимуществ способа следует отметить, во-первых, возможность визуального наблюдения за сваркой, которая отсутствует при сварке под флюсом и ограничена при ручной дуговой сварке. Во-вторых, при сварке в смеси защитных газов практически не образуется шлаковая корка, что существенно повышает производительность из-за отсутствия необходимости промежуточной зачистки слоёв сварного шва. В третьих, следует отметить

возможность сварки в различных пространственных положениях, обусловленную низкой текучестью сварного шва по сравнению со сваркой порошковой проволокой и сваркой под флюсом [12], [16], [17].

Несмотря на явные преимущества, сварка в среде защитных газов имеет ряд недостатков. Первым недостатком является интенсивное разбрызгивание при переходе на формированные режимы сварки. Это не только увеличивает расход сварочных материалов, но снижает производительность и ухудшает качество сварки. Вторым недостатком является опасность возникновения трещин из-за пониженной текучести расплавленного металла. Также следует отметить, что необходимость применения механизма подачи проволоки и газовых баллонов существенно снижает мобильность способа.



1 - дуга; 2 - сопло; 3 - защитный газ; 4 - основной металл

Рисунок 7 – Схема механизированной сварки в защитных газах

Сварка самозащитными порошковыми проволоками, схема которой представлена на рисунке 8, сочетает в себе преимущества ручной дуговой сварки и сварки в защитных газах. Применение самозащитной порошковой проволоки позволяет отказаться от использования газовой аппаратуры (редукторы, смесители газов, баллоны, осушители, шланги), которые в значительной мере снижают мобильность сварщика [19], [25].

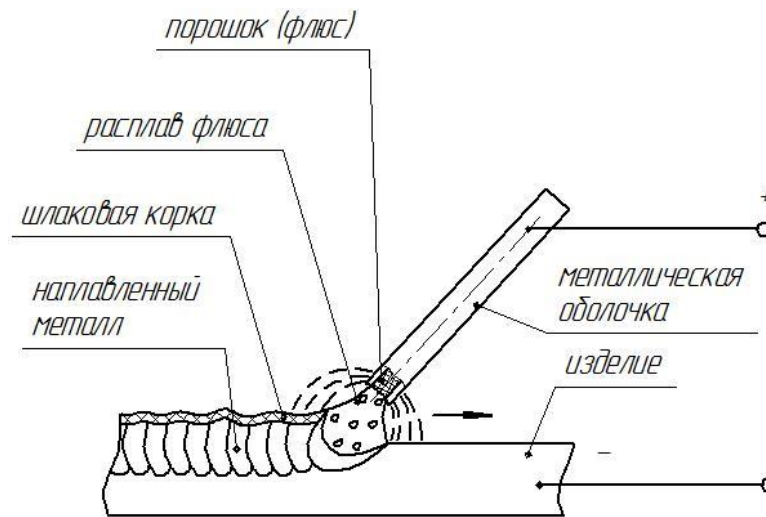


Рисунок 8 – Схема осуществления сварки самозащитной порошковой проволокой

Недостатками сварки самозащитной порошковой проволокой являются:

- необходимость удаления шлаковой корки с поверхности шва;
- высокая стоимость порошковой проволоки;
- сильное порообразование и возможность получения дефектов в виде пор и шлаковых включений;
- необходимость борьбы с заломами сварочной проволоки из-за её излишней мягкости;
- неравномерное плавление оболочки и сердцевины сварочной проволоки.

2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах

Вопросу повышения эффективности сварки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов посвящено множество исследований, начало которым положено работами Патона Б.Е., Дудко Д.А., Зарубы И.И., Потапьевского А.Г., Дюргерова Н.Г., Сараева Ю.Н., Князькова А.Ф [9].

Как показала практика использования импульсного управления сварочной дугой [20], структура сварных соединений выигрышно отличается от структуры, полученной при сварке стационарной дугой. Структура сварного соединения после сварки в стационарном режиме представлена на рисунке 9. Структура сварного соединения после импульсного режима сварки представлена на рисунке 10.

Горение дуги с импульсным управлением позволяет:

- успешно подавлять разбрызгивание электродного металла;
- существенно повысить проплавляющую способность дуги;
- гарантированно формировать обратный валик необходимых размеров;
- уменьшить зону термического влияния;
- существенно снизить вероятность получения подрезов, пор, несплавлений и непроваров.

