

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)

«Современные технологические процессы изготовления деталей
в машиностроении»
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс и оборудование для ремонта несущих конструкций грузоподъемной техники

Студент

П.В. Латкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.т.н., доцент О.М. Сярова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

Аннотация

Мостовые краны занимают значительную долю грузоподъемной техники, равную приблизительно 38 %. При этом следует учитывать, что безопасность работы на обслуживаемом участке в значительной степени зависит от безаварийности работы самого крана. В процессе работы происходит интенсивный износ элементов крана, его несущие конструкции накапливают повреждения, которые в случае несвоевременного устранения приводят к аварийному выходу крана из строя.

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности сварочных операций при ремонте металлических конструкций мостового крана.

Проведён анализ возможных способов ремонтной сварки рассматриваемой конструкции. Были приняты к рассмотрению следующие способы: ручная дуговая сварка, механизированная сварка в защитных газах плавящейся проволокой, механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой. Для построения проектной технологии предложено использовать механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Была построена проектная технология ремонтной сварки элементов несущей конструкции крана. Для осуществления проектной технологии предложено соответствующее оборудование, назначены параметры режима и материалы.

Выполнен анализ проектной технологии ремонтной наплавки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Рассчитан годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы могут быть использованы для восстановления деталей машин.

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение | 5 |
| 1 Анализ состояния вопроса по ремонту несущих конструкций грузоподъёмной техники. | 7 |
| 1.1 Описание объекта исследования. | 7 |
| 1.2 Анализ материала для изготовления несущих конструкций крана и его свариваемости. | 12 |
| 1.3 Особенности базового технологического процесса ремонтной сварки несущих конструкций грузоподъёмной техники. | 15 |
| 1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы. | 22 |
| 2 Проектная технология ремонтной сварки несущих конструкций грузоподъёмной техники. | 24 |
| 2.1 Предварительный выбор способов ремонтной сварки. | 24 |
| 2.2 Обоснование выбора способа ремонтной сварки. | 26 |
| 2.3 Повышение эффективности выбранного способа сварки. | 31 |
| 2.4 Описание операций технологического процесса ремонтной сварки. | 35 |
| 3 Экологическая экспертиза результатов выпускной квалификационной работы. | 41 |
| 3.1 Технологическая характеристика объекта | 41 |
| 3.2 Идентификация профессиональных рисков | 43 |
| 3.3 Предлагаемые меры по уменьшению воздействия на персонал негативных производственных факторов. | 45 |
| 3.4 Пожарная безопасность на производстве. | 47 |
| 3.5 Экологическая безопасность проектной технологии. | 49 |
| 4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений. | 52 |
| 4.1 Исходные данные для выполнения расчётов по экономической эффективности. | 52 |

| | |
|---|----|
| 4.2 Расчёт объёмов фонда времени. | 54 |
| 4.3 Расчет штучного времени | 55 |
| 4.4 Заводская себестоимость проектного и базового вариантов технологии. | 57 |
| 4.5 Капитальные затраты по проектному и базовому вариантам технологии. | 61 |
| 4.6 Показатели экономической эффективности проектного варианта технологии. | 63 |
| Заключение | 67 |
| Список используемой литературы и используемых источников. | 69 |

Введение

Безопасность эксплуатации сложных технических систем в основном определяется живучестью их конструкции – способностью выполнять заданные функции в условиях частичного разрушения элементов системы. Ответственная конструкция, к которым относится грузоподъемная техника, должны иметь возможность выдерживания эксплуатационных нагрузок при начавшемся разрушении несущей конструкции. Как установлено ранее, до 90 % разрушений машиностроительных конструкций связано именно с разрушением сварных соединений [17]. В настоящее время сварка занимает лидирующее положение в изготовлении металлических конструкций. Поэтому прочность сварных швов, их способность сопротивляться циклическим и ударным нагрузкам, возможность ремонта конструкций с применением сварки – основные вопросы, от положительного решения которых зависит безопасность эксплуатации грузоподъемной техники.

Мостовые краны занимают значительную долю грузоподъемной техники, равную приблизительно 38 % [11]. При этом следует учитывать, что безопасность работы на обслуживаемом участке в значительной степени зависит от безаварийности работы самого крана. В процессе работы происходит интенсивный износ элементов крана, его несущие конструкции накапливают повреждения, которые в случае несвоевременного устранения приводят к аварийному выходу крана из строя.

Необходимо принимать во внимание, что в настоящее время в эксплуатации находится значительная часть мостовых кранов, нормативный срок службы которых уже исчерпан [17]. При этом около 80 % кранов могут продолжать успешно эксплуатироваться при условии выполнения своевременных ремонтных работ [22], [23], [24]. При продлении эксплуатации кранов после истечения нормативного срока службы крана необходимо учитывать опасность усталостных разрушений несущих конструкций, по вине которых происходит до трети аварий на подъемных кранах [4], [10], [17].

При ремонте несущих конструкций кранов значительное количество трещин обнаруживается в местах расположения сварных швов, которые выступают в роли концентраторов напряжений. При этом прочность сварных швов оказывается значительно меньше, чем прочность основного металла. Это особенно сильно проявляется в сварных швах, которые были выполнены с использованием ручной дуговой сварки, что необходимо принимать во внимание во время составления технологии ремонта несущих конструкций подъёмных кранов.

Значительный вклад в повышение эффективности сварочных процессов при выполнении ремонта ответственных металлических конструкций внесли отечественные исследователи: «Винокуров В.А., Ишков А.М., Квагинидзе В.С., Кузьмин В.Р., Куркин С.А., Ларионов В.П., Николаев Г.А., Патон Е.О., Патон Б.Е, Слепцов О.И.» [9]

Поскольку сам сварной шов становится концентратором напряжений, ремонт несущих металлических конструкций с применением сварочных технологий сталкивается с трудностью трещинообразования. Особенно сильно проявляют себя процессы образований трещин при ремонте с применением ручной луговой сварки. При ремонте трещин применяемая ранее технология с разделкой трещины, её заплавлением и приваркой заплатки не показала эффективности. Это объясняется тем, сварные швы при приварке заплатки сами становятся новыми концентраторами напряжений, из-за чего процесс накопления усталостных разрушений в конструкции только усиливается.

Вышеизложенное позволяет утверждать, что поставленная цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности сварочных операций при ремонте металлических конструкций мостового крана – является актуальной.

Достижение поставленной цели должно проводиться на основе современных достижений в области ремонтной сварки с использованием преимущественно отечественных разработок оборудования и материалов.

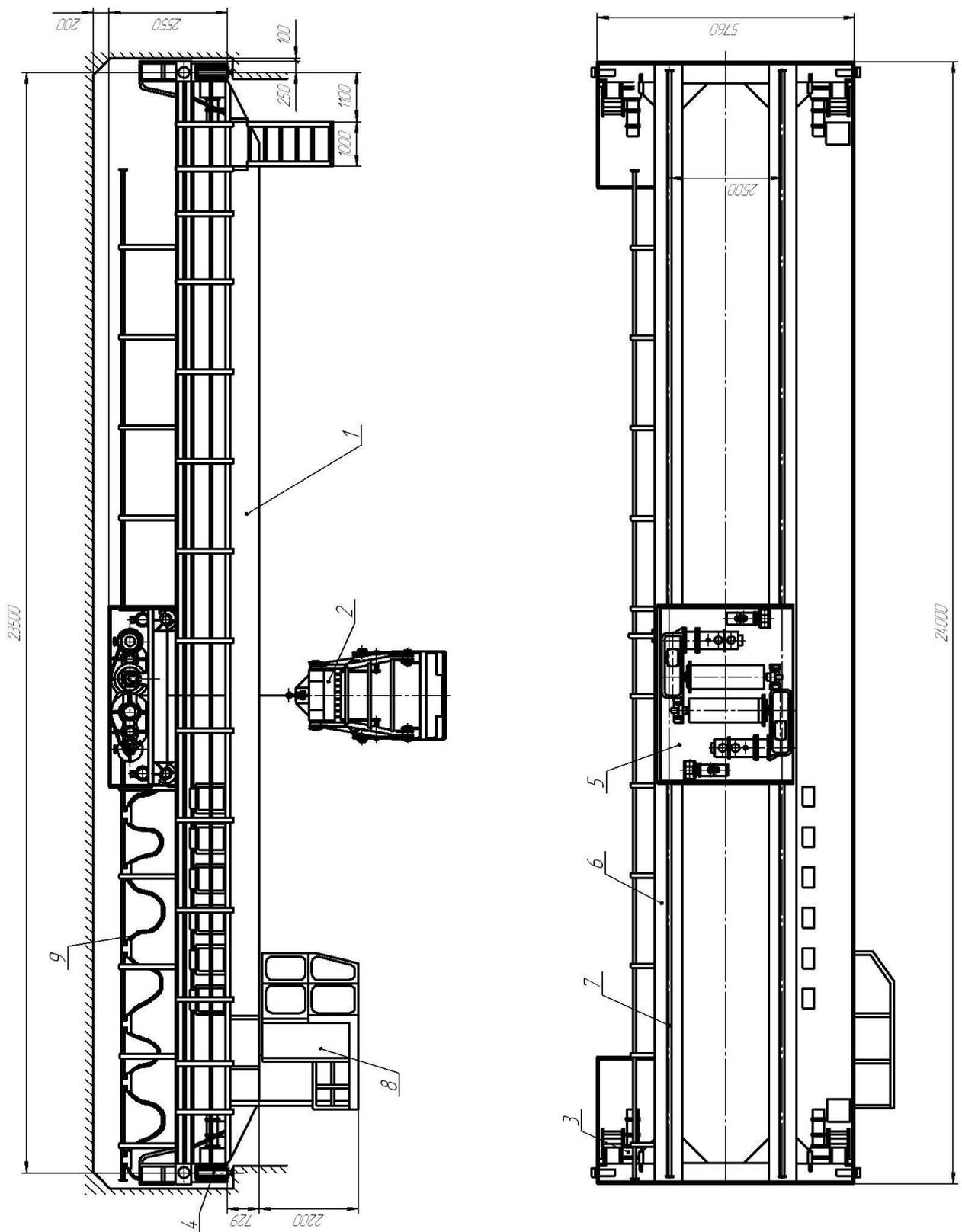
1 Анализ состояния вопроса по ремонту несущих конструкций грузоподъемной техники

1.1 Описание объекта исследования

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы планируется поиск технологических средств для повышения эффективности сварочных технологий при ремонте несущих конструкций грузоподъемной техники. Порядка 38 % всей грузоподъемной техники приходится на мостовые краны [11]. Совершенствование технологии ремонтной сварки будет выполняться на примере грейферного крана грузоподъемностью 10 тонн, который представлен на рисунке 1. Кран используется на кирпичном заводе и служит для подачи сырья. Работа крана происходит в условиях повышенной влажности и загрязнений.

Пролёт крана составляет 10 метров при высоте подъема 16 метров. Масса крана составляет 49 тонн при давлении на подкрановый рельс 20 тонн. Управление краном происходит из закрытой кабины. Грузоподъемность крана составляет 10 тонн. Скорость передвижения крана по рельсам составляет до 1 м/с, скорость передвижения тележки – до 0,46 м/с, скорость подъема грейфера – до 0,24 м/с.

Однобалочный мостовой кран состоит из «рельсового пути на нижних полках которого установлена грузовая каретка. Концы рельсового пути связаны с корпусами подшипников, в которых установлена пролетная балка. Параллельно рельсу на концах пролетной балки жестко установлены колеса (по одному на каждом конце). При помощи колес пролетная балка установлена на подкрановые рельсы, закрепленные на подкрановых балках. На концах рельса закреплены опорные детали, головки которых расположены над подкрановыми балками. На одном из корпусов подшипника при помощи крепежа установлены кронштейны с роликами, которые опираются на подкрановый рельс» [12].



- 1 – мостовой кран, 2 – грейфер, 3 – привод крана, 4 – приводное колесо,
 5 – тележка, 6 – металлоконструкция, 7 – крановый рельс,
 8 – кабина крана, 9 – силовой кабель

Рисунок 1 – Кран мостовой (общий вид)

При работе крана подъём и опускание груза происходит при помощи грузовой каретки. Далее грузовая каретка перемещается вдоль рельса. Концы рельса связаны с корпусами подшипников. Наружные кольца подшипников установлены в пролётной балке. Внутренние кольца подшипников жёстко закреплены с колёсами, которые катаются по подкрановым рельсам. Сами рельсы закреплены на подкрановых балках. Механизм перемещения грузовой каретки имеет 4 привода, что позволяет получить высокий запас сцепления крановых колёс с рельсами.

В процессе длительной эксплуатации в несущей конструкции крана образуются трещины, которые могут располагаться, как показано на рисунке 2:

- в нижнем горизонтальном поясе,
- вертикальном лобовом листе,
- концевой балке,
- углах вреза под ходовое колесо;
- вырезах вертикальных стенок под буксы.

