

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 Модернизация длительно эксплуатируемых машин для
контактной сварки

Студент

Р.А. Рафиков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., профессор Г.М. Короткова

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярова

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

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2023

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности контактной рельефной сварки и контактной точечной сварки на стационарных машинах.

В ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы была проведена модернизация машин для контактной сварки. Выполнена замена прерывающего устройства, устанавливаемого со стороны первичной обмотки сварочного трансформатора. Игнитронные прерыватели были заменены на современные тиристорные прерыватели. Кроме того, были заменены элементы схемы пневматического привода сжатия, что позволило повысить производительность за счёт увеличения скорости хода рабочего пневмоцилиндра. Также была выполнена замена управляющей аппаратуры, что позволило перейти на более производительные режимы сварки за счёт повышения жесткости режима. Также замена элементов электродной группы позволила на 30 % повысить стойкость электродов. Таким образом, введённые изменения в конструкцию сварочной машины позволили увеличить производительность труда, уменьшить затраты на материалы и повысить качество выполнения сварных соединений.

Производительность труда повышается на 39 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 28 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,755 млн. рублей.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые проводят контактную точечную и контактную рельефную сварку с использованием стационарных машин прессового и радиального типа.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение | 5 |
| 1 Современное состояние оборудования для контактной сварки и возможности его модернизации. | 7 |
| 1.1 Описание модернизируемого оборудования. | 7 |
| 1.2 Оценка состояния модернизируемых машин. | 10 |
| 1.3 Анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности контактной точечной сварки. | 12 |
| 1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы. | 16 |
| 2 Реновация и модернизация длительно эксплуатируемых контактных сварочных машин. | 17 |
| 2.1 Проектирование токоведущих элементов вторичного контура. | 17 |
| 2.2 Проектирование пневматической схемы привода сжатия. | 22 |
| 2.3 Проектирование электрической схемы контактной сварочной машины. | 28 |
| 2.4 Повышение эффективности контактной точечной сварки за счёт технологических решений. | 30 |
| 3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений. | 34 |
| 3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта и идентификация негативных производственных факторов. | 34 |
| 3.2 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков. | 36 |
| 3.3 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта. | 38 |
| 3.4 Вопросы обеспечения экологической безопасности. | 40 |
| 4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений. | 41 |

| | |
|---|----|
| 4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям. | 41 |
| 4.2 Оценка фонда времени работы оборудования. | 43 |
| 4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии. | 44 |
| 4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам. | 46 |
| 4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии. | 50 |
| 4.6 Показатели экономической эффективности | 52 |
| Заключение | 55 |
| Список используемой литературы и используемых источников. | 57 |

Введение

В настоящее время мировая экономика переживает структурный кризис. При этом необходимость стимулирования спроса приводит в мире к дефляции – уменьшению стоимости продуктов и услуг. В то же время в России наблюдается т.н. «инфляция издержек», когда рост тарифов естественных монополий вызывает необходимость повышения цен отечественным производителем, что в условиях сжатия рублёвой массы делает неконкурентоспособными наши автомобили не только на внешнем, но и на внутреннем рынке.

В связи с этим становится актуальным вопросом является уменьшение себестоимости (издержек) производства кузовных деталей автомобиля за счёт выноса производственных мощностей с территории завода (ОАО «АВТОВАЗ») на различные предприятия-спутники.

Лидирующее положение контактной сварки при получении неразъёмных соединений в массовом производстве объясняется высокими техническими и эксплуатационными показателями этого способа сварки по сравнению с другими способами получения сварных соединений [17], [25]. При этом автомобилестроение стало основным потребителем оборудования для контактной сварки, инноваций в области контроля качества, управления процессами и повышения эффективности использования оборудования для контактной сварки. Использование контактной сварки в автомобилестроении относится приблизительно к 90 % всех соединений, полученных при производстве автомобиля. Ежегодно в мире выполняется несколько миллиардов сварных точек, при этом на одном автомобиле количество точек составляет порядка 5 тысяч. Из-за того опасности возникновения брака при выполнении сварного соединения с применением контактной точечной сварки приходится выполнять на 30 % больше сварных точек, чем это требуется для обеспечения эксплуатационных свойств автомобиля [26].