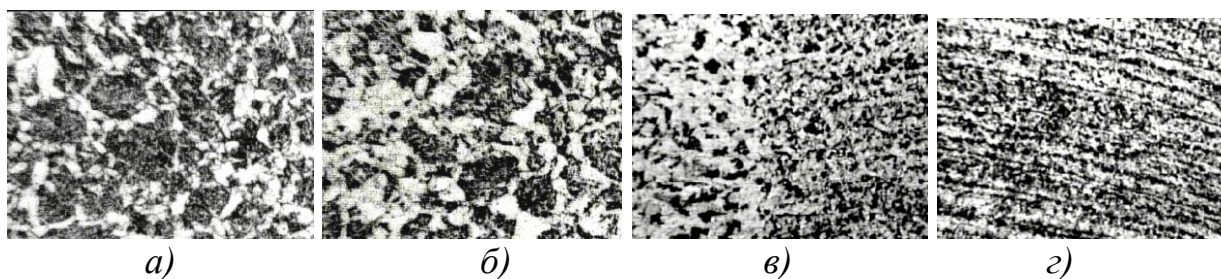


Рисунок 9 – Структура сварного соединения после стационарного режима сварки

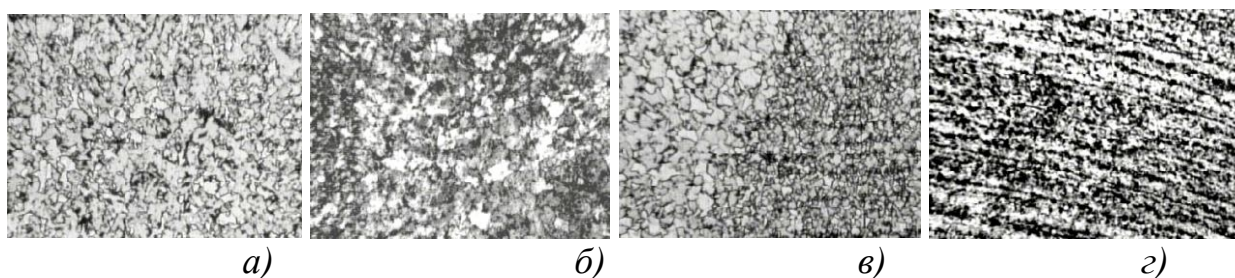


Рисунок 10 – Структура сварного соединения после импульсного режима сварки

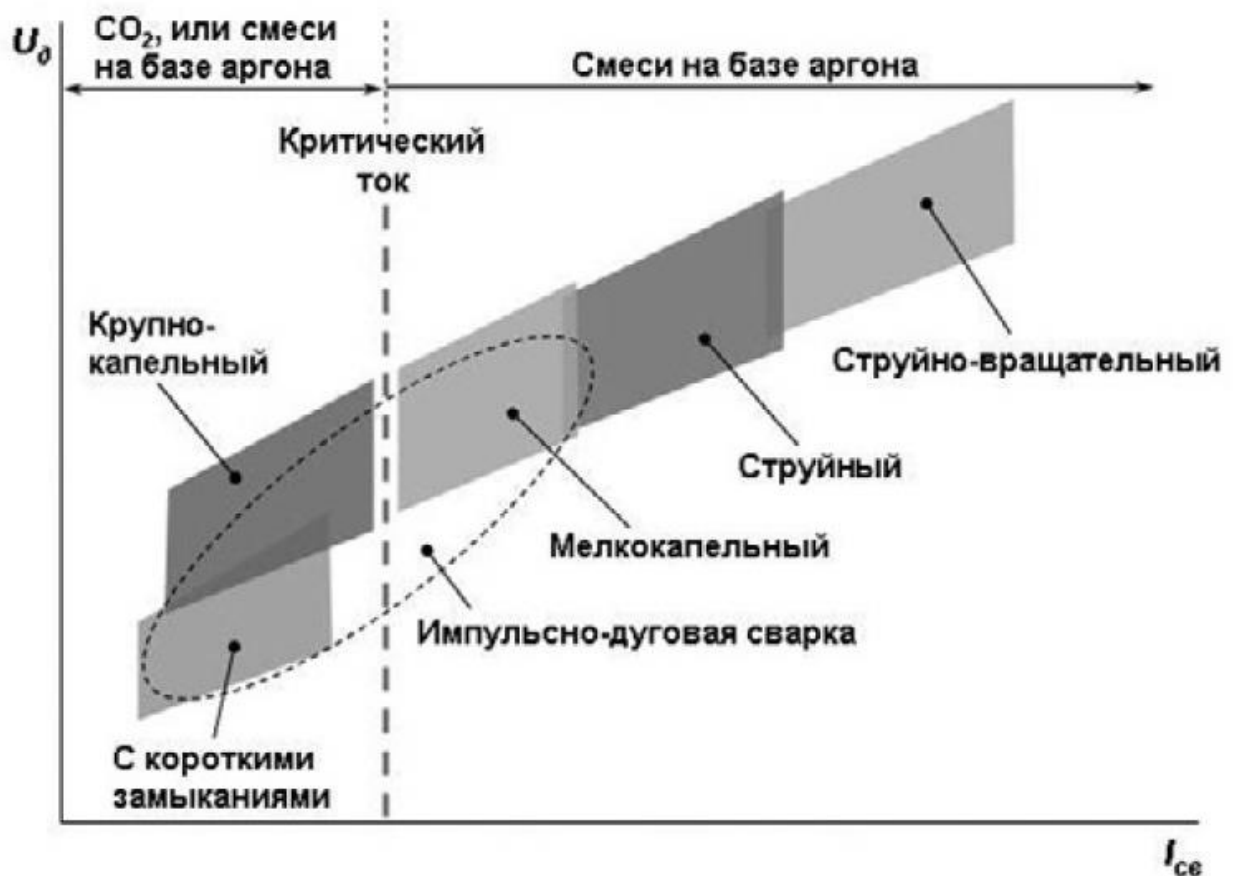


Рисунок 11 – Влияние параметров режима сварки на тип переноса металла

Особенностями импульсной дуги являются:

- следование импульсов тока с заданной частотой, которая зависит от скорости подачи проволоки и обычно составляет 30...330 Гц;
- последовательный переход в сварочную ванну одной капли электродного металла за импульс;
- импульс тока характеризуется минимальным и максимальным значениями, причём, максимальные значения тока соответствуют току при длинной дуге;
- минимальные значения тока (т.н. «нижний ток») обеспечивает поддержание горения дуги, которая выполняет функцию очистки поверхности свариваемых деталей.

2.3 Проектная технология ремонтной сварки рамы почвообрабатывающего агрегата

Проектный технологический процесс ремонтной сварки рамы почвообрабатывающего агрегата предусматривает выполнение следующих операций:

- зачистка дефектного места,
- разделка трещины,
- заполнение разделки механизированной сваркой в защитном газе,
- контроль качества заварки трещины.

Первая операция (зачистка дефектного места). При выполнении операции зачистки применяются машинка шлифовальная угловая и электрическая дрель. При помощи шлифовальной угловой машины выполняют очистку поверхности рамы в месте дефекта, удаляя грязь и краску. Зачистка выполняется до металлического блеска на участке по 20...25 мм в обе стороны от трещины. После этого с применением электрической дрели засверливают концы трещины сверлом с диаметром 8...10 мм. При этом кернение и засверливание необходимо выполнять таким образом, чтобы центр отверстия находился на расстоянии 4...5 мм от видимого конца трещины.

Для определения границ трещины можно использовать нагрев газовой горелкой до температур 100...150 °С.

Далее следует визуально выявить наличие трещины, её длину и расположение в конструкции, отметить концы трещины.

При оценке ремонтпригодности трещин следует измерить длину трещины и её положение:

- если длина трещины составляет более 100 мм, и трещина расположена параллельно сварному шву, то расстояние между трещиной и сварным швом должно быть менее 100 мм;

- если длина трещины составляет менее 100 мм, и трещина расположена параллельно сварному шву, то расстояние между трещиной и сварным швом должно быть не менее 20 мм (но не менее толщины основного металла);

- не допускается пересечение трещиной сварного шва.

Вторая операция (разделка трещины). При выполнении разделки трещины применяют машину шлифовальную угловую, аппарат плазменной строжки, представленный на рисунке 12. Кромки трещины разделяют под сварной шов С17 по ГОСТ 14771, как показано на рисунке 13.