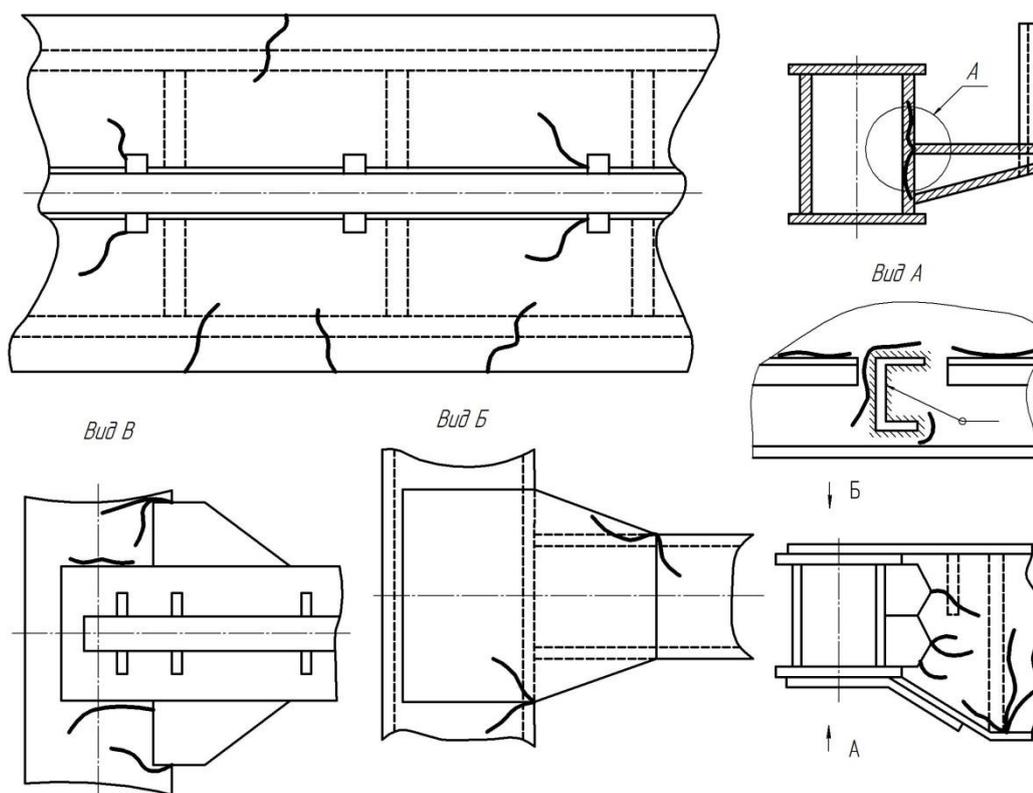


Рисунок 2 – Примеры повреждений несущих конструкций мостового крана

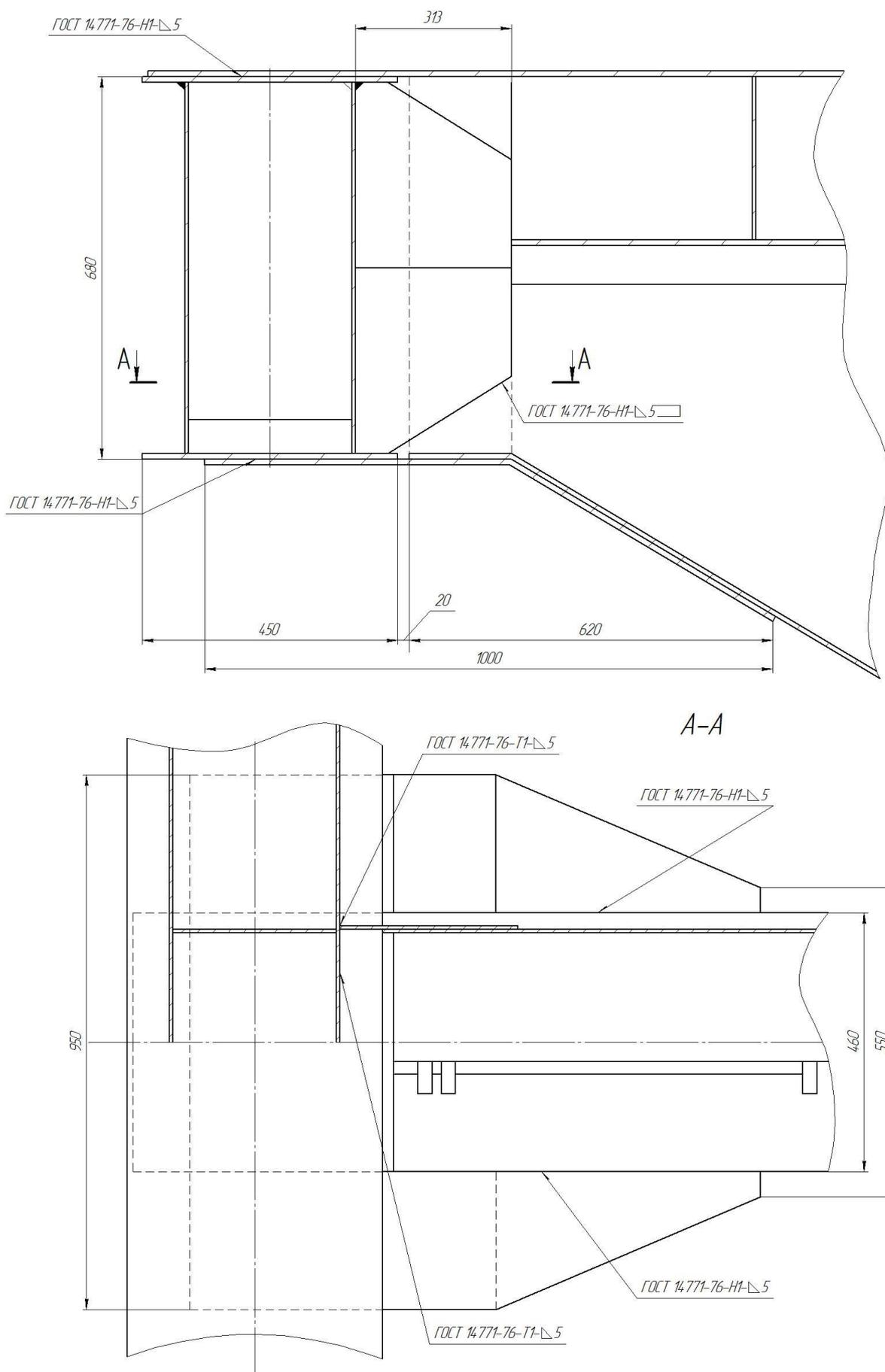


Рисунок 3 – Узел соединения главной и концевой балок

В процессе длительной эксплуатации мостового крана происходит накопление усталостных трещин в элементах несущей конструкции. В этой связи наибольшую опасность представляют места соединения концевых и пролётных балок, пример которых показан на рисунке 3. Зарождение усталостных трещин в теле концевой балки начинается уже в первые годы эксплуатации. Местом зарождения трещины зачастую является сварной шов, после образования в котором трещина переходит на основной металл.

В ходе повторяющейся деформации элементов концевой балки происходит формирование в ней знакопеременного поля напряжений. При длительной эксплуатации в условиях знакопеременного нагружения зарождаются и развиваются усталостные трещины, которые могут быть обнаружены в показанных на рисунке 5 местах. Изначально трещина направлена перпендикулярно поясу. В ходе роста трещина проходит 100...150 мм по основному металлу и начинает ветвиться [13]. Для того, чтобы избежать аварийного разрушения несущих конструкций, требуется периодический осмотр их опасных узлов, в ходе которого обнаруживают трещины, оценивают их развитие и принимают решение на устранение.

Основным способом устранения трещин в несущих конструкциях крана, который позволяет продолжить его эксплуатацию, является сварка.

При ремонте трещин применяемая ранее технология с разделкой трещины, её заплавлением и приваркой заплатки не показала эффективности. Это объясняется тем, сварные швы при приварке заплатки сами становятся новыми концентраторами напряжений, из-за чего процесс накопления усталостных разрушений в конструкции только усиливается. Также проведение огневых работ приводило к дополнительному перегреву и повышению уровня остаточных напряжений в конструкции.

Процесс образования усталостных трещин в несущей конструкции крана протекает непрерывно на протяжении всего времени эксплуатации крана. Возникающие разрушения накапливаются в конструкции и становятся в дальнейшем причиной её аварийного разрушения.

1.2 Анализ материала для изготовления несущих конструкций крана и его свариваемости

Несущие конструкции мостовых кранов выполняют из стали 09Г2С. Содержание химических элементов в стали 09Г2С представлено в таблице 1.

При изготовлении сварных конструкций из стали 09Г2С могут применяться электроды типа Э42А и Э50А для низколегированных и углеродистых сталей [3], [26].

Правильный выбор параметров режима сварки и термической обработки позволяет обеспечить высокое качество конструкций. Хорошая свариваемость стали 09Г2С объясняется малым содержанием в этой стали углерода. Безопасная эксплуатация металлических конструкций, выполненных из стали 09Г2С возможна при температурах окружающей среды от -70 °С до +450 °С.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 09Г2С

| «С | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | N | Cu | As» [2] |
|------|-----------|-----------|--------|---------|----------|-----|----------|--------|----------|
| 0,12 | 0,5...0,8 | 1,3...1,7 | до 0,3 | до 0,04 | до 0,035 | 0,3 | до 0,008 | до 0,3 | до 0,008 |

При сварке металлических конструкций из стали 09Г2С в большинстве случаев не требуется применения предварительного подогрева или используется предварительный подогрев до 100...120 °С. Сталь 09Г2С не склонна к закалке и увеличению зернистости под действием термического цикла при сварке. Сталь 09Г2С не имеет склонности к отпускной хрупкости, а отпуск после сварки не снижает её ударной вязкости.

В качестве затруднения при выполнении сварочных работ на конструкциях из стали 09Г2С следует указать снижение прочностных характеристик околошовной зоны по сравнению с характеристиками основного металла. При выполнении сварных швов в конструкциях из стали 09Г2С возможно получение незначительного упрочнения металла в зоне

перегрева и уменьшение ударной вязкости основного металла в околошовной зоне.

При построении технологии сварки конструкций из стали 09Г2С следует учитывать особенности её реакции на термический цикл при сварке. Сварные швы характеризуются некоторой неоднородностью по структуре и свойствам металла. Возможно содержание в зоне термического влияния включений крупнозернистой структуры, которые могут снизить эксплуатационные свойства сварных соединений, и потому нежелательны. Также при сварке наблюдается образование локальных участков со значительным уровнем остаточных микронапряжений и микродеформаций, которые не только снижают механические и эксплуатационные свойства сварных швов, но и приводят к увеличению скорости коррозионных процессов, а также могут способствовать растрескиванию.

Равнопрочность наплавленного металла и основного металла при сварке стали 09Г2С обеспечивается за счёт легирования кремнием и марганцем. Препятствовать образованию закалочных структур при сварке конструкций из стали 09Г2С помогает предварительный подогрев. За счёт проведения предварительного подогрева в стали происходит перлитное превращение. Также регулирование скорость охлаждения стали при сварке позволяет получить желаемую твёрдость металла. При строительстве резервуаров предварительный подогрев затруднён.

Также в качестве затруднений при сварке конструкций из стали 09Г2С следует отметить образование различных дефектов, среди которых наиболее часто встречаются поры, непровары и горячие трещины [2], [3], [26].

На образование пор при сварке отрицательно влияет неудовлетворительное качество зачистки поверхности деталей перед сваркой. Также количество пор увеличивается при нарушении газовой защиты, и техники сварки. В частности, повышенная скорость сварки и увеличенная длина дуги приводит к образованию пор в сварном шве. Кроме того, поры могут получаться в случае применения электродов с большим

диаметром. Неправильная прокатка электродов перед сваркой также приводит к образованию пор.

Образование непроваров происходит при нарушении техники сварки и неправильном выборе режимов сварки. Вероятность получения непровара повышается при недостаточной зачистке кромок и снижении погонной энергии сварки. Также непровары наблюдаются при нарушении требуемых размеров кромок во время их разделки.

Для снижения вероятности образования непроваров необходимо обеспечить правильный выбор и поддержание параметров режима сварки, соблюдение заданной техники сварки. Следует проводить качественную зачистку поверхности деталей перед сваркой и выполнять разделку кромок с правильной формой. В случае многопроходной сварки каждый валик сварного шва необходимо зачищать, устраняя его выпуклость. Необходимо также проводить пооперационный контроль качества, своевременно обнаруживая несплавления между валиками и удаляя эти несплавления при помощи зачистки.

На склонность к образованию горячих трещин существенное влияние оказывает применяемый способ сварки. В частности, применение сварки порошковой проволокой позволяет существенно снизить вероятность появления горячих трещин [21], [25]. Уменьшение опасности горячих трещин при сварке металлических конструкций достигается при специальной технике сварки – длину дуги следует уменьшить, а сварку выполнять без поперечных колебаний электрода. При обрыве дуги необходимо обеспечить тщательное заплавление кратеров, выводить которые на основной металл нельзя. В случае, если при визуальном осмотре кратера в нём обнаружилась кратерная трещина, необходимо с применением механических способов удалить дефект. Для снижения склонности к образованию горячих трещин следует оптимизировать свариваемую конструкцию, заменяя, где это возможно, тавровые соединения на стыковые.

1.3 Особенности базового технологического процесса ремонтной сварки несущих конструкций грузоподъёмной техники

При выполнении первой операции следует визуально определить наличие трещины в конструкции, её границы и глубину залегания. Для выявления границ трещины могут быть применены такие способы дефектоскопии, как магнитная дефектоскопия, применение проникающих растворов и т.д.

При проведении магнитного контроля можно выявить наличие дефектов на глубине до 2 мм. Выполняют намагничивание детали, после чего её покрывают тонким слоем магнитного порошка или суспензией порошка в масле. В зависимости от вида и размеров дефекта происходит искажение магнитных линий, и на поверхности порошка возникают бугорки.

При проведении ультразвукового контроля через стенку детали пропускают ультразвуковую волну, которая при встрече с границей дефекта частично отражается. По интенсивности и направлению отражённой волны можно судить о характере, размерах и глубине залегания дефекта. При этом, чтобы дефект был обнаружен, необходимо, чтобы его размеры превышали длину ультразвуковой волны.