Для введения в строй сварочных машин необходима их модернизация при разумной стоимости, для этого надо ориентироваться среди множества элементов контактных сварочных машин различного назначения и актуальности, присутствующих сейчас на российском рынке. При этом для иностранного образца практически всегда можно подобрать российский аналог более дешёвый и, иногда, обладающий лучшими потребительскими свойствами. Так же необходимо предусмотреть меры по уменьшению суммарной установленной мощности оборудования.

В 2021 году в мировой промышленности было введено в эксплуатацию порядка 86 тысяч машин для контактной сварки на общую сумму 1,5 млрд. долларов США. К 2025 году планируется увеличение этой цифры до 2 млрд. долларов США. В тоже время, в Российской Федерации в течение года в эксплуатацию вводится не более одной сотни машин. Порядка 40 % оборудования для контактной сварки имеет срок службы более 20 лет. Кроме того, отечественному производителю приходится работать в условиях усиливающейся конкуренции с западными и азиатскими предприятиями, санкционного давления, кадрового и финансового голода.

В этих условиях проблема повышения качества контактной сварки в условиях массового производства может быть устранена за счёт прорывных решений, позволяющих кратно повысить эффективность использования уже имеющегося оборудования без существенных затрат на его изготовление и модернизацию [13], [19].

Изготовление деталей кузова автомобиля предъявляет существенные требования к качеству сварных соединений, что заставляет учитывать это при восстановлении и модернизации существующего парка сварочных машин.

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности длительно эксплуатируемых машин для контактной точечной сварки за счёт модернизации их конструкции.

1 Современное состояние оборудования для контактной сварки и возможности его модернизации

2.1 Описание модернизируемого оборудования

В настоящее время на складе предприятия находится несколько единиц стационарных машин для контактной точечной сварки, применительно к которым планируется провести реновационные мероприятия.

На рисунке 1 представлена компоновка машин МТП-150 и МТПУ-300.

Машина МТП-150 предназначена для выполнения контактной точечной и контактной рельефной сварки. Контактная точечная сварка возможна для деталей из низкоуглеродистой стали толщиной до 2,5+2,5 мм и деталей из нержавеющей стали толщиной до 2,8+2,8 мм. Контактная рельефная сварка возможна для соединений вкрест арматуры классов В1, А1, А2 и А3. Рабочий вылет электродов на машине МТП-150 увеличен по сравнению с аналогами до 1200 мм, это делает возможным выполнение сварки при изготовлении конструкций со значительными габаритами. Параметры технической характеристики машины МТП-150 представлены в таблице 1. Машина МТПУ-300 предназначена для выполнения контактной точечной и контактной рельефной сварки. Контактная точечная сварка возможна для деталей из низкоуглеродистой стали толщиной до 3+3 мм и легких сплавов толщиной до 1,5+1,5 мм. Контактная рельефная сварка возможна для соединений вкрест арматуры классов В1, А1, А2 и А3. Эксплуатационные свойства машины МТПУ-300 повышены за счёт применения роликовых направляющих в механизме перемещения верхнего электрода. Также возможно регулирование перемещения верхнего электрода в широком диапазоне, что позволяет настроить машину на сварку конкретной детали и повысить производительность сварки. Развиваемое сварочное усилие не зависит от износа электродов. Параметры технической характеристики машины МТПУ-300 представлены в таблице 2.