Рисунок 12 - Аппарат Powermax 125 HAND

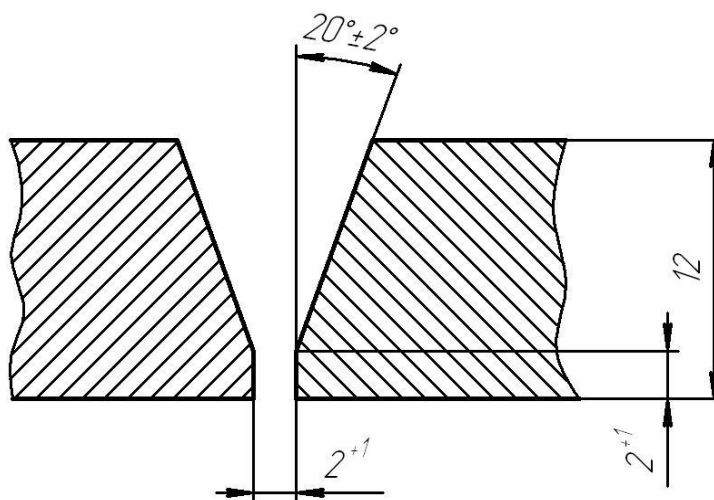


Рисунок 13 – Разделка дефектного места на конструкции согласно ГОСТ 14771-78 (С17)

При зачистке сварного шва его следует выровнять заподлицо с основным металлом. Скос кромок при разделке трещины следует выполнять таким образом, чтобы разделка была на всю глубину залегания трещины или насквозь.

В случае разделки несквозной трещины следует выполнить вдавление металла на 1...2 мм больше глубины трещины и на 15...20 мм больше длины трещины. Если выполняется разделка сквозной трещины, необходимо при помощи сверления выполнить отверстия диаметром 8..12 мм на концах трещины, причём, отверстия должны располагаться на $\frac{1}{2}$ диаметра сверла дальше конца трещины.

Третья операция (заполнение разделки механизированной сваркой в защитном газе). При сварке принимаются следующие параметры режима: род тока – постоянный, полярность – прямая, диаметр проволоки – 1,4 мм, вылет сварочной проволоки – 13...20 мм, сила сварочного тока – 200...250 А.

При сварке в качестве защитного газа используется углекислый газ высшего и первого сорта (ГОСТ 8050). Расход газа при сварке принимаем 1,0...1,4 м³/ч.

Для защиты поверхности деталей от сварочных брызг применяются жидкие концентраты, не влияющие на качество сварки, например, лигносульфонат. Разбавление лигносульфоната проводят в горячей воде, температура которой должна быть 50...60 °С. Разбавление проводят с получением раствора по массе 1:4 или по объёму 1:5. Нанесение защитного раствора проводят с применением кисти, на ширину 100...150 мм от оси разделки. После нанесения защитного состава на поверхность конструкции необходимо дать ему высохнуть в течение 1...2 часов. После высыхания защитного раствора можно начинать процесс сварки.

В качестве источника питания дуговой сварки применим выпрямитель ВДУ-506, представленный на рисунке 14-а. В качестве податчика проволоки используем полуавтомат ПДГ-525, представленный на рисунке 14-б.

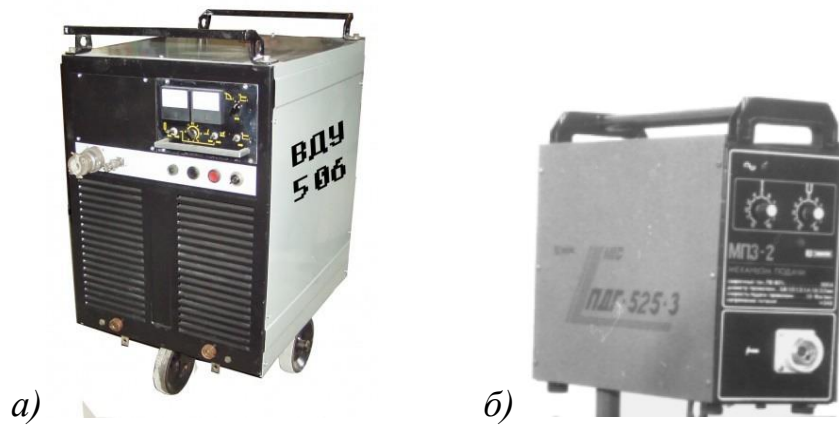


Рисунок 14 – Оборудование для заварки трещины: выпрямитель дуговой сварки ВДУ-506 (а) и сварочный полуавтомат ПДГ-525 (б)

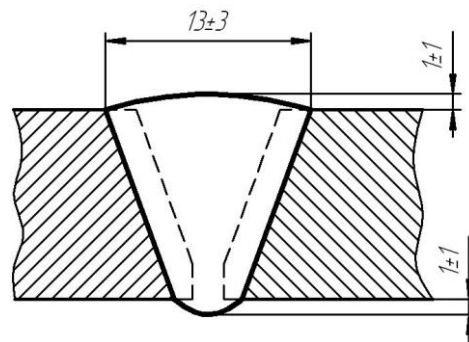


Рисунок 15 – Геометрия получившегося при заварке трещины ремонтного шва

Четвертая операция (контроль качества). Для проведения визуально-измерительного контроля применяется набор, представленный на рисунке 5-а: универсальный шаблон сварщика УШС-3; штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 с глубиномером; линейка металлическая Л-300 (300 мм); лупы просмотровые 4х и 7х; лупа просмотровая с подсветкой 3,5 х; лупа измерительная ЛИЗ-10х; рулетка, инструкция РД 03-606-03; угольник металлический; наборы щупов и радиусных шаблонов; фонарик; маркер по металлу; футляр для хранения.

Для проведения ультразвукового контроля применяется ультразвуковой дефектоскоп UCD-50, представленный на рисунке 5-б, набор стандартных образцов, гель для УЗК.

Методы и объём контроля:

- визуальный «контроль и измерения (100 %);
- испытания керосином (100 %);
- ультразвуковой контроль (100 %)

В сварных соединениях не допускаются трещины всех видов и направлений, расположенные в швах и околошовной зоне, в том числе и микротрещины.