При цветной дефектоскопии на поверхность наносят красную краску, которая глубоко проникает в полости дефекта. После этого краску с поверхности удаляют и наносят на него тонкий слой белой краски. После того, как белую краску просушили, на ней в местах залегания дефектов выступают следы красной краски. Более глубокий дефект и более крупный дефект будут идентифицироваться более яркими красными следами.

Для того, чтобы определить границы трещины, возможно использование газового пламени. При использовании газового пламени нагрев основного металла должен быть не выше 100...150 °С.

Вторая операция – засверливание концов трещины. Для того, чтобы исключить развитие трещины в процессе сварки, необходимо засверлить её

концы. В результате этого концы трещины перестанут играть роль концентраторов напряжений, что позволит провести успешное заплывление разделки трещины.

Для того, чтобы предотвратить развитие трещины при заварке, выполняют засверливание её концов. Для этого применяется сверло диаметром 8...12 мм. Центр отверстия при засверливании должен отстоять от конца трещины на расстояние, равное половине диаметра используемого сверла.

Отверстия по краям трещины выполняют сверлильным станком Rotabroach ELEMENT 30, который снабжён магнитной плитой. Применяемый для засверливания станок представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Сверлильный станок на магнитной плите Rotabroach ELEMENT 30 (производства Rotabroach)

Третья операция – разделка трещины. Разделку выполняют с применением аппарата воздушно-плазменной строжки «Стриж», представленного на рисунке 5-а. В качестве источника питания применим ДС 120П.33 производства «ТехноТрон» (Россия), который представлен на рисунке 5-б.

Параметры плазменной строжки:

- давление газа 4 атм.,
- сила тока 120...130 А,
- напряжение 170...180 В,
- скорость реза 0,6...0,7 м/мин.

При выполнении разделки несквозной трещины необходимо удалять металл на глубину, превышающую залегание трещины на 1...2 мм, и на длину, превышающую длину залегания трещины на 15...20 мм.

Разделку кромок проводят по длине трещины под сварной шов С17 согласно ГОСТ 5264. В случае выхода трещины на край изделия, необходимо выполнить приварку заходной планки, как показано на рисунке 6



Рисунок 5 – Аппарат воздушно-плазменной строжки «Стриж» (а) и источник питания ДС 120П.33 (б)

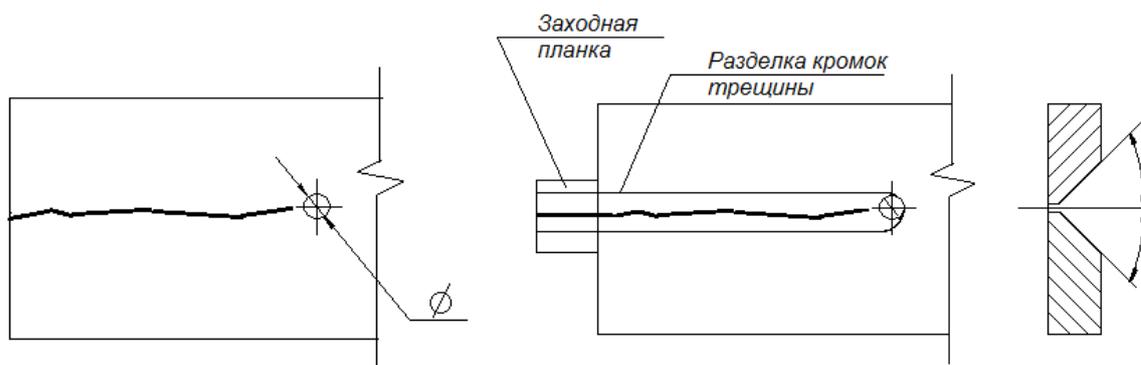


Рисунок 6 – Подготовка трещины к сварке и приварка заходной планки

Четвёртая операция – зачистка зоны разделки кромок. Для её выполнения применяют шлифовку места сварки, которая выполняется с применением шлифовальной машины МШУ-1-6-230.

Зачистку выполняют на расстоянии 20...25 мм по обе стороны от границы разделки трещины.

Пятая операция – заполнение разделки с применением ручной дуговой сварки. При ремонтной сварке применяют электроды УОНИ 13/55, УОНИ 13/45, ОЗС-6 или ОЗС-3.

Параметры прокали электродов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры прокали электродов

| Марка электродов | Режим прокали электродов | |
|------------------|--------------------------|-----------------|
| | Время, мин | Температура, °С |
| УОНИ 13/55 | 60 | 300 |
| УОНИ 13/45 | 60 | 250 |
| ОЗС-6 | 90 | 300 |
| ОЗС-3 | 60 | 200 |

«После выполнения прокали необходимо поместить прокаленные электроды в разогретую до 80...100 °С резервную печь. Выемку электродов из резервной печи выполняют непосредственно перед проведением сварки. В случае, если часть электродов не была использована, необходимо выполнить повторную прокали этих электродов. Прокали электродов можно повторять до трёх раз. В случае неиспользования электродов, которые были прокалены три раза, их следует признать негодными и утилизировать» [13].

В качестве источника питания применяется сварочный выпрямитель ВД-252, представленный на рисунке 7. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности.

Параметры режима сварки различными электродами представлены в таблице 3. При ремонтной сварке применяются электроды диаметром 3, 4 и 5 мм. В зависимости от диаметра и марки сварочных электродов устанавливают сварочный ток.



Рисунок 7 – Выпрямитель сварочный ВД-252

Таблица 3 – Параметры режима сварки с применением электродов различных марок

| Марка электрода | Диаметр электрода, мм | | | | | |
|-----------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 3 | | 4 | | 5 | |
| | min | Max | min | max | min | max |
| УОНИ 13/45 | 60 А | 130 А | 110 А | 180 А | 130 А | 220 А |
| УОНИ 13/55 | 60 А | 130 А | 100 А | 180 А | 140 А | 210 А |
| ОЗС-3 | 150А | 210 А | 180 А | 240 А | 240 А | 320 А |
| ОЗС-6 | 60 А | 130 А | 100 А | 210 А | 150 А | 280 А |

При заполнении разделки применяется специальная техника сварки. Для того, чтобы не происходило перегрева основного металла, сварку ведут в несколько проходов. При наложении облицовочного слоя шва необходимо получить плавный переход к основному металлу. Прекращать процесс сварки, пока не выполнено полное заплавление разделки трещины, недопустимо, так как в этом случае возможно получение трещин в наплавленном металле. Выполненные по краям трещины отверстия остаются незаплавленными. После выполнения сварки следует провести механическую зачистку поверхности шва, снимая усиление до уровня основного металла.

Шестая операция предусматривает проведение контроля качества ремонтной сварки. Контроль качества выполняют визуально-измерительный по РД 03-606-03 (100 %) и ультразвуковой по ГОСТ 14782 (30 %).

Осмотру с целью выявления внешних дефектов должны подвергаться все сварные швы независимо от применения других методов контроля.

Осмотр сварных швов должен производиться по всей их протяженности с двух сторон, за исключением мест, недоступных для осмотра. Невооруженным глазом или с применением лупы с не менее чем четырехкратным увеличением проверяют наличие трещин, подрезов, свищей, прожогов, натеков, не проваров корня и кромок.

Не допускается сваривать заготовки и сборочные единицы до устранения имеющихся в зоне сварного соединения недопустимых вмятин, заусенцев, окалины, ржавчины и т. п.

Качество подготовки кромок под сварку определяется чистотой кромок, правильностью их разделки.

Перед контролем сварной шов и прилегающие к нему поверхности должны быть очищены от шлака и других загрязнений, затрудняющих осмотр, на ширину не менее 20 мм по обе стороны шва.

Дефекты, выявленные внешним осмотром, должны быть устранены перед проведением контроля другими методами.

Визуальный контроль сварных соединений проводится невооруженным глазом или с помощью оптических приборов. Расчетные соединения должны осматриваться с применением лупы десятикратного увеличения.

При внешнем осмотре выявляются наплывы, подрезы, прожоги, незаваренные кратеры, наружные трещины швов и околошовной зоны, непровары корня шва, пористость.

По результатам визуального контроля должны выполняться следующие требования:

- «сварной шов должен иметь гладкую структуру с плавным переходом к основному металлу, при этом неровность не должна быть более 0,5 мм (если шов является легкодоступным) или не более 1 мм (если шов является труднодоступным);
- должны отсутствовать скопления пор и шлаковых включений, свищи, наплывы по всей длине сварного шва;
- не допускается наличие незаваренных кратеров.

По результатам ультразвукового контроля должны выполняться следующие требования:

- не допускается наличие непроваров в корне шва глубиной более 3 мм;
- не допускаются поры и шлаковые включения размером более 3 мм;
- не допускаются скопления пор более пяти штук на 1 см².

Если недопустимые дефекты были обнаружены, необходимо их устранить. Удаление дефекта выполняется механическим способом (абразивным инструментом, вырубкой, фрезеровкой) по всей длине дефекта плюс 10 мм в каждую сторону от дефекта. Запрещено выплавлять дефект дуговыми способами. Допустимо применение плазменно-дуговых процессов.

Если обнаружены сквозные трещины, перед их заваркой следует засверлить концы, чтобы исключить возможность дальнейшего роста трещины при нагреве от сварки. Заваривание дефектного участка следует выполнять на всю глубину.

Не допускается исправление дефектного участка более двух раз» [13].



Рисунок 8 – Оборудование для проведения визуально-измерительного контроля (а) и ультразвукового контроля (б) сварных швов

Для проведения визуально-измерительного контроля применяется набор, представленный на рисунке 8-а. Для проведения ультразвукового контроля применяется ультразвуковой дефектоскоп, представленный на рисунке 8-б.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

При анализе стали 09Г2С конструкции рассмотрены особенности и затруднения при его сварке. Эти особенности будут учтены при построении проектной технологии ремонтной сварки и выборе параметров режима сварочных материалов.

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков.

Первым недостатком является значительная зависимость качества сварочных работ от квалификации сварщика. Поскольку наплавленный слой имеет особый химический состав, от сварщика требуется понимание металлургических и химических процессов, протекающих при наплавке и термической обработке деталей.

Вторым недостатком следует признать, что при ручной дуговой сварке ожидается неудовлетворительное качество наплавленного слоя. Это происходит по причине перехода элементов из основного металла в сварной шов, в результате чего снижаются прочностные свойства и износостокость.

Третьим недостатком следует признать набор критических недостатков, присущих ручной дуговой сварке: низкая производительность, тяжёлые условия труда сварщика, повышенный расход электродного материала вследствие угара и разбрызгивания.

Четвёртым недостатком следует признать опасность деформации конструкции вследствие её перегрева при сварке. Повышение же жёсткости конструкции может в свою очередь привести к образованию холодных и горячих трещин.

На основании проведённого ранее анализа состояния вопроса и источников научно-технической информации в первом разделе выпускной квалификационной работы были сформулированы её задачи.

Первой задачей является обоснование выбора способа ремонтной сварки конструкции. Для этого необходимо выполнить анализ преимуществ

и недостатков рассматриваемых способов и выполнить выбор с учётом выставленных экспертных оценок.

Второй задачей является анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности ремонтной сварки рассматриваемой конструкции.

Третьей задачей является построение проектной технологии ремонтной сварки конструкции, для чего необходимо привести перечень операций, назначить параметры режима, выбрать основное и вспомогательное оборудование.

При выполнении разделов оценочного блока выпускной квалификационной работы предстоит решение ещё двух задач.

Во-первых, необходимо будет оценить предлагаемые технологические решения на предмет экологической безопасности и охраны труда. Далее предстоит назначить средства и мероприятия по обеспечению установленных нормативов по безопасности технологических процессов для персонала и окружающей среды [6], [8].

Во-вторых, предстоит выполнить экономические расчёты по затратам на осуществление базовой и проектной технологий, на основании которых следует сделать вывод о экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений [15], [16].

2 Проектная технология ремонтной сварки несущих конструкций грузоподъемной техники

2.1 Предварительный выбор способов ремонтной сварки

Обоснованный выбор способа сварки предполагает работу в несколько этапов [26].

На первом этапе перечисляются все способы сварки, которые позволяют получить качественное соединение рассматриваемого материала. Ремонтная сварка несущих конструкций из низколегированных сталей может выполняться такими способами, как:

- «ручная дуговая сварка;
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов;
- механизированная сварка порошковой проволокой в среде защитных газов;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой;
- сварка в инертных газах неплавящимся электродом
- сварка под флюсом;
- плазменная сварка;
- лазерная сварка» [3].

На втором этапе следует выбрать способы, которые целесообразно использовать для рассматриваемой толщины деталей. В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается случай сварки деталей толщиной 8...14 мм. Исходя из этого целесообразно применять такие способы сварки, как:

- «ручная дуговая сварка;
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов;

- механизированная сварка порошковой проволокой в среде защитных газов;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой;
- сварка в инертных газах неплавящимся электродом;
- сварка под флюсом» [3].

На третьем этапе необходимо оценить протяжённость, конфигурацию и пространственное положение сварных швов. В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается случай сварки стыковых соединений в различных пространственных положениях. Длина шва составляет порядка ста миллиметров. На основании этого целесообразными следует признать такие способы:

- «ручная дуговая сварка;
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов;
- механизированная сварка порошковой проволокой в среде защитных газов;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой;
- сварка в инертных газах неплавящимся электродом» [3].