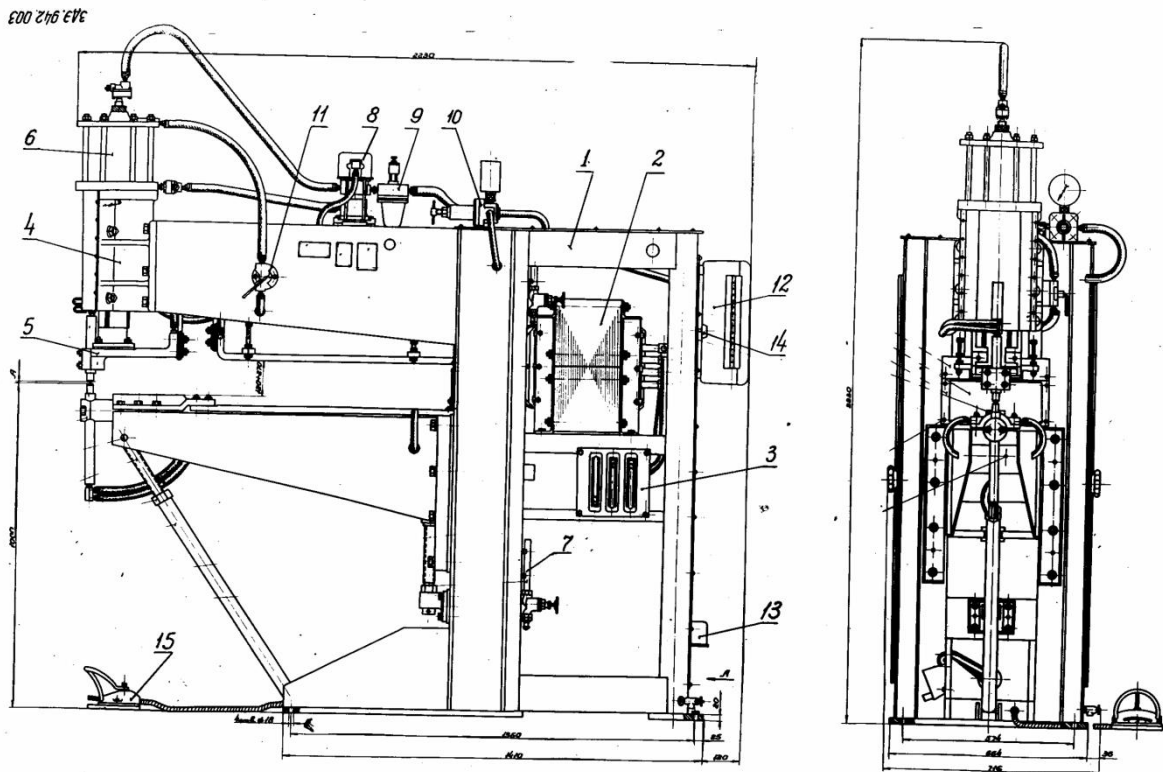


Рисунок 1 – Компонентная схема модернизируемых машин МТП-150 и МТПУ-300

Основной и наиболее металлоёмкой частью контактных машин является корпус, который обозначен на рисунке 1 позицией 1 и сварочный трансформатор, который обозначен позицией 2. Для ступенчатого регулирования вторичного напряжения за счёт изменения коэффициента трансформации служит механизм переключения ступеней, который обозначен позицией 3. Прямолинейность поступательного перемещения верхнего сварочного электрода обеспечивается направляющим устройством, обозначенным позицией 4. Подача тока к свариваемым деталям от вторичного витка сварочного трансформатора происходит по вторичному контуру, который обозначен позицией 5. Сварочное усилие на электродах развивается пневматическим цилиндром привода сжатия, который обозначен позицией 6. Охлаждение токоведущих элементов контактной сварочной машины обеспечивается за счёт подачи воды через охлаждающую систему, обозначенную позицией 7. Элементами подготовки сжатого воздуха

являются электромагнитный распределитель, маслораспылитель, и редуционный клапан, который обозначены позициями 8, 9 и 10. Управление подачей сжатого воздуха в пневматическую схему сварочной машины от внешней системы подачи сжатого воздуха выполняется вентилем, который обозначен позицией 11.

Таблица 1 – Параметры технической характеристики машины МТП-150

| Показатель | Размерность | Значение |
|---|-------------------|---------------------|
| «Толщина свариваемых деталей - из малоуглеродистой стали - из нержавеющей стали | мм | 2,5+2,5 2,8+2,8 |
| Производительность | сварок в минуту | 65 |
| Напряжение питающей сети | В | 380 |
| Номинальная мощность машины при ПВ=20% | кВА | 150 |
| Число ступеней регулирования вторичного напряжения | | 16 |
| Пределы регулирования вторичного напряжения | В | 4,05...8,1 |
| Рабочий ход верхнего электрода | мм | 20 |
| Полезный вылет электродов с регулировкой | мм | 100 |
| Максимальное перемещение по высоте нижней консоли | мм | 160 |
| Максимальное усилие на электродах | кН | 14000 |
| Расход воздуха в свободном состоянии | м ³ /ч | 33 |
| Расход охлаждающей воды | л/ч | 795 |
| Габаритные размеры - высота - ширина - глубина | мм | 2225 785 1435 |
| Масса» [1], [10] | кг | 750 |

Таблица 2 – Параметры технической характеристики машины МТПУ-300

| Показатель | Значение |
|--|--------------|
| «Номинальное напряжение и частота питающей сети, В, Гц | 380 В, 50 Гц |
| Номинальный