В сварных швах соединений не допускаются:

- непровары в корне шва в соединениях, доступных сварке только с одной стороны, без подкладок, глубиной более 15 % толщины основного металла, если эта толщина не превышает 20 мм, и более 3 мм, если толщина основного металла превышает 20 мм;

- размеры отдельных шлаковых включений или пор, либо скоплений их по глубине шва более 10 % при толщине свариваемого металла до 20 мм и более 3 мм при толщине свариваемого металла свыше 20 мм;

- шлаковые включения, расположенные цепочкой или сплошной линией вдоль при суммарной их длине, превышающей 200 мм на 1 м шва;

- скопления газовых пор в отдельных участках шва в количестве более 5 на 1 см² площадки шва;

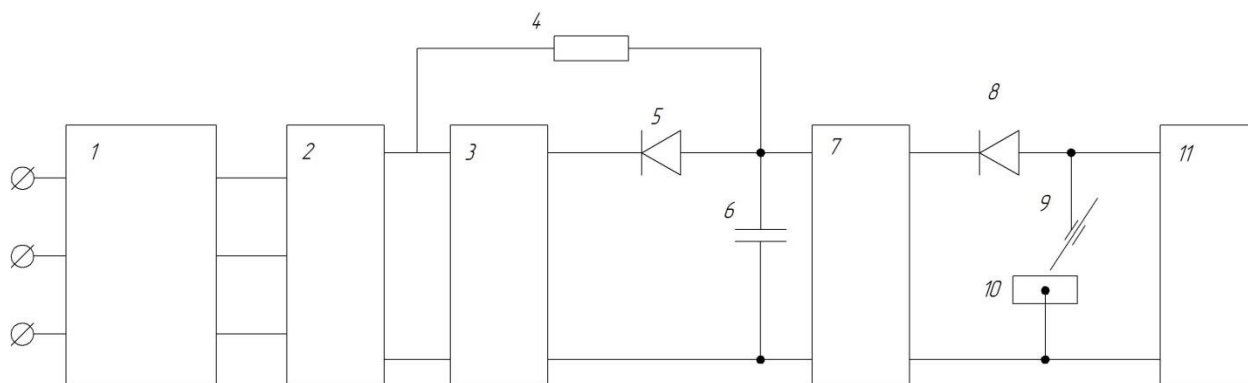
- суммарная величина непроваров, шлаковых включений и пор, расположенных отдельно или цепочкой, в рассматриваемом сечении при односторонней сварке без подкладок превышающая 15 %, или 3 мм;

- подрезы и наплывы» [21].

2.4 Устройство для импульсной ремонтной сварки

Для импульсного управления дугой при ремонтной сварке предлагается применить устройство согласно [1]. «На рисунке 16 представлена схема предлагаемого высокочастотного импульсного источника питания для дуговой сварки. Высокочастотный импульсный источник питания для дуговой сварки содержит трехфазный трансформатор 1, первичная обмотка

которого соединена с сетью, а ко вторичной обмотке подключен выпрямитель 2, на выход которого включен импульсный стабилизатор тока 3 и один конец резистора 4, выход импульсного стабилизатора тока через диод 5 соединен с конденсатором 6, который подсоединен к входу модулятора 7 и второму выводу резистора 4, выход модулятора через диод 8 соединен с выходами 9 и 10 высокочастотного импульсного источника питания, параллельно которому подключен блок дежурной дуги 11» [1].



1 - трансформатор, 2 - выпрямитель, 3 - импульсный стабилизатор тока, 4 - резистор, 5 - диод, 6 - конденсатор, 7 - модулятор, 8 - диод, 9 - горелка, 10 - изделие, 11 - блок дежурной дуги

Рисунок 16 – Устройство импульсной сварки

Работа предлагаемого устройства происходит следующим образом. «Первоначально на выходы 9 и 10 с блока дежурной дуги подается небольшой ток, достаточный для возбуждения и поддержания горения электрической дуги. Напряжение от сети трансформируется через вторичную обмотку трансформатора 1 на выпрямитель 2, выпрямленное напряжение подается на импульсный стабилизатор тока 3 и одновременно через резистор 4 заряжает конденсатор 6» [1].

«На выходе импульсного стабилизатора тока устанавливается напряжение меньше, чем на конденсаторе. Конденсатор остается заряженным до момента включения модулятора 7. При включении модулятора конденсатор 6 через диод 8 подключается к дуговому промежутку и начинает разряжаться, формируя высокопроводящий, высокотемпературный столб электрической дуги. Время разряда несколько

микросекунд. Затем, по мере сравнения напряжения на выходе импульсного стабилизатора тока и конденсатора, открывается диод 5 и дуговой промежуток начинает питаться от импульсного стабилизатора тока» [1].