На четвёртом этапе следует выбрать способы с учётом повышения производительности, отдавая предпочтение механизированным и автоматическим способам. В условиях выполнения ремонтной сварки могут быть эффективны и ручные способы сварки. Исходя из этого, для окончательного анализа выбираем способы:

- «ручная дуговая сварка;
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов;
- механизированная сварка порошковой проволокой в среде защитных газов;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой» [3].

2.2 Обоснование выбора способа ремонтной сварки

На основании анализа исходных условий проведения ремонтной сварки были выбраны такие способы, как:

- ручная дуговая сварка;
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов;
- механизированная сварка порошковой проволокой в среде защитных газов;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой.

Далее следует привести оценочную характеристику каждого способа, выполнить его экспертную оценку и по максимальному числу баллов выбрать способ сварки для построения проектной технологии.

Ручная дуговая сварка, схема выполнения которой представлена на рисунке 9, может быть признана самым распространенным способом в настоящее время. Это объясняется такими преимуществами, как [2], [3], [5]:

- оборудование для ручной дуговой сварки по сравнению с оборудованием для других способов сварки обладает дешевизной и простотой;
- применение ручной дуговой сварки не требует приобретения нового сварочного оборудования и может быть осуществлено имеющимися на предприятии средствами;
- при построении технологического процесса, использующего ручную дуговую сварку, отсутствует необходимость в получении специальных знаний.

Ручная дуговая сварка постепенно сдаёт свои позиции в общем объёме работ, выполняемых в мире при производстве и ремонте сварных конструкций. Это обусловлено её критическими недостатками [2], [3], [5]:

- повышенный расход дорогостоящих электродов из-за разбрызгивания, угара и огарков;

- низкая производительность ручной дуговой сварки, которая оказывается критичной при большом объеме выполняемых работ. В настоящее время ручная дуговая сварка и наплавка исчерпали свои резервы повышения эффективности за счёт оптимизации параметров режима, дальнейшее форсирование режимов наплавки и сварки не представляется возможным;
- низкую стабильность качества, которая получается вследствие пористости, непроваров и трещин;
- вредные условия труда сварщика, которому приходится выполнять сварку в атмосфере сварочного аэрозоля.

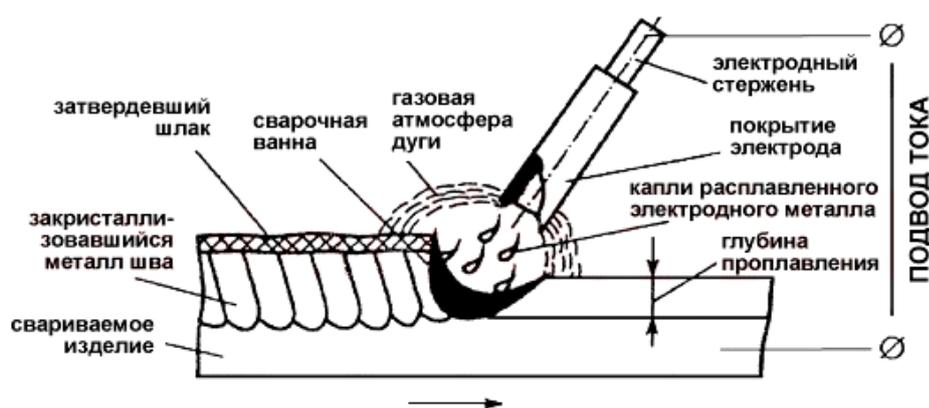
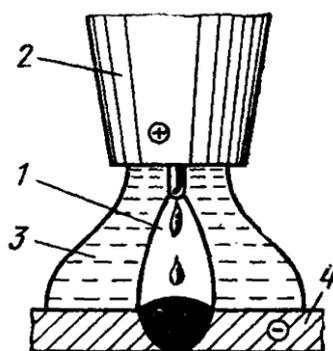


Рисунок 9 – Схема процесса ручной дуговой сварки штучными электродами

В качестве альтернативы ручной дуговой сварки выступает механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах. Схема выполнения механизированной сварки в защитных газах представлена на рисунке 10. Преимуществами этого способа сварки являются [19], [20]:

- при сварке в углекислом газе наблюдается повышение вязкости расплавленного металла по сравнению со сваркой порошковой проволокой и ручной дуговой сваркой. В результате упрощается сварка в различных пространственных положениях;
- высокая производительность процесса, которая существенно выше, чем при ручной дуговой сварке;

- отсутствие шлаковой корки, которую не нужно сбивать при выполнении многослойной сварки. Это позволяет повысить производительность и качество сварочных работ;
- проволока сплошного сечения по сравнению с порошковой проволокой обладает значительной стойкостью против заломов, поэтому механизм подачи проволоки сплошного сечения значительно проще, чем при сварке порошковой проволокой.



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

Рисунок 10 – Схема процесса сварки в среде защитных газов плавящимся электродом

Недостатками механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах являются:

- увеличение разбрызгивания электродного металла при переходе на формованные режимы сварки. Это ограничивает производительность работ, заставляя уменьшать величину сварочного тока;
- наличие баллонов со сжатым газом и газового оборудования, которые затрудняют перемещения сварщика и сварочного оборудования по сравнению с ручной дуговой сваркой. При этом качественная защита металла дуги и сварочной ванны не обеспечивается при работе на открытом воздухе, если есть ветер;
- пониженная пластичность наплавленного металла, что может стать причиной образования трещин в сварном шве.

Значительные преимущества при построении технологии ремонтной сварки могут быть предоставлены сваркой самозащитной порошковой проволокой, схема выполнения которой приведена на рисунке 11. Как показала практика использования этого способа сварки, она оказывается особенно эффективной именно при выполнении работ на монтаже и ремонте металлических конструкций [6], [18].



Рисунок 11 – Схема сварки самозащитной порошковой проволокой

В числе преимуществ сварки самозащитными порошковыми проволоками можно обозначить [7], [21], [29]:

- при работе на открытом воздухе обеспечивается лучшая защита сварного шва по сравнению со сваркой в защитном газе;
- существенно повышается мобильность сварочного поста, так как при сварке не требуется применение газовой аппаратуры, это преимущество может оказаться определяющим при построении технологии ремонта и монтажа;
- сварка порошковыми проволоками позволяет получить большую производительность по сравнению с ручной дуговой сваркой и сваркой в защитном газе.

В качестве недостатков сварки самозащитной порошковой проволокой следует отметить [29]:

- расплавленный шлак обладает повышенной текучестью, что повышает опасность образования при сварке порошковой проволокой шлаковых включений, что особенно проявляется при сварке в узкую разделку и, в частности, при выполнении корневого слоя шва;
- сварка многопроходных швов с использованием порошковой проволоки может существенно замедлиться из-за необходимости отбивания шлака;
- затруднена или практически невозможна сварка порошковой проволокой в вертикальном и потолочном положениях из-за высокой текучести расплавленного металла;
- порошковая проволока, в отличие от проволоки сплошного сечения, имеет высокую склонность к заломам и застреванию в подающих механизмах.

На основании источников научно-технической информации [3] были выбраны критерии для проведения экспертной оценки альтернативных способов ремонтной сварки:

- «стоимость сварочного и вспомогательного оборудования;
- производительность рассматриваемого способа сварки;
- стабильность качества выполнения сварных соединений;
- условия труда сварщика и расходы на безопасность труда;
- маневренность сварочного оборудования при выполнении сварки;
- экономичность рассматриваемого способа сварки» [25].

Суммарное число баллов составило 11 – для ручной дуговой сварки, 12 – для сварки самозащитной порошковой проволокой и 13 – для механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Принято решение использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

2.3 Повышение эффективности выбранного способа сварки

Формирование капли расплавленного металла происходит под совокупным действием нескольких сил, которые имеют различную природу. Первой такой силой является сила тяжести, которая действует на протяжении всего времени при формировании и движении капли. Второй силой является электродинамическая сила. Третьей силой является сила поверхностного натяжения при касании расплавленной капли сварочной ванны. Четвёртой силой является давление газов, которые испаряются с поверхности капли расплавленного металла. Пятой силой является давление потоков плазмы на поверхность капли расплавленного металла. Перечисленные силы отвечают за формирование нескольких видов переноса электродного металла при сварке и наплавке:

- «крупнокапельный перенос с короткими замыканиями,
- крупнокапельный перенос без коротких замыканий,
- среднекапельный перенос без коротких замыканий,
- струйный перенос» [19], [20].

Для повышения эффективности дуговой сварки следует рассмотреть такое перспективное направление, как исследование технологических возможностей сварочной дуги с импульсным управлением электрическими параметрами. Импульсное горение дуги:

- «обеспечить направленный перенос электродного металла при сварке;
- существенно уменьшить потери металла на угар и разбрызгивание;
- повысить стабильность качества сварных швов и их внешний вид» [14].

На диаграмме, представленной на рисунке 12, «показаны основные параметры и воздействия, которые определяют тип переноса электродного металла при сварке. К этим параметрам и воздействиям относят состав защитного газа, источник питания дуги, механизм подачи сварочной

проволоки, состав электродной проволоки, производственные возмущения» [28].



Рисунок 12 – Схема основных параметров сварочного процесса, воздействующих на перенос металла электрода [29]

Перспективным следует признать направление, предусматривающее разработку импульсных источников питания сварочной дуги, применение которых позволяет:

- «обеспечить направленный перенос электродного металла при сварке;
- возможность получения качественных соединений при сварке во всех пространственных положениях;
- существенно уменьшить потери металла на угар и разбрызгивание;
- повысить стабильность качества сварных швов и их внешний вид» [7].

Для импульсной сварки предлагается устройство, разработанное отечественными исследователями [1], представленное на рисунке 13.

«В процессе сварки при плавлении электродной проволоки на её конце образуется капля расплавленного металла, при касании этой капли металла сварочной ванны происходит короткое замыкание. В начале короткого замыкания силовой тиристор 3 переходит в открытое состояние. При этом

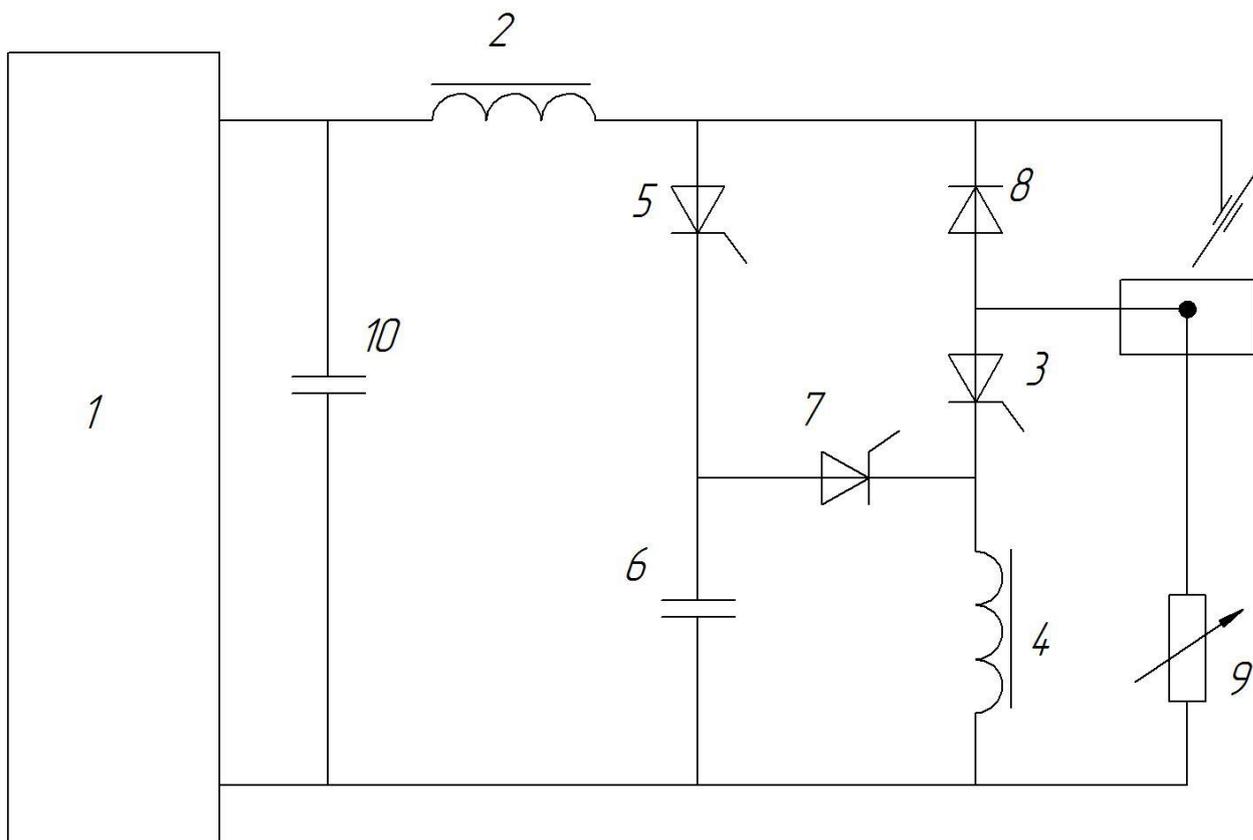
ток короткого замыкания протекает по цепи: плюс сварочного выпрямителя 1 – сглаживающий дроссель 2 – сварочная дуга – силовой тиристор 3 – коммутирующий дроссель 4 – минус сварочного выпрямителя 1.

При достижении переключки критических размеров в открытое состояние переходит зарядный тиристор 5. С этого момента начинается протекание зарядного тока по цепи: плюс сварочного выпрямителя 1 – сглаживающий дроссель 2 – зарядный тиристор 5 – коммутирующий конденсатор 6 – минус сварочного выпрямителя 1.

При нахождении зарядного тиристора 5 в открытом состоянии ток через расплавленную переключку уменьшается, что устраняет разбрызгивание при взрыве переключки. После окончания заряда коммутирующего конденсатора 6 зарядный тиристор 5 выключается. После этого энергия, запасённая в сглаживающем дросселе 2, выделяется на дуговом промежутке и способствует образованию новой капли расплавленного металла на конце электрода» [1].

«После образования на торце сварочной проволоки необходимого объёма расплавленного металла происходит открытие вспомогательного тиристора 7. После этого подаётся напряжение на коммутирующий дроссель 4 от клемм коммутирующего конденсатора 6. В результате этого силовой тиристор 3 закрывается. Далее из-за перезаряда коммутирующего конденсатора 6 закрывается вспомогательный тиристор 7.

После этого через сварочную цепь протекает ток паузы, который проходит по цепи: положительная клемма сварочного выпрямителя 1 – входы сглаживающего дросселя 2 – дуга – входы секционированного резистора 9 – отрицательная клемма сварочного выпрямителя 1. Значение тока паузы определяется параметрами секционированного резистора 9» [1].



«1 - сварочный выпрямитель, 2 - сглаживающий дроссель, 3 - силовой тиристор, 4 - коммутирующий дроссель, 5 - зарядный тиристор, 6 - коммутирующий конденсатор, 7 - вспомогательный тиристор, 8 - диод, 9 - секционированный резистор, 10 - фильтрующий конденсатор» [1]

Рисунок 13 – Устройство для импульсной сварки

Предлагаемый способ импульсной сварки позволяет:

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

2.4 Описание операций технологического процесса ремонтной сварки

Первая операция – определение границ трещины.

В месте предполагаемого залегания трещины следует выполнить зачистку основного металла на ширину 20...25 мм, удаляя краску и загрязнения. Для этого применяется шлифовальная машинка и металлическая щётка.

Следует визуально определить наличие трещины в конструкции, её границы и глубину залегания. Для выявления границ трещины могут быть применены такие способы дефектоскопии, как магнитная дефектоскопия, применение проникающих растворов и т.д.

Определение границ залегания трещины может быть выполнено при помощи пламени газовой горелки. При этом допускается разогрев основного металла до температуры 100...150 °С.

Вторая операция – засверливание концов трещины.

После того, как расположение концов трещины определено, необходимо засверлить концы трещины сверлом диаметром 8...12 мм. При засверливании концов трещины центр отверстия должен располагаться на расстоянии от конца в половину диаметра сверла.

Для засверливания концов трещины применяется сверлильный станок на магнитной плите Rotabroach ELEMENT 30, представленный на рисунке 4.

Третья операция – разделка кромок.

Разделку выполняют с применением аппарата воздушно-плазменной строжки «Стриж», представленного на рисунке 5-а. В качестве источника питания применим ДС 120П.33 производства «Технотрон» (Россия), который представлен на рисунке 5-б.

Параметры плазменной строжки:

- давление газа 4 атм.,
- сила тока 120...130 А,

- напряжение 170...180 В,
- скорость реза 0,6...0,7 м/мин.

При выполнении разделки несквозной трещины необходимо удалять металл на глубину, превышающую залегание трещины на 1...2 мм, и на длину, превышающую длину залегания трещины на 15...20 мм.

Разделку кромок проводят по длине трещины под сварной шов С17 согласно ГОСТ 14771-78, как показано на рисунке 14. После разделки кромок следует провести зачистку зоны разделки кромок. Для её выполнения применяют шлифовку места сварки, которая выполняется с применением шлифовальной машины МШУ-1-6-230, представленной на рисунке 15.

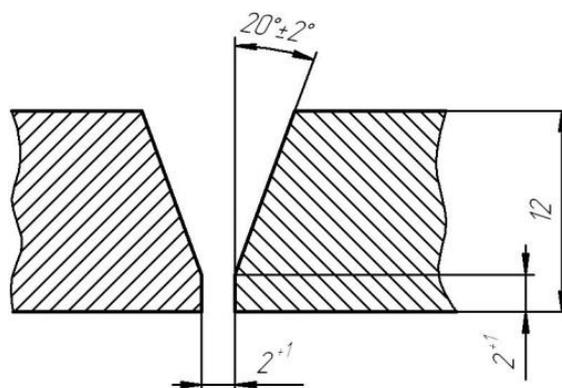


Рисунок 14 – Разделка дефектного места на конструкции согласно ГОСТ 14771-78 (С17)



Рисунок 15 – Угловая шлифмашина МШУ-1-6-230

Четвёртая операция – заполнение разделки трещины.

Для питания сварочной дуги применяется выпрямитель ВДУ-506, который представлен на рисунке 16-а. Для подачи сварочной проволоки предложено использовать полуавтомат ПДГ-525, который представлен на рисунке 16-б. Геометрия сварного шва представлена на рисунке 17.

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. Расход углекислого газа при сварке принят 1,0...1,4 м³/ч.



а)



б)

Рисунок 16 – Оборудование для заполнения разделки трещины: источник сварочного тока ВДУ-506 (а) и механизм подачи сварочной проволоки ПДГ-525 (б)

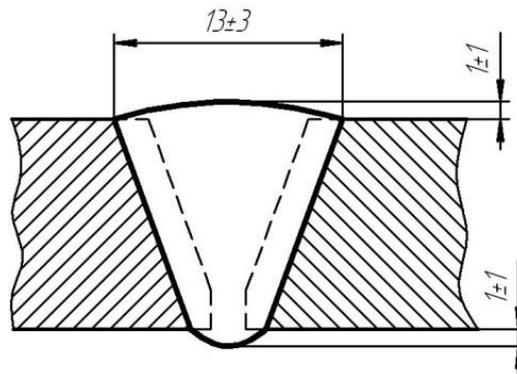


Рисунок 17 – Геометрия получившегося при сварке шва

После выполнения заварки трещины необходимо выполнить зачистку поверхности сварного шва заподлицо с основным металлом. При этом следует соблюдать направление рисок от шлифовки, которые должны располагаться вдоль предполагаемых силовых воздействий.

Для выполнения ремонтной сварки применяется проволока Св-08Г2СВ и углекислый газ, представленные на рисунке 18.

Для того, что стабилизировать качество выполнения сварного шва и повысить технологические свойства проволоки, её поверхность покрывают слоем меди, который образует гладкую поверхность. Толщина слоя меди на поверхности проволоки должна быть не менее 0,15 мкм, при этом медное покрытие должно крепко сцепляться с проволокой.

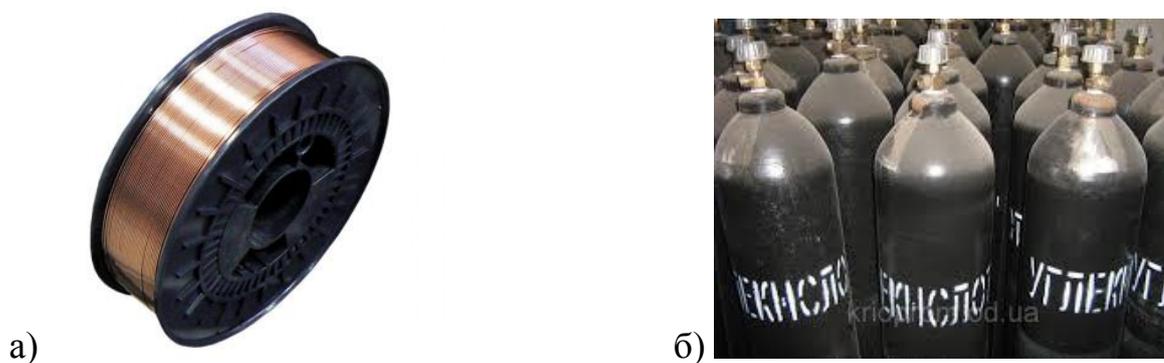


Рисунок 18 – Сварочные материалы: проволока Св-08Г2СW (а) и баллоны с углекислым газом (б)

Пятая операция – контроль качества сварки.

После заварки трещины необходимо выполнить контроль качества. Сразу после сварки выполняют визуальный контроль, объём которого составляет 100 % поверхности шва. При этом применяется лупа с 4-х кратным увеличением. Недопустимы следующие дефекты:

- «занижение или завышение размера сварного шва,
- резкий переход от сварного шва к основному металлу,
- наплывы,
- незаполнение разделки шва,
- подрезы основного металла более 1 мм,
- непровар корня шва глубиной более 3 мм,
- незаваренные кратеры,
- грубая чешуйчатость,
- трещины всех видов и направлений,
- поверхностные раковины и поры диаметром более 1,5 мм» [13].

Выводы по второму разделу

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности сварочных операций при ремонте металлических конструкций мостового крана.

На основании проведённого ранее анализа состояния вопроса и источников научно-технической информации в первом разделе выпускной квалификационной работы были сформулированы её задачи.

Первой задачей является обоснование выбора способа ремонтной сварки конструкции. Для этого необходимо выполнить анализ преимуществ и недостатков рассматриваемых способов и выполнить выбор с учётом выставленных экспертных оценок.

Второй задачей является анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности ремонтной сварки рассматриваемой конструкции.

Третьей задачей является построение проектной технологии ремонтной сварки конструкции, для чего необходимо привести перечень операций, назначить параметры режима, выбрать основное и вспомогательное оборудование.

Решая первую задачу, проведён анализ возможных способов ремонтной сварки рассматриваемой конструкции. Были приняты к рассмотрению следующие способы: ручная дуговая сварка, механизированная сварка в защитных газах плавящейся проволокой, механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой. На основании экспертной оценки рассмотренных способов ими были получены суммарные баллы: Суммарное число баллов составило 11 – для ручной дуговой сварки, 12 – для сварки самозащитной порошковой проволокой и 13 – для механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах. Принято решение использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Решая вторую задачу, на основании анализа источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности ремонтной сварки предложено использовать импульсное управление сварочной дугой. Для этого предлагается применить разработку отечественных исследователей-сварщиков.

Решая третью задачу, была построена проектная технология ремонтной сварки элементов несущей конструкции крана. Для осуществления проектной технологии предложено соответствующее оборудование, назначены параметры режима и материалы.

Далее следует выполнить оценочный блок выпускной квалификационной работы.

Во-первых, необходимо будет оценить предлагаемые технологические решения на предмет экологической безопасности и охраны труда. Далее предстоит назначить средства и мероприятия по обеспечению установленных нормативов по безопасности технологических процессов для персонала и окружающей среды.

Во-вторых, предстоит выполнить экономические расчёты по затратам на осуществление базовой и проектной технологий, на основании которых следует сделать вывод о экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.

3 Экологическая экспертиза результатов выпускной квалификационной работы

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности ремонтной сварки при восстановлении несущих конструкций грузоподъемной техники, в частности, элементов мостовых кранов.

При выполнении базовой технологии предусматривается применение ручной дуговой сварки штучными электродами. Проектная технология ремонтной сварки применение механизированной сварки в защитных газах с импульсным управлением сварочной дугой.

При выполнении проектной технологии предусмотрены следующие операции технологического процесса:

- подготовка трещины;
- разделка кромок;
- сварка;
- контроль качества.

Изменение технологии сборки и сварки сопровождается изменением опасных и вредных производственных факторов, которые оказывают негативное воздействие на персонал и окружающую среду. Поэтому в настоящем разделе выпускной квалификационной работы предстоит выполнить идентификацию опасных и вредных производственных факторов, оценить их влияние и предложить меры по защите от них персонала.

Паспорт объекта представлен в таблице 4. Предстоящий анализ позволит устранить возникающие профессиональные риски.

Таблица 4 – Технологический паспорт участка ремонтной сварки

| «Составляющая технологический процесс операция» | Должность работника, который выполняет технологическую операцию | Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции | Вспомогательные материалы и вещества» [6], [8] |
|---|---|---|---|
| 1. «Зачистка трещины от грязи и краски | - слесарь-сборщик, - дефектоскопист | - машина угловая шлифовальная, - магнитный сверлильный станок | - СОЖ, - круги абразивные, - рукавицы, - ветошь |
| 2. Разделка кромок трещины | - слесарь-сборщик, - дефектоскопист | - выпрямитель дуговой сварки ВДУ-506, аппарат для воздушно-плазменной резки Powermax 125 | - щётка металлическая, - вода техническая |
| 3. Заполнение разделки трещины | электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах | - выпрямитель дуговой сварки ВДУ-506, - формирователь импульсов сварки, - сварочный полуавтомат ПДГ-525 | - сварочная проволока Св-08Г2СМТ, - лигосульфат, - углекислый газ |
| 4. Контроль качества ремонтной сварки» [3] | дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю | - дефектоскоп, - лупа, - шаблон сварщика | - керосин, - мел, - масло |

Технологический паспорт объекта – участка для проведения ремонтной сварки – позволяет разделить технологический процесс по операциям и указать для каждой операции применяемое оборудование. Также для каждой операции указывается привлекаемый персонал, который может оказаться под негативным воздействием опасных и вредных факторов, сопровождающих выполнение данной операции технологического процесса.

Дальнейшие работы будут направлены на идентификацию персональных рисков, для устранения которых будут предложены технологические и организационные мероприятия. Также будут предложены работы по обеспечению пожарной и экологической безопасности производства.

Также анализ проектной технологии позволит выявить негативные факторы, влияние которых на атмосферу, гидросферу и литосферу следует устранить в рамках повышения экологической ответственности.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Профессиональные заболевания и травмы работников, которые были задействованы при выполнении проектного технологического процесса, возникают в результате негативного действия факторов, являющихся профессиональными рисками. При этом воздействия, вызывающие резкое ухудшение состояния человека, травмы и гибель, относятся к опасным производственным факторам. Воздействия, вызывающие появление у работников хронических заболеваний, относятся к вредным производственным факторам.