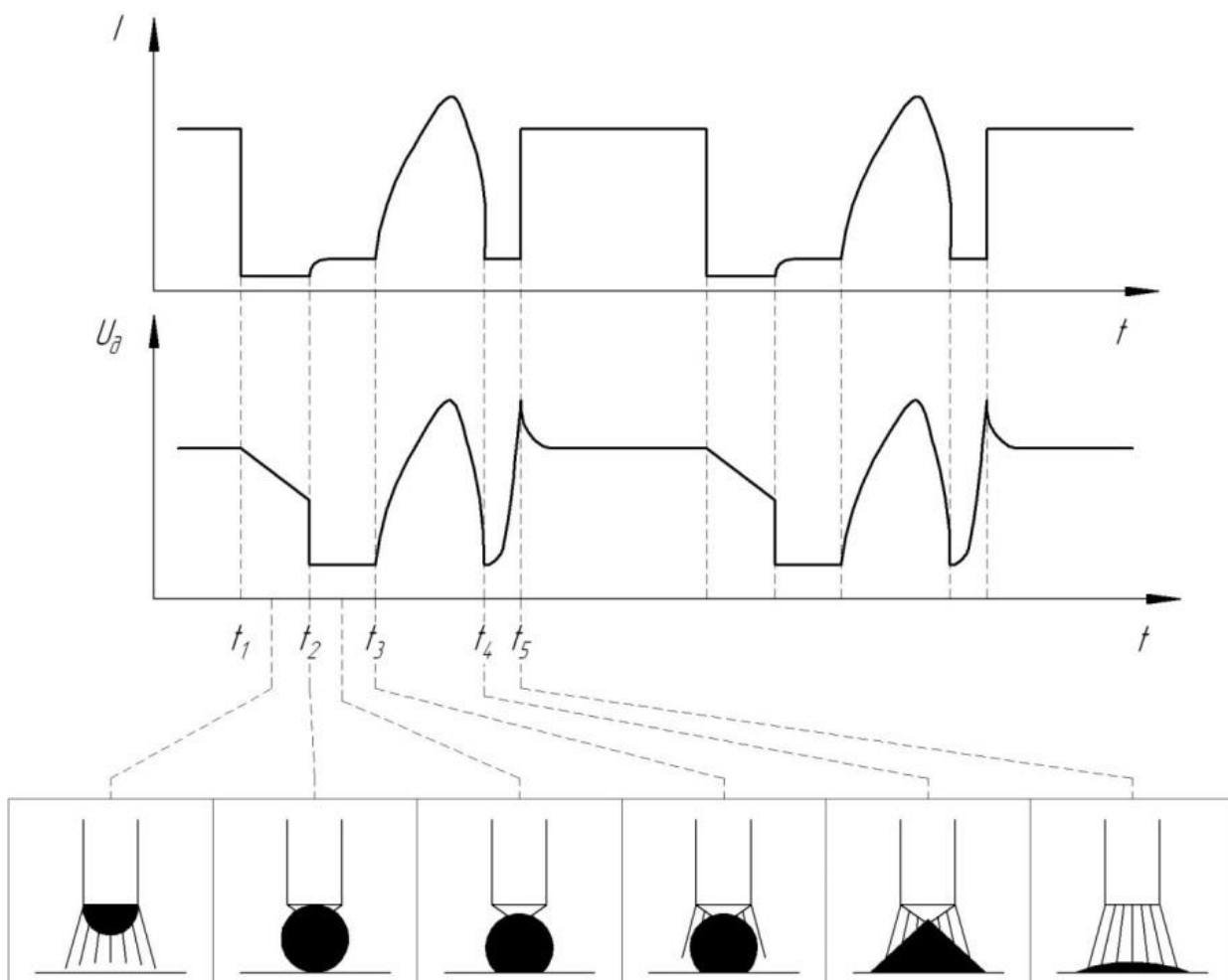


Рисунок 17 – Диаграммы тока и напряжения при сварке

Ток течет по подготовленному разрядом конденсатора каналу. На выходе формируется пространственно устойчивая электрическая дуга. Далее процессы повторяются. Время включения модулятора определяет частоту и скважность импульсов.

Выводы по второму разделу

В работе поставлена цель – повышение эффективности ремонтной сварки несущих металлических конструкций сельскохозяйственной техники.

При анализе возможных способов сварки, которые могут быть использованы при ремонте рамы почвообрабатывающего агрегата, были рассмотрены: ручная электродуговая сварка, механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой, механизированная сварка в защитных газах.

Анализ преимуществ и недостатков каждого способа сварки позволил обосновать замену ручной дуговой сварки штучными электродами (применяется в базовом варианте технологии) на механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Рассмотрены пути повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах. На основании анализа источников научно-технической информации принято решение использовать сварку с импульсным управлением дугой. В результате ожидается повышение производительности сварки в два раза, снижение разбрызгивания и повышение качества сварных соединений.

Составлены требования к операциям технологического процесса ремонтной сварки конструкции, назначены параметры режима обработки, оборудование и сварочные материалы для осуществления проектной технологии.

В дальнейшем следует выполнить оценку опасных и вредных производственных факторов при реализации технологии и её экономической эффективности.

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности ремонтной сварки несущих металлических конструкций сельскохозяйственной техники. Проектная технология предусматривает применение механизированной сварки в смеси защитных газов проволокой сплошного сечения. 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 стандартных средств и мероприятий. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций, представленные в таблице 8: первая операция – зачистка дефектного места, вторая – разделка трещины, третья – заполнение разделки механизированной сваркой в защитном газе, четвёртая – контроль качества заварки трещины.

При выполнении операции зачистки применяются машинка шлифовальная угловая и электрическая дрель.

При выполнении разделки трещины применяют машину шлифовальную угловую, аппарат плазменной строжки.

При сварке в качестве защитного газа используется углекислый газ высшего и первого сорта (ГОСТ 8050). В качестве источника питания

дуговой сварки применим выпрямитель ВДУ-506. В качестве податчика проволоки используем полуавтомат ПДГ-525.

Таблица 8 – 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 |
|--|---|--|---|
| 1) зачистка дефектного места | Слесарь-сборщик, дефектоскопист | - лупа х4, - машинка угловая шлифовальная МШУ-1-6-230, - щётка металлическая | абразивный круг |
| 2) разделка трещины | Слесарь-сборщик, дефектоскопист | - лупа х4, - машинка угловая шлифовальная МШУ-1-6-230, - дрель электрическая, - щётка металлическая | - СОЖ, - абразивный круг |
| 3) заполнение разделки механизированной сваркой в защитном газе | Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах | - выпрямитель ВДУ-506, - полуавтомат ПДГ-525, - формирователь импульсов | - сварочная проволока, - углекислый газ |
| 4) контроль качества заварки трещины | Дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю | Ультразвуковой дефектоскоп | масло |

Для проведения визуально-измерительного контроля применяется: универсальный шаблон сварщика УШС-3; штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 с глубиномером; линейка металлическая Л-300 ; лупы просмотровые 4х и 7х; лупа просмотровая с подсветкой 3,5 х; лупа измерительная ЛИЗ-10х; рулетка, угольник металлический; наборы щупов и радиусных шаблонов; фонарик; маркер по металлу; футляр для хранения.

Для проведения ультразвукового контроля применяется ультразвуковой дефектоскоп UCD-50.

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, представленными в таблице 9.

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. 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.

Таблица 9 – 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 |
| 1) зачистка дефектного места | <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 | - машинка угловая шлифовальная МШУ-1-6-230 |

Продолжение таблицы 9

| 1 | 2 | 3 |
|---|--|--|
| 2) разделка трещины | <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 | <ul style="list-style-type: none"> - машинка угловая шлифовальная МШУ-1-6-230 - дрель электрическая |
| 3) заполнение разделки механизированной сваркой в защитном газе | <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; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение | <ul style="list-style-type: none"> - универсальная сварочная оснастка; - струбцины; - угольник; - линейка; - сварочный источник питания; - зачистная машинка; - сварочная дуга; - сварочный аэрозоль; - нагретые края изделия |
| 4) контроль качества заварки трещины | <ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение; - 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 | <ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковой дефектоскоп |

На основании анализа возникающих опасных и вредных производственных факторов, могут быть предложены стандартные средства и методики, позволяющие устранить или уменьшить опасный фактор.

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 10 – 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) 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. |
| 2) 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 |
| 3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; | - применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха; - применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне | Средства защиты дыхательных путей |
| 4) 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 |
| 5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов | - проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности ; - механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса | Спецодежда |
| 6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации | - применение защитных экранов; - применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону | Спецодежда |
| 7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений | - применение защитных экранов; - применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону | Спецодежда |
| 8) 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 согласно таблице 11 позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, приведённые в таблице 12.