Для того, чтобы выделить и выполнить оценку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих реализацию проектной технологии, необходимо рассмотреть каждую операцию, как показано в таблице 5.

На основании данных таблицы 5 были указаны следующие опасные и вредные производственные факторы:

- «наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев;
- механические взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования;
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам;
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока;
- нагрев поверхности деталей до высоких температур;
- инфракрасное излучение;
- ультрафиолетовое излучение;
- ультразвуковое излучение» [6], [8].

Таблица 5 – Идентификация профессиональных рисков

| «Операция технологического процесса» | Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни | Источник негативного фактора» [8] |
|--------------------------------------|---|---|
| Зачистка трещины от грязи и краски | <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; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | <ul style="list-style-type: none"> - машина угловая шлифовальная, - магнитный сверлильный станок |
| Разделка кромок 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"> - выпрямитель дуговой сварки ВДУ-506, аппарат для воздушно-плазменной резки Powermax 125 |
| Заполнение разделки 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; - 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"> - выпрямитель дуговой сварки ВДУ-506, - формирователь импульсов сварки, - сварочный полуавтомат ПДГ-525 |
| Контроль качества ремонтной сварки | <ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - ультразвуковое излучение | <ul style="list-style-type: none"> - дефектоскоп, - лупа, - шаблон сварщика |

В результате дальнейшего анализа перечисленных негативных факторов могут быть предложены стандартные решения, позволяющие уменьшить их влияние на работающий персонал до приемлемого уровня.

Данные из таблицы 5 позволят в дальнейшем предложить меры по защите от профессиональных рисков.

3.3 Предлагаемые меры по уменьшению воздействия на персонал негативных производственных факторов

Ранее были выделены опасные и вредные производственные факторы, которые оказывают негативное воздействие на работающий персонал в ходе выполнения каждой операции проектного технологического процесса.

Для каждого такого фактора на основании литературного анализа источников [6], [8] могут быть предложены стандартные решения, которые представлены в виде технических средств и организационных мероприятий. Эти средства представлены в таблице 6, их грамотное применение позволяет устранить действие негативных факторов или уменьшить его до приемлемого уровня.

Для уменьшения профессиональных рисков предлагается:

- проведение инструктажа персонала по вопросам обеспечения безопасности труда;
- применение специальных табличек и плакатов, сигнализирующих об опасности;
- оснащение оборудования защитной блокировкой;
- установка ограждений, препятствующих несанкционированному проникновению в опасную зону;
- установка устройств общеобменной и местной вентиляции рабочего пространства;
- применение устройств защитного отключения электропитания оборудования;
- применение защитного заземления и зануления оборудования;
- контроль состояния защитных устройств и изоляции;
- инструктаж по электробезопасности;
- установка защитных экранов, снижающих интенсивность излучения;
- автоматизация технологических процессов.

Таблица 6 – Мероприятия по устранению негативных производственных факторов при проведении ремонтной сварки деталей машин

| «Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни | Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора | Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов» [6], [8] |
|--|---|---|
| наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев | <ul style="list-style-type: none"> - проведение инструктажа персонала по вопросам обеспечения безопасности труда; - применение специальных табличек и плакатов, сигнализирующих об опасности; - оснащение оборудования защитной блокировкой | Оснащение рабочего персонала специальной одеждой |
| механическое взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования | <ul style="list-style-type: none"> - установка ограждений, препятствующих несанкционированному проникновению в опасную зону; - применение специальных табличек и плакатов, сигнализирующих об опасности; - оснащение оборудования защитной блокировкой | Оснащение рабочего персонала специальной одеждой |
| превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам | - установка устройств общеобменной и местной вентиляции рабочего пространства | Оснащение рабочего персонала специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты |
| опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока | <ul style="list-style-type: none"> - применение устройств защитного отключения электропитания оборудования; - применение защитного заземления и зануления оборудования; - контроль состояния защитных устройств и изоляции; - инструктаж по электробезопасности | Оснащение рабочего персонала специальной одеждой |
| нагрев поверхности деталей до высоких температур | <ul style="list-style-type: none"> - автоматизация технологических процессов; - инструктаж персонала | Оснащение рабочего персонала специальной одеждой |
| инфракрасное излучение | - установка защитных экранов, снижающих интенсивность излучения | Оснащение рабочего персонала специальной одеждой |
| ультрафиолетовое излучение | - установка защитных экранов, снижающих интенсивность излучения | Оснащение рабочего персонала специальной одеждой |
| ультразвуковое излучение | ограничение длительности воздействия вредного фактора на персонал | Оснащение рабочего персонала специальной одеждой |

Представленные в таблице технические средства и организационные мероприятия направлены на снижение травматизма работников производства и уровня профессиональных заболеваний.

Однако реализация проектной технологии не только сопровождается появлением опасных и вредных производственных факторов, но и риском образования пожаров, в результате которых могут пострадать как сами работники, так и имущество предприятия.

Исходя из этого, дальнейшие работы при выполнении настоящего раздела выпускной квалификационной работы направим в сторону обеспечения пожарной безопасности.

3.4 Пожарная безопасность на производстве

Проектная технология, предложенная в настоящей выпускной квалификационной работе, является источником возникновения рисков образования пожара. Для устранения этих рисков следует предложить технические средства и организационные мероприятия. Также следует рассмотреть возможность устранения пожара, если он всё-таки возникнет на предприятии, несмотря на принятые меры.

В качестве основных негативных факторов возможного пожара следует отметить: пламя и искры, тепловой поток, повышенную температуру окружающей среды, повышенную концентрацию токсичных продуктов горения и термического разложения, уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму.

В качестве сопутствующих проявлений пожара следует отметить: негативное влияние используемых при тушении пожара химикатов на оборудование и персонал, порчу электрического оборудования вследствие нарушения целостности изоляции и короткого замыкания.

В таблице 7 представлена идентификация факторов пожара.

Предлагаемые мероприятия представлены в таблице 8.

Таблица 7 – Класс пожара и идентификация его негативных факторов

| Участок, подразделение | Оборудование | Класс пожара | Опасные факторы пожара | Сопутствующие проявления факторов пожара |
|---|---|--|---|--|
| Производственный участок с установленным на нём технологическим оборудованием | Станок токарно-винторезный, автомат сварочный, источник питания сварочной дуги, электропечь, подъёмный кран | «Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [6] | Пламя и искры, тепловой поток, повышенную температуру окружающей среды, повышенную концентрацию токсичных продуктов горения и термического разложения, уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму | негативное влияние используемых при тушении пожара химикатов на оборудование и персонал, порчу электрического оборудования вследствие нарушения целостности изоляции и короткого замыкания |

Таблица 8 – Предлагаемые организационные мероприятия по снижению риска возникновения пожаров на предприятии

| «Наименование технологического процесса» | Реализуемое организационное или техническое мероприятие | Требования по обеспечению пожарной безопасности» [6] |
|---|--|--|
| Проведение ремонтной сварки при устранении трещин | - Проведение «ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. - Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими» [8] | - Для ограничения разлёта искр при пожаре необходимо оснастить участок специальными защитными экранами. - На участке должны в достаточном количестве находиться первичные средства пожаротушения. |

Для обеспечения пожарной безопасности рассматриваемого производственного участка предлагается применение средств, представленных в таблице 9. Эти средства должны быть размещены на производственном участке в доступных для персонала местах и содержаться в исправном состоянии.

Таблица 9 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

| | | | | |
|--|---|--|--------------------------------------|--|
| «Первичные средства для тушения | Мобильные средства для тушения | Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре | Пожарный инструмент | Пожарные сигнализация, связь и оповещение. |
| Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители. | Специализированные расчеты (вызываются) | План эвакуации | Ведро конусное, лом, лопата штыковая | Кнопка оповещения» [19] |

Таким образом, предложенные в выпускной квалификационной работе мероприятия позволяют уменьшить риск возникновения пожара на предприятии при реализации проектной технологии.

3.5 Экологическая безопасность проектной технологии

При реализации предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений возникают не только опасные и вредные производственные факторы, но происходит негативное воздействие на окружающую среду. Борьбе с опасными и вредными производственными факторами посвящена предыдущая часть раздела. Устранению негативных антропогенных воздействий посвящена настоящая часть раздела. Необходимость повышения экологической ответственности предприятий повышает актуальность экологической повестки и заставляет принимать меры по защите атмосферы, гидросферы и литосферы.

Негативные факторы, действие которых на окружающую среду возможно при реализации проектной технологии, представлены в таблице 10.

Действие негативных факторов производства на атмосферу, гидросферу и литосферу следует уменьшить, для чего предусмотрены мероприятия, приведённые в таблице 11.

Таблица 10 – Идентификация негативных экологических факторов проектной технологии

| Технологический процесс | Операции, технологического процесса | Негативные факторы проектной технологии, которые отрицательно влияют на окружающую среду | | |
|---|-------------------------------------|--|----------------------------|---|
| | | в атмосфере | в гидросфере | в литосфере |
| Проведение ремонтной сварки при устранении трещин | Зачистка трещины от грязи и краски | вредные испарения | масло, химикаты от проявки | отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор |
| | Разделка кромок трещины | вредные испарения | масло, химикаты от проявки | отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор |
| | Заполнение разделки трещины | вредные испарения | масло, химикаты от проявки | отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор |
| | Контроль качества ремонтной сварки | вредные испарения | масло, химикаты от проявки | отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор |

Таблица 11 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

| | |
|---|---|
| Наименование технического объекта | Производственный участок сварки с установленным на нём технологическим оборудованием |
| За счёт чего снижается антропогенное действие на атмосферу | «Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [6] |
| За счёт чего снижается антропогенное действие на гидросферу | «Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [6] |
| За счёт чего снижается антропогенное действие на литосферу | «На производственном участке необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора» [6] |

Таким образом, предложенные мероприятия позволяют уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

Выводы по экологическому разделу

В выполнении исполнительского раздела выпускной квалификационной работы была составлена технология ремонтной сварки при устранении трещин в стенке ковша экскаватора. В настоящем разделе выпускной квалификационной работе выполнен анализ предлагаемых технологических решений на предмет безопасности труда, пожарной безопасности и экологической безопасности.

Реализация проектной технологии приводит к появлению опасных и вредных производственных факторов, идентификация которых позволила предложить стандартные технические и организационные решения.

Идентификация опасных факторов пожара на рассматриваемом предприятии позволила предложить мероприятия и технические решения по устранению опасности возгорания. Также в настоящем разделе предложены средства борьбы с пожаром, если он все-таки произошёл несмотря на принятые меры.

В ходе выполнения экологического раздела установлено, что осуществление проектной технологии приводит к негативному антропогенному воздействию на окружающую среду. При этом страдают атмосфера, гидросфера и литосфера. Предлагаемые в работе мероприятия позволят соответствовать предприятию современной экологической повестке и свести к минимуму вред окружающей среде.

Таким образом, предложенные в исполнительском разделе выпускной квалификационной работы технические решения не несут недопустимых профессиональных рисков и не оказывают недопустимого антропогенного действия на окружающую среду.

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений

4.1 Исходные данные для выполнения расчётов по экономической эффективности

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности ремонтной сварки при восстановлении несущих конструкций мостовых кранов.

При выполнении базовой технологии предусматривается применение ручной дуговой сварки штучными электродами, которая имеет недостатки:

- повышенный расход дорогостоящих электродов из-за разбрызгивания, угара и огарков;
- низкая производительность ручной дуговой сварки, которая оказывается критичной при большом объёме выполняемых работ. В настоящее время ручная дуговая сварка и наплавка исчерпали свои резервы повышения эффективности за счёт оптимизации параметров режима, дальнейшее форсирование режимов наплавки и сварки не представляется возможным;
- низкую стабильность качества, которая получается вследствие пористости, непроваров и трещин;
- вредные условия труда сварщика, которому приходится выполнять сварку в атмосфере сварочного аэрозоля.

Проектная технология ремонтной сварки применение механизированной сварки в защитных газах с импульсным управлением сварочной дугой.

Таким образом, для выполнения экономических расчётов по оценке эффективности проектной технологии следует свести в таблицу 12 исходные данные по базовому и проектному вариантам технологии.

Таблица 12 – Исходные данные для экономической оценки эффективности проектной технологии по сравнению с базовой технологией

| Наименование параметра экономической характеристики | Условное обозначение в расчётах | Единица измерения | Значение параметра экономической характеристики | |
|--|---------------------------------|-------------------|---|----------------------|
| | | | Базовая технология | Проектная технология |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| «Число рабочих смен в сутках | $K_{см}$ | - | 1 | 1 |
| Разряд работников | P_p | - | V | V |
| Часовая тарифная ставка | $Cч$ | Р/час | 200 | 200 |
| Коэффициент доплат | $K_{доп}$ | % | 12 | 12 |
| Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП | K_d | - | 1,88 | 1,88 |
| Коэффициент отчислений на социальные нужды | $K_{сн}$ | % | 34 | 34 |
| Коэффициент выполнения нормы | $K_{вн}$ | - | 1,1 | 1,1 |
| Стоимость оборудования | $Ц_{об}$ | руб. | 100 тыс. | 400 тыс. |
| Норма амортизации оборудования | K_a | % | 21,5 | 21,5 |
| Мощность оборудования | $M_{уст}$ | кВт | 12 | 20 |
| Коэффициент транспортно-заготовительных расходов | $K_{т-з}$ | % | 5 | 5 |
| Стоимость электрической энергии | $Ц_{э-э}$ | Р/ кВт | 3,2 | 3,2 |
| Коэффициент полезного действия | $K_{пд}$ | - | 0,7 | 0,7 |
| Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования | $K_{мон}$ $K_{дем}$ | % | 3 | 5 |
| Площадь под оборудование | S | m^2 | 1000 | 1000 |
| Стоимость эксплуатации площадей | $C_{эксп}$ | $(P/m^2)/год$ | 2000 | 2000 |
| Цена производственных площадей | $Ц_{пл}$ | P/m^2 | 30000 | 30000 |
| Норма амортизации площади | На.пл. | % | 5 | 5 |
| Коэффициент дополнительной производственной площади | $K_{пл}$ | - | 3 | 3 |
| Коэффициент эффективности капитальных вложений | E_n | - | 0,33 | 0,33 |
| Коэффициент цеховых расходов | $K_{цех}$ | - | 1,5 | 1,5 |
| Коэффициент заводских расходов» [15] | $K_{зав}$ | - | 1,15 | 1,15 |

При расчётах предстоит определить фонд времени работы оборудования, оценить себестоимость проведения работ по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитать капитальные затраты.