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 11 – 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 ремонтная сварка | Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная | «пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [4] | «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» [4]. | «Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [4]. |

Таблица 12 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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

Таблица 13 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

| Наименование участка | Перечень мероприятий | Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты |
|--|---|---|
| Участок для выполнения ремонтной сварки (механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитном газе) | «Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [4]. | «На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [4]. |

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, представленных в таблице 13.

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 согласно таблице 14 этих негативных факторов и предложить меры защиты от этих факторов, представленные в таблице 15.

Таблица 14 – 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 |
|---|--|--|--|---|
| Ремонтная сварка (механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитном газе) | Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки стыка, контрольные операции | Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы | Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения. | Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный. |

Таблица 15 – 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» [4]. |
| Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду. | Контроль утечек в гидросистеме приспособления или кантователя и незамедлительное их устранение. |
| 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 производственного цикла в установленные емкости» [4]. |

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии ремонтной сварки рассматриваемого изделия.

Изучение особенностей технологического процесса ремонтной сварки с применением механизированной сварки в среде защитных газов проволокой сплошного сечения 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 предложен ряд мероприятий по повышению эффективности ремонтной сварки при заварке трещина на раме почвообрабатывающего агрегата. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения.

Базовая технология восстановления предусматривает применение дуговой сварки штучными электродами. Проектная технология предусматривает механизированную сварку с использованием импульсного управления сварочной дугой. Составлена проектная технология ремонтной сварки, которая включает в себя следующие операции: зачистка дефектного места, разделка трещины, заполнение разделки механизированной сваркой в защитном газе, контроль качества заварки трещины.

Такая замена способа восстановления позволяет существенно повысить производительность выполнения восстановительных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов наплавки.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии ремонтной сварки.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям согласно таблице 16.

Таблица 16 – 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 | V |
| Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала | $Cч$ | Р/час | 200 | 200 |
| Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций | $K_{см}$ | - | 1 | 1 |
| Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы: | | | | |
| - доплат к основной заработной плате | $K_{доп}$ | % | 12 | 12 |
| - отчислений на дополнительную заработную плату | $K_{д}$ | - | 1,88 | 1,88 |
| - отчислений на социальные нужды | $K_{сн}$ | % | 34 | 34 |
| - выполнения нормы | $K_{вн}$ | - | 1,1 | 1,1 |
| Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса | $Ц_{об}$ | Руб. | 450000 | 750000 |
| Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса | $M_{уст}$ | кВт | 9 | 9 |
| Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование : | | | | |
| - норма амортизации оборудования | $Н_a$ | % | 21,5 | 21,5 |
| - коэффициент 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 16

| 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 | 800 | 800 |
| Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади: | | | | |
| - стоимость эксплуатации площадей | $C_{\text{эксп}}$ | $(P/m^2)/\text{год}$ | 2000 | 2000 |
| - цена производственных площадей | $C_{\text{пл}}$ | P/m^2 | 30000 | 30000 |
| - норма амортизации производственных площадей | $Ha_{\text{пл}}$ | % | 5 | 5 |
| - коэффициента дополнительной производственной площади | $K_{\text{пл}}$ | - | 3 | 3 |
| Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости: | | | | |
| - коэффициент цеховых расходов | $K_{\text{цех}}$ | - | 1,5 | 1,5 |
| - коэффициент заводских расходов | $K_{\text{зав}}$ | - | 1,15 | 1,15 |
| - коэффициента эффективности капитальных вложений | En | - | 0,33 | 0,33 |

Представленные в таблице 16 исходные данные для выполнения расчётов по проектной и базовой технологиям позволяют в дальнейшем оценить технологическую себестоимость проектного и базового варианта, капитальные затраты по вариантам технологии и рассчитать показатели экономической эффективности.

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 в таблице 16: суммарное число рабочих дней в календарном году $D_p = 277$ дней, длительность рабочей смены $T_{см} = 8$ часов, количество предпраздничных дней $D_{п} = 7$ дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни $T_{п} = 1$ час, принятое для рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен $K_{см} = 1$. Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

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

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

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

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

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

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

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

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 $t_{шт}$ является суммой затрат времени: машинного (выполнение основных операций технологического процесса) времени $t_{маш}$; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени $t_{всп}$; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования) $t_{обсл}$; времени $t_{отд}$ на личный отдых работников, задействованных в выполнении операций технологического процесса; подготовительно-заключительного времени $t_{п-з}$:

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

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (3), составит:

$$t_{шт.баз} = 0,833 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,008 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 0,347 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,420 \text{ ч.}$$

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

$$П_{г} = F_{э} / t_{шт}. \quad (4)$$

Готовая программа для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанная согласно (4) после подстановки численных значений:

$$П_{г.баз.} = 2054 / 1,008 = 2000 \text{ дефектов за год;}$$

$$П_{г.проектн.} = 2054 / 0,420 = 5000 \text{ дефектов за год.}$$

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы $П_{г} = 2000$ дефектов в год.

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

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

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

$$n_{\text{РАСЧБ}} = \frac{1,008 \cdot 2000}{2054 \cdot 1,1} = 0,95, \quad n_{\text{РАСЧП}} = \frac{0,420 \cdot 2000}{2054 \cdot 1,1} = 0,40.$$

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:

$$K_{3\text{б}} = 0,95/1 = 0,95,$$

$$K_{3\text{п}} = 0,40/1 = 0,40.$$

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии

Восстановление рамы почвообрабатывающего агрегата предусматривает расходование материалов. При ручной дуговой сварке расходным материалом будут штучные электроды. При механизированной сварке расходными материалами будут сварочная проволока и защитный газ.