4.2 Расчёт объёмов фонда времени

Выполнение операций согласно проектной и базовой технологий предусматривает использование материальных и людских ресурсов в течение определённого количества времени. В зависимости от затрачиваемого времени рассчитывается заработная плата персонала, который задействован при выполнении операций технологического процесса. Также затрачиваемое время влияет на величину расходов на амортизацию оборудования и производственные площади.

В настоящем разделе выполним расчёт фонда времени, который одинаков для проектного и базового вариантов технологического процесса, так как в обоих случаях технология выполняется за одинаковое число смен в сутках.

В календарном году принимается число рабочих дней $D_p = 277$ при стандартной продолжительности смены $T_{см} = 8$ часов. При расчётах следует учитывать сокращение длительности рабочей смены в предпраздничные дни на $T_{п} = 1$ час. Планируемое количество предпраздничных дней составляет $D_{п} = 7$. С учётом вышеизложенного для количества смен $K_{см} = 1$ рассчитаем фонд времени, воспользовавшись формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (1) получаем:

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

Далее следует рассчитать величину эффективного фонда времени с учётом запланированных потерь рабочего времени $B = 7 \%$, воспользовавшись формулой:

$$F_э = F_H(1 - B/100). \quad (2)$$

При подстановке исходных значений в формулу (2) получаем:

$$F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ часов.}$$

4.3 Расчёт штучного времени

Расчитанный выше эффективный фонд времени работы оборудования расходуется на выполнение операций проектного и базового технологического процесса. Годовую программы выполнения работ можно рассчитать, зная штучное время, которое определяет временные затраты на выполнение проектного и базового процессов применительно к одной единице изделия из годовой программы. Величину штучного времени для проектного и базового вариантов технологии определяем с учётом нормирования труда сварщика по технологической карте.

В состав штучного времени $t_{шт}$ входит несколько слагаемых. Во-первых, это машинное время $t_{маш}$, которое затрачивается на выполнение основных операций технологического процесса. Во-вторых, это вспомогательное время $t_{всп}$, которое затрачивается на выполнение подготовительных операций и задаётся как 10 % от машинного времени $t_{маш}$. В-третьих, это время обслуживания рабочего места $t_{обсл}$, которое задаётся как 5 % от машинного времени $t_{маш}$. В-четвёртых, это время личного отдыха $t_{отд}$, которое задаётся как 5 % от машинного времени $t_{маш}$. В пятых, это подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$, которое задаётся как 1% от машинного времени $t_{маш}$. С учётом исходных данных расчёт штучного времени проводим, воспользовавшись формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (3) получаем для базового варианта: $t_{шт.баз} = 5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 9$ часов, проектного варианта: $t_{шт.пр} = 3 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 5$ часа.

Вычисление годовой программы Π_r работ выполняем с учётом определённых выше эффективного фонда времени и штучного времени для проектного и базового вариантов, воспользовавшись формулой:

$$\Pi_{\Gamma} = F_{\text{э}} / t_{\text{шт.}} \quad (4)$$

При подстановке исходных значений в формулу (4) получаем для базового варианта: $\Pi_{\Gamma.\text{баз.}} = 2054/9 = 228$ дефекта за год, проектного варианта: $\Pi_{\Gamma.\text{пр.}} = 2054/5 = 410$ дефекта за год.

При проведении последующих экономических расчетов примем годовую программу для проектного и базового вариантов технологии $\Pi_{\Gamma} = 200$ исправленных дефектов за год, что примерно соответствует современным потребностям отрасли.

Для расчёта требуемого количества оборудования, которое необходимо при выполнении годовой программы с учётом коэффициента выполнения нормы $K_{\text{вн}} = 1,03$, воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (5) получаем для базового варианта: $n_{\text{расч}} = 9 \cdot 100 / (2054 \cdot 1,03) = 0,4$, проектного варианта: $n_{\text{расч}} = 5 \cdot 100 / (2054 \cdot 1,03) = 0,2$.

На основании проведённых расчётов принимаем количество единиц технологического оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса согласно проектного и базового вариантов $n = 1$. Для расчёта коэффициента загрузки оборудования в обоих вариантах технологии воспользуемся формулой:

$$K_{\text{з}} = n_{\text{расч}} / n. \quad (6)$$

При подстановке исходных значений в формулу (6) получаем для базового варианта: $K_{\text{з.б.}} = 0,4/1 = 0,4$; проектного варианта: $K_{\text{з.п.}} = 0,2/1 = 0,2$.

Определённые выше значения штучного времени $t_{\text{шт}}$, годовой программы Π_{Γ} , коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з}}$ будут использованы при дальнейших экономических расчётах.

4.4 Заводская себестоимость проектного и базового вариантов технологии

Проведение операции ремонтной сварки ковша экскаватора требует затрат сварочных материалов. При базовом варианте технологии такими материалами служат сварочные электроды. При проектной технологии сварочными материалами служат электроды, проволока и защитный газ. При дальнейших расчётах себестоимости выполнения работ необходимо определить затраты M на материалы с учётом цены материалов C_m , нормы расхода материалов N_p и коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$, воспользовавшись формулой:

$$M = C_m \cdot N_p \cdot K_{т-з} . \quad (7)$$

При подстановке исходных значений в формулу (7) получаем:

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

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

Расчёт основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ выполняем по ранее определённым величинам штучного времени $t_{\text{шт}}$, коэффициента доплат K_d и часовой тарифной ставки $C_{\text{ч}}$. Для этого воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (8) получаем для базового варианта технологии: $Z_{\text{осн}} = 9 \cdot 200 \cdot 1,88 = 3384$ руб.; проектного варианта технологии: $Z_{\text{осн}} = 5 \cdot 200 \cdot 1,88 = 1880$ руб.

Расчёт дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ проводим с использованием ранее определённого значения основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ для проектного и базового вариантов и с учётом коэффициента дополнительных доплат $K_{\text{доп}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (9) получаем для базового варианта технологии: $Z_{\text{доп}} = 3384 \cdot 12 / 100 = 406$ руб.; проектного варианта технологии: $Z_{\text{доп}} = 1880 \cdot 12 / 100 = 226$ руб.

Объём фонда заработной платы ФЗП определим как сумму дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$. При этом для базового варианта объём фонда заработной платы составил: $\text{ФЗП} = 3384 + 406 = 3790$ руб. Для проектного варианта объём фонда заработной платы составил: $\text{ФЗП} = 1880 + 226 = 2106$ руб.

Величину отчислений на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ определяем с учётом ранее рассчитанного фонда заработной платы ФЗП и коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{\text{сн}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (10) получаем для базового варианта технологии: $O_{\text{сн}} = 3790 \cdot 34 / 100 = 1289$ руб.; для проектного варианта технологии: $O_{\text{сн}} = 2106 \cdot 34 / 100 = 716$ руб.

Затраты на оборудование $Z_{\text{об}}$ рассчитываем с учётом амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию $P_{\text{э}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

Величину амортизационных отчислений определим с учётом нормы амортизации $H_{\text{а}}$, цены оборудования $\Pi_{\text{об}}$ для выполнения операций по базовому и проектному вариантам и машинного времени $t_{\text{маш}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (12) получаем для базового варианта: $A_{об.} = 100000 \cdot 21,5 \cdot 5 / 2054 / 100 = 52$ руб.; для проектного варианта: $A_{об.} = 400000 \cdot 21,5 \cdot 3 / 2054 / 100 = 125$ руб.

Расчёт затрат на электрическую энергию $P_{э}$ выполняем с учётом установленной мощности оборудования $M_{уст.}$, цены электрической энергии для промышленных предприятий $C_{э}$ и коэффициента полезного действия КПД для рассчитанного выше штучного времени $t_{шт.}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$P_{э} = M_{уст.} \cdot t_{шт.} \cdot C_{э} / \text{КПД}. \quad (13)$$

При подстановке исходных значений в формулу (13) получаем для базового варианта: $P_{э} = 5 \cdot 12 \cdot 3,2 / 0,7 = 274$ руб. Для проектного варианта получаем: $P_{э} = 3 \cdot 20 \cdot 3,2 / 0,85 = 226$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (11) получаем для базового варианта: $Z_{об} = 52 + 274 = 326$ руб. Для проектного варианта технологии получаем: $Z_{об} = 125 + 226 = 351$ руб.

Величину технологической себестоимости $C_{тех}$ при выполнении производственного процесса по базовому и проектному вариантам технологии определим как сумму затрат на материалы M , фонд заработной платы ФЗП, отчисления на социальные нужды $O_{сн}$ и затраты на оборудование $Z_{об}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$C_{тех} = M + \text{ФЗП} + O_{сн} + Z_{об}. \quad (14)$$

При подстановке исходных значений в формулу (14) получаем для базового варианта: $C_{тех.} = 412 + 3790 + 1289 + 326 = 5817$ руб. Для проектного варианта: $C_{тех.} = 55 + 2106 + 716 + 351 = 3228$ руб.

Величину цеховой себестоимости $C_{цех}$ при выполнении производственного процесса по базовому и проектному вариантам технологии определим с учётом ранее рассчитанной технологической

себестоимости $C_{\text{тех}}$ и коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (15) получаем для базового: $C_{\text{цех}} = 5817 + 1,5 \cdot 3384 = 5817 + 5076 = 10893$ руб. Для проектного: $C_{\text{цех}} = 3228 + 1,5 \cdot 1880 = 3228 + 2820 = 6048$ руб.

Величину заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ при выполнении производственного процесса по базовому и проектному вариантам технологии определим с учётом ранее рассчитанной цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ и коэффициента заводских расходов $K_{\text{зав}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (16) получаем для базового: $C_{\text{зав}} = 10893 + 1,15 \cdot 3384 = 10893 + 3892 = 14785$ руб. Для проектного: $C_{\text{зав}} = 6048 + 1,15 \cdot 1880 = 6048 + 2162 = 8210$ руб.

В таблице 13 представлена калькуляция заводской себестоимости проведения проектной и базовой технологии.

Таблица 13 – Калькуляция заводской себестоимости проведения производственного процесса по базовому и проектному варианту технологии

| ПОКАЗАТЕЛИ | Услов. обозн. | Калькуляция., руб | |
|----------------------------------|------------------|-------------------|----------|
| | | Базовый | Проектн. |
| 1. «Затраты на материалы | М | 412 | 55 |
| 2. Объём фонда заработной платы | ФЗП | 3790 | 2106 |
| 3. Отчисления на соц. нужды | Осн | 1289 | 716 |
| 4. Затраты на оборудование | Зоб | 326 | 351 |
| 5. Технологическая себестоимость | Стех | 5817 | 3228 |
| 6. Объём цеховых расходов | Рцех | 5076 | 2820 |
| 7. Цеховая себестоимость | Сцех | 10893 | 6048 |
| 8. Объём заводских расходов | Рзав | 3892 | 2162 |
| 9. Заводская себестоимость» [8] | $C_{\text{зав}}$ | 14785 | 8210 |

Как видно из таблицы 13, проведение производственного процесса по проектной технологии характеризуется меньшей заводской себестоимостью.

4.5 Капитальные затраты по проектному и базовому вариантам технологии

Вычисление общих капитальных затрат $K_{\text{общ. б.}}$ при проведении производственного процесса по базовому варианту технологии проводится с использованием рассчитанного ранее коэффициента загрузки оборудования $K_{з.б.}$ и остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об.б.}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

Величину остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об.б.}}$, которое было использовано в производственном процессе при осуществлении базового варианта технологии рассчитываем с учётом срока службы $T_{\text{сл}}$, рыночной стоимости нового оборудования $\Pi_{\text{перв}}$ и нормы амортизационных отчислений H_a . При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (18) получаем остаточную стоимость $\Pi_{\text{об.б.}} = 100000 - (100000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 57000$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (17) получаем величину общих капитальных затрат $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 57000 \cdot 0,4 = 22800$ руб.

Вычисление общих капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ при проведении производственного процесса по проектному варианту технологии проводится с учётом капитальных вложений в производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, капитальных затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$ и сопутствующих затрат $K_{\text{соп.}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

Объём капитальных вложений в оборудование $K_{об}$ при осуществлении проектного технологического процесса рассчитывается с учётом цены оборудования $C_{об}$, коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{з.п.}$, который был рассчитан ранее. При расчётах воспользуемся формулой:

$$K_{об.пр.} = C_{об. пр.} \cdot K_{тз} \cdot K_{з.п.} \quad (20)$$

При подстановке исходных значений в формулу (20) капитальные вложения в оборудование $K_{об.пр.} = 400000 \cdot 1,05 \cdot 0,2 = 84000$ руб.

Объём сопутствующих затрат $K_{соп}$ при проведении производственного процесса по проектной технологии вычисляется с учётом расходов на монтаж $P_{монт}$ проектного оборудования и демонтаж $P_{дем}$ базового оборудования. При расчётах воспользуемся формулой:

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

Расходы на демонтаж $P_{дем}$ определяются исходя из стоимости оборудования по базовому варианту с учётом коэффициента затрат на демонтаж $K_{дем}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (22) расходы на демонтаж оборудования составили: $P_{дем} = 100000 \cdot 0,05 = 5000$ руб.

Расходы на монтаж $P_{монт}$ определяются исходя из стоимости оборудования по проектному варианту с учётом коэффициента затрат на монтаж $K_{монт}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (23) расходы на монтаж оборудования составили: $P_{монт} = 400000 \cdot 0,05 = 20000$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (21) сопутствующие расходы составили: $P_{\text{соп}} = 20000 + 5000 = 25000$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (19) общие капитальные затраты при реализации проектной технологии составили: $K_{\text{общ.пр.}} = 84000 + 25000 = 109000$ руб.

Дополнительные капитальные затраты при внедрении проектной технологии рассчитываются с учётом общих капитальных затрат при проектном варианте $K_{\text{общ.пр.}}$ и общих капитальных затрат при базовом варианте $K_{\text{общ.б.}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (24) дополнительные капитальные вложения составят: $K_{\text{доп}} = 109000 - 22800 = 86200$ руб.

Размер удельных капитальных вложений $K_{\text{уд}}$ при построении технологии по базовому и проектному вариантам рассчитываются исходя из годовой программы $\Pi_{\text{г}}$ и общих капитальных вложений. При расчётах воспользуемся формулой:

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_{\text{г}} \quad (25)$$

При подстановке исходных значений в формулу (25) удельные капитальные вложения по базовому: $K_{\text{уд}} = 22800/100 = 228$ руб./ед. Удельные капитальные вложения по проектному варианту составляют: $K_{\text{уд}} = 109000/100 = 1090$ руб./ед.

4.6 Показатели экономической эффективности проектного варианта технологии

Оценку экономической эффективности проектной технологии по сравнению с построением производственного процесса по базовому варианту выполняем по таким показателям:

- снижение трудоёмкости $\Delta t_{шт}$;
- повышение производительности труда P_T ;
- снижение технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$;
- условно-годовая экономия $P_{ок}$;
- срок окупаемости капитальных вложений $T_{ок}$;
- годовой экономический эффект \mathcal{E}_r .

За счёт совершенствования технологического процесса получено снижение трудоёмкости $\Delta t_{шт}$, которое рассчитывается по штучному времени в случае выполнения производственного процесса по базовому варианту $t_{шт.б.}$ и по штучному времени в случае выполнения производственного процесса по проектному варианту $t_{шт.пр.}$ При расчётах воспользуемся формулой:

$$\Delta t_{шт} = (t_{шт.б.} - t_{шт.пр.}) \cdot 100 \% / t_{шт.б.} \quad (26)$$

При подстановке исходных значений в формулу (26) снижение трудоёмкости составило: $\Delta t_{шт} = (9 - 5) \cdot 100 \% / 9 = 44 \%$.

Расчёт повышения производительности труда P_T выполняется с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$P_T = 100 \cdot \Delta t_{шт} / (100 - \Delta t_{шт}). \quad (27)$$

При подстановке исходных значений в формулу (27) повышение производительности труда составило: $P_T = (100 \cdot 44) / (100 - 44) = 78 \%$.

Расчёт снижения технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ выполняем с учётом ранее определённых технологической себестоимости по базовому варианту технологии $C_{тех.б.}$ и технологической себестоимости по проектному варианту технологии $C_{тех.пр.}$ При расчётах воспользуемся формулой:

$$\Delta C_{тех} = (C_{тех.б.} - C_{тех.пр.}) \cdot 100 \% / C_{тех.б.}, \quad (28)$$

При подстановке исходных значений в формулу (28) снижение технологической себестоимости при внедрении предлагаемых технических решений составило: $\Delta C_{\text{тех}} = (5817 - 3228) \cdot 100\% / 5817 = 44\%$.

Расчёт условно-годовой экономии $\Pi_{\text{ож}}$ выполним с учётом годовой программы $\Pi_{\text{г}}$, заводской себестоимости по проектному варианту $C_{\text{зав.пр}}$ и заводской себестоимости по базовому варианту $C_{\text{зав.б}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$\Pi_{\text{ож}} = \mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б}} - C_{\text{зав.пр}}) \cdot \Pi_{\text{г}}. \quad (29)$$

При подстановке исходных значений в формулу (29) условно-годовая экономия составила: $\mathcal{E}_{\text{уг}} = (14785 - 8210) \cdot 100 = 657500$ руб.

При расчёте срока окупаемости дополнительных капитальных вложений $T_{\text{ок}}$ учитывается размер дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ и величина условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{\text{уг}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{доп}} / \mathcal{E}_{\text{уг}}. \quad (30)$$

При подстановке исходных значений в формулу (30) срок окупаемости дополнительных составил: $T_{\text{ок}} = 86200 / 657500 = 0,2$ года.

Расчёт годового экономического эффекта $\mathcal{E}_{\text{г}}$ при внедрении предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений выполняется с учётом рассчитанных ранее условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{\text{уг}}$, дополнительных капитальных затрат $K_{\text{доп}}$ и коэффициента эффективности капитальных вложений $E_{\text{н}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = \mathcal{E}_{\text{уг}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

При подстановке исходных значений в формулу (31) годовая экономия составила: $\mathcal{E}_{\text{г}} = 657500 - 0,33 \cdot 86200 = 629054$ руб.

Таким образом, проектная технология показывает свою эффективность по всем показателям и может быть рекомендована к внедрению.

Выводы по экономическому разделу

В ходе выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы рассмотрены варианты построения производственного процесса с применением базовой технологии и с применением проектной технологии.

Для проектной и базовой технологии были рассчитаны основные экономические показатели (штучное время; технологическая, цеховая и заводская себестоимость, капитальные вложения).

Оценку экономической эффективности проектной технологии по сравнению с построением производственного процесса по базовому варианту выполняем по таким показателям, как снижение трудоёмкости, повышение производительности труда, снижение технологической себестоимости, условно-годовая экономия, срок окупаемости капитальных вложений, годовой экономический эффект.

Предлагаемые технологические решения позволяют уменьшить трудоёмкость выполнения работ на 44 % и увеличить производительность на 78 %.

Уменьшение расходов по статьям позволило снизить технологическую себестоимость на 44 %. При этом условно-годовая экономия составила 0,7 млн. рублей.

Дополнительные капитальные вложения окупятся за 0,2 года. При этом годовой экономический эффект составит 0,6 млн. рублей.

На основании вышеизложенного следует признать эффективность построения производственного процесса по проектной технологии. Представленные в выпускной квалификационной работе технические решения могут быть рекомендованы к внедрению на предприятиях Российской Федерации.

Заключение

Мостовые краны занимают значительную долю грузоподъёмной техники, равную приблизительно 38 %. При этом следует учитывать, что безопасность работы на обслуживаемом участке в значительной степени зависит от безаварийности работы самого крана. В процессе работы происходит интенсивный износ элементов крана, его несущие конструкции накапливают повреждения, которые в случае несвоевременного устранения приводят к аварийному выходу крана из строя.

На основании этого поставленную цель – повышение эффективности сварочных операций при ремонте металлических конструкций мостового крана – следует считать актуальной.

При ремонте трещин применяемая ранее технология с разделкой трещины, её заправлением и приваркой заплатки не показала эффективности. Это объясняется тем, сварные швы при приварке заплатки сами становятся новыми концентраторами напряжений, из-за чего процесс накопления усталостных разрушений в конструкции только усиливается. Также проведение огневых работ приводило к дополнительному перегреву и повышению уровня остаточных напряжений в конструкции.

На основании этого признан необходимым поиск новых способов сварки при ремонте несущих конструкций кранов.

При анализе стали 09Г2С конструкции рассмотрены особенности и затруднения при его сварке. Эти особенности были учтены при построении проектной технологии ремонтной сварки и выборе параметров режима сварочных материалов.

На основании проведённого ранее анализа состояния вопроса и источников научно-технической информации в первом разделе выпускной квалификационной работы были сформулированы её задачи.

Первой задачей является обоснование выбора способа ремонтной сварки конструкции. Для этого необходимо выполнить анализ преимуществ

и недостатков рассматриваемых способов и выполнить выбор с учётом выставленных экспертных оценок.

Второй задачей является анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности ремонтной сварки рассматриваемой конструкции.

Третьей задачей является построение проектной технологии ремонтной сварки конструкции, для чего необходимо привести перечень операций, назначить параметры режима, выбрать основное и вспомогательное оборудование.

Решая первую задачу, проведён анализ возможных способов ремонтной сварки рассматриваемой конструкции. Были приняты к рассмотрению следующие способы: ручная дуговая сварка, механизированная сварка в защитных газах плавящейся проволокой, механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой. На основании экспертной оценки рассмотренных способов принято решение использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Решая вторую задачу, на основании анализа источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности ремонтной сварки предложено использовать импульсное управление сварочной дугой. Для этого предлагается применить разработку отечественных исследователей-сварщиков.

Решая третью задачу, была построена проектная технология ремонтной сварки элементов несущей конструкции крана. Для осуществления проектной технологии предложено соответствующее оборудование, назначены параметры режима и материалы.

Выполнен анализ предлагаемых технологических решений на предмет безопасности труда, пожарной безопасности и экологической безопасности.

Выполнена оценка экономической эффективности проектной технологии по сравнению с построением производственного процесса по базовому варианту.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Авторское свидетельство № 1064555 СССР, МКИ В23К9/09. Устройство для электродуговой сварки с короткими замыканиями дугового промежутка / Князков А. Ф., Сараев Ю. Н., Костюков Ю. П. № 2911363/25-27, заяв. 16.04.80; опубл. 15.05.86, Бюл. № 18. 3 с.
2. Акулов А. И., Алехин В. П., Ермаков С. И. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки : учебник для вузов. М. : Машиностроение, 2003. 560 с.
3. Банов М. Д., Казаков Ю. В., Козулин М. Г. Сварка и резка материалов : учеб. пособие. М. : Издательский центр «Академия», 2000. 400 с.
4. Баурова Н. И. Методы неразрушающего контроля при диагностировании металлоконструкций // Механизация строительства. 2009. № 12. С. 21–23.
5. Белинский С. М., Гарбуль А. Ф., Гусаковский В. Г. Оборудование для дуговой сварки : справ. пособие. Л. : Энергоатомиздат, 1986. 656 с.
6. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
7. Блехерова Н. Г. Прохоров В. В. Пискорский П. В., Глушак Н. В. Автоматическая сварка самозащитной порошковой проволокой. Преимущества процесса // Территория НЕФТЕГАЗ. 2012. № 6. С. 94–95.
8. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
9. Гохберг М. М., Семенов В. П. Усталостные разрушения в металлических конструкциях кранов // Тр. ЛПИ. 1954. Вып. 3. С. 110–118.
10. Емельянова Г. А. Методология повышения надёжности грузоподъёмного оборудования при обеспечении требуемых критериев риска : дис. ... докт. техн. наук : 05.02.02. М. : Московский гос. ун-т. путей сообщения, 2016.

11. Емельянов О. А. Усталостные повреждения сварных крановых мостов // Автоматическая сварка. 2004. № 5. С. 33–39.
12. Емельянов О. А., Шепотько В. П. Ремонт крановых металлоконструкций. Подготовка технических решений // Подъемные сооружения и специальная техника. Одесса : Нац. техн. ассоциация. 2004. № 9. С. 22.
13. Концевой Е. М., Розенштейн Б. М. Ремонт крановых металлоконструкций. М. : Машиностроение, 1979. 206 с.
14. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы. 2016. № 4. С. 18–23.
15. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
16. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
17. Москвин, П. В. Разработка методики прогнозирования остаточного ресурса сварных металлоконструкций с использованием датчиков деформации интегрального типа на примере мостовых кранов : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.06, 05.02.11. Челябинск: Курганский гос. ун-т, 2007.
18. Павленко, А. Н. Количественная оценка риска эксплуатации мостовых кранов по их фактической нагруженности : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.05. Новочеркасск: Южно-Российский гос. техн. ун-т. 1999.
19. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов А. Д. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего : монография. Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2012. 208 с.
20. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М. : Машиностроение, 1974. 240 с.
21. Походня И. К., Шлепаков В. Н., Максимов С. Ю. Исследования и разработки ИЭС им. Е.О. Патона в области электродуговой сварки и

наплавки порошковой проволокой // Автоматическая сварка. 2010. № 12. С. 34–42.

22. РД 03-246-98. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности: М.: утв. Постановлением ГГТН РФ, 1998. № 64. 19 с.

23. РД 10-397-01. Положение по проведению экспертизы промышленной безопасности при эксплуатации подъемных сооружений : М.: утв. Постановлением ГГТН РФ, 2001. № 2. 21 с.

24. РД 24.090.52-90. Подъемно-транспортные машины. Материалы для сварных металлических конструкций : М.: ОАО ВНИИПТМАШ, 1990. 42с.

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

26. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.

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

28. Шейко П. П., Жерносеков А. М., Шимановский Ю. О. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом с автоматической стабилизацией параметров режимов // Автоматическая сварка. 2004. № 1. С. 8–11.

29. 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.