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

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

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

$$M_{\text{баз.}} = 354,00 \text{ р/кг} \cdot 1,58 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/см}^3 \cdot 1,80 \cdot 1,05 : 1000 = 412,00 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 78,00 \text{ р/кг} \cdot 1,0 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/см}^3 \cdot 1,2 \cdot 1,05 : 1000 + 16 \text{ руб.} = 55,00 \text{ руб.}$$

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 $C_{\text{ч}}$ и коэффициента $K_{\text{д}}$ доплат:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (8)$$

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

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 1,008 \cdot 200 \cdot 1,88 = 379,00 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 0,42 \cdot 200 \cdot 1,88 = 158,00 \text{ руб.}$$

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 ($K_{\text{доп}} = 12\%$):

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

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

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 379 \cdot 12 / 100 = 45 \text{ рублей;}$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 158 \cdot 12 / 100 = 19 \text{ рублей.}$$

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:

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 379 + 45 = 424 \text{ рублей;}$$

$$\PhiЗП_{\text{проектн.}} = 158 + 19 = 177 \text{ рублей.}$$

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

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

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

$$O_{\text{сн баз.}} = 424 \cdot 30 / 100 = 144 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сн проектн.}} = 177 \cdot 30 / 100 = 60 \text{ руб.}$$

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

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

Величина $A_{\text{об}}$ амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования $C_{\text{об}}$, нормы амортизации $H_{\text{а}}$, машинного времени $t_{\text{маш}}$, и эффективного фонда времени $F_{\text{э}}$ с использованием зависимости:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}. \quad (12)$$

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

$$A_{\text{об. баз.}} = 450000 \cdot 21,5 \cdot 0,833 / 2054 / 100 = 19,61 \text{ руб.},$$

$$A_{\text{об. пр.}} = 750000 \cdot 21,5 \cdot 0,347 / 2054 / 100 = 13,62 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$P_{\text{ээ баз}} = 9 \cdot 0,833 \cdot 3,02 / 0,7 = 21,2 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 9 \cdot 0,347 \cdot 3,02 / 0,85 = 10,4 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{\text{об баз.}} = 19,61 + 21,2 = 31,81 \text{ рублей},$$

$$Z_{\text{об проектн.}} = 13,62 + 10,4 = 24,02 \text{ рублей.}$$

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 $Z_{\text{об}}$:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сс}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{пл}} \quad (14)$$

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

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 412 + 424 + 144 + 31,81 + 17,1 = 1028,91 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 55 + 177 + 60 + 24,02 + 7,3 = 323,32 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 1028,91 + 1,5 \cdot 379 = 1028,91 + 568,50 = 1597,41 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 323,32 + 1,5 \cdot 158 = 323,32 + 237,00 = 560,32 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 1597,41 + 1,15 \cdot 379 = 1597,41 + 435,85 = 2033,26 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 560,32 + 1,15 \cdot 158 = 560,32 + 181,70 = 742,02 \text{ руб.}$$

Калькуляция заводской себестоимости для базового и проектного вариантов технологии сведена в таблицу 17.

Таблица 17 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

| Наименование экономического показателя | Условное обозначение | Калькуляция, руб. | |
|--|----------------------|----------------------------|------------------------------|
| | | Базовый вариант технологии | Проектный вариант технологии |
| 1. Затраты на материалы | <i>M</i> | 412 | 55 |
| 2. Фонд заработной платы | <i>ФЗП</i> | 424 | 177 |
| 3. Отчисления на соц. нужды | <i>Осн</i> | 144 | 60 |
| 4. Затраты на оборудование | <i>Зоб</i> | 31,81 | 24,02 |
| 5. Расходы на площади | <i>Зпл</i> | 17,1 | 7,3 |
| 5. Технологическая себестоимость | <i>Стех</i> | 1028,91 | 323,32 |
| 6. Цеховые расходы | <i>Рцех</i> | 568,50 | 237,00 |
| 7. Цеховая себестоимость | <i>Сцех</i> | 1597,41 | 560,32 |
| 8. Заводские расходы | <i>Рзав</i> | 435,85 | 181,70 |
| 9. Заводская себестоимость | <i>Сзав</i> | 2033,26 | 742,02 |

Таким образом, на основании данных таблицы 17 можно заключить, что внедрение проектной технологии позволяет значительно уменьшить затраты и себестоимость сварки.

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 $\Pi_{\text{об.б.}}$, коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з. б.}}$ рассчитанного для базового варианта согласно (6):

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{об.б.}} \cdot K_{\text{з. б.}} \quad (17)$$

Остаточную стоимость $\Pi_{\text{об.б.}}$ оборудования для базового варианта рассчитаем с учётом рыночной стоимости оборудования $\Pi_{\text{перв.}}$, срока службы оборудования $T_{\text{с}}$ и нормы амортизации $H_{\text{а}}$ оборудования:

$$\Pi_{\text{об.б.}} = \Pi_{\text{перв.}} - (\Pi_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot H_{\text{а}} / 100). \quad (18)$$

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

$$\Pi_{\text{об.баз.}} = 450000 - (450000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 159750 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{общ.баз.}} = 1 \cdot 159750 \cdot 0,95 = 151762 \text{ рублей}$$

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:

$$K_{\text{об.пр.}} = 750000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 315000 \text{ руб.}$$

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 $C_{\text{б}}$ и $C_{\text{пр}}$ по базовому и проектному вариантам, коэффициентов $K_{\text{д}}$ и $K_{\text{м}}$ на демонтаж и монтаж оборудования:

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

$$K_{\text{монт}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м}}. \quad (23)$$

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

$$K_{\text{дем}} = 1 \cdot 4500000 \cdot 0,05 = 22500 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{монт}} = 750000 \cdot 0,05 = 37500 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{соп.}} = 22500 + 37500 = 60000 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{общ.пр.}} = 315000 + 60000 = 375000 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ.пр.}} - K_{\text{общ.б.}} \quad (24)$$

$$K_{\text{доп}} = 375000 - 151762 = 223238 \text{ руб.}$$

Величину удельных капитальных вложений $K_{уд}$ рассчитываем с учётом годовой программы Π_T :

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{\Pi_T}, \quad (25)$$

После подстановки в (25) соответствующих значений:

$$K_{удБаз.} = 151762/2000 = 75,88 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{удПроктн.} = 375000/2000 = 187,5 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности

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

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПр}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (26)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

$$\Delta t_{шт} = \frac{1,008 - 0,42}{1,008} \cdot 100\% = 58\%$$

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

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

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

$$\Pi_T = (100 \cdot 58) / (100 - 58) = 138 \%$$

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:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{3317,72 - 2008,96}{3317,72} \cdot 100\% = 40\%$$

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

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

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

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (2033,26 - 742,02) \cdot 4000 = 5164960 \text{ руб.}$$

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уГ}}} \quad (30)$$

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{258286}{2113290} = 0,3$$

Годовой экономический эффект Э_{Γ} , получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{уГ}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

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

$$\text{Эг} = 5164960 - 0,33 \cdot 223238 = 5091291 \text{ руб.}$$

Выводы по экономическому разделу

При выполнении базовой технологии ремонтной сварки рамы почвообрабатывающего агрегата применяется ручная дуговая сварка штучными электродами. Недостатки применения ручной дуговой сварки штучными электродами: малая производительность выполнения сварочных работ, работа сварщика в тяжёлых условиях, низкая стабильность качества сварки, повышенный расход электродного материала на угар и разбрызгивание.

Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной сварки с импульсным управлением сварочной дугой. Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения ремонтных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов наплавки.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 58 %, повышение производительности труда на 138 %, уменьшение технологической себестоимости на 40 %.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 5,16 млн. рублей. Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 5,09 млн. рублей.

Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,3 года. Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности ремонтной сварки несущих металлических конструкций сельскохозяйственной техники.

Анализ базовой технологии сварки с применением ручной дуговой сварки штучными электродами позволил сформулировать его недостатки: малая производительность выполнения сварочных работ, работа сварщика в тяжёлых условиях, низкая стабильность качества сварки, повышенный расход электродного материала на угар и разбрызгивание.

При анализе возможных способов сварки, которые могут быть использованы при ремонте рамы почвообрабатывающего агрегата, были рассмотрены: ручная электродуговая сварка, механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой, механизированная сварка в защитных газах. Анализ преимуществ и недостатков каждого способа сварки позволил обосновать замену ручной дуговой сварки штучными электродами (применяется в базовом варианте технологии) на механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Составлены требования к операциям технологического процесса ремонтной сварки конструкции, назначены параметры режима обработки, оборудование и сварочные материалы для осуществления проектной технологии.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки 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.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 5,09 млн. рублей. Вышеизложенное позволяет сделать вывод о достижении поставленной цели.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Авторское свидетельство № 1234096 СССР, МКИ В23К9/00. Высоочастотный импульсный источник питания для дуговой сварки / Сергеев Ю. Е., Тэфанов В. Н., Ибрагимов С. М., Лапытов Р. М. – № 3759932/25-27, заяв. 25.06.84; опубл. 30.05.86, Бюл. № 20. 2 с.
2. Волков А. С. Причины появления дефектов вблизи исправленных участков сварных швов // Сварочное производство. 1974. № 8. С. 33–34.
3. Геке С., Хедергард Й., Лундин М., Кауфманн Г. МИГ/МАГ сварка тандемом // Сварочное производство. 2002. № 4. С. 30–35.
4. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
5. Жерносеков А. М., Андреев В. В. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом (Обзор) // Автоматическая сварка. 2007. № 10. С. 48–52.
6. Жерносеков А. М., Хаскин В. Ю., Набок Т. Н. Импульсная лазерно-дуговая сварка углеродистых сталей // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2014. № 5/1. С. 12–16.
7. Ках П., Салминен А., Мартикаинен Дж. Особенности применения гибридной лазерно-дуговой сварки (Обзор) // Автоматическая сварка. 2010. № 6. С. 38–47.
8. Кайтель С., Нойберт Я. Технологии гибридной лазерно-дуговой сварки кольцевых швов на магистральных трубопроводах // Автоматическая сварка. 2014. № 4. С. 37–43.
9. Крюков А. В. Повышение эффективности механизированной сварки в углекислом газе за счет применения импульсной подачи электродной проволоки : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Барнаул : Юргенский технологический институт. 2008.
10. Лабур Т. М., Жерносеков А. М., Яворская М. Р., Пашуля М. П. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом алюминиевых сплавов с

регулируемой формой импульсов // Сварочное производство. 2013. № 11. С. 3–7.

11. Ларионов В. П. Электродуговая сварка конструкций в северном исполнении. Новосибирск : Наука, 1986. 168 с.

12. Новожилов Н. М., Соколова А. М. Разработка электродных проволок для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей в углекислом газе // Сварочное производство. 1958. № 7. С. 10–14.

13. Пермяков М. Б., Мышинский М. И. Повышение длительных эксплуатационных свойств металла зон сварных тавровых соединений большепролётных подкрановых балок // European Science. № 2 С. 17–20.

14. Пермяков М. Б., Чернышова Э. П., Кришан А. Л. Актуальные проблемы строительства: монография. Магнитогорск : «Энергия», 2013. 139 с.

15. Позняков В. Д., Довженко В. А., Касаткин С. Б. Микроструктурные особенности усталостной повреждаемости и способы повышения долговечности сварных соединений стали 09Г2С // Автоматическая сварка. 2012. № 5. С. 32–37.

16. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов Д. А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего : монография. Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2012. 208 с.

17. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М. : Машиностроение, 1974. 240 с.

18. Рекламная информация фирмы Fronius : СМТ ADVANCE: специалист по сварке тонкого металла // Автоматическая сварка. 2010. № 10. С. 67–68.

19. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6–7. С. 60–64.

20. Сараев Ю. Н., Безбородов В. П., Полетика И. М. Улучшение структуры и свойств сварных соединений труб большого диаметра из

низколегированной стали при импульсно-дуговой сварке // Автоматическая сварка. 2004. № 12. С. 34–38.

21. Сварка в машиностроении : справочник в 4-х т. / Ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) [и др.]. М. : Машиностроение, 1978. Том 2 / Под ред. А. И. Акулова, 1979. 462 с.

22. Сварка. Резка. Контроль: Справочник в 2-х томах / Под общ. Ред. Н. П. Алёшина, Г. Г. Чернышова М. : Машиностроение, 2004. Том 2 / Н. П. Алёшин [и др.]. 480 с.

23. Сидорец В. Н., Жерносеков А. М., Рымар С. В. Импульсно-дуговая сварка как основа современных технологий сварки плавящимся электродом // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії . 2016. № 2. С. 221–225.

24. Сорокин В. Г., Волосникова А. В., Вяткин С. А. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.

25. Шлепаков В. Н., Гаврилюк Ю. А., Котельчук А. С. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей // Автоматическая сварка. 2010. № 3. С. 46–51.

26. Chernyshova E. P., Permyakov M. B. Architectural town-planning factor and color environment // World Applied Sciences Journal. 2013. № 4. С. 437–443.

27. Chernyshova E. P., Permyakov M. B. Architectural town-planning factor and color environment // World Applied Sciences Journal. 2017. № 7. С. 371–384.

28. Wilson D. V., Tromans T. K. Effect of strain aging on fatigue damage in low-carbon steel // Acta Metallurgica. 1970. vol. 18. P. 1197–1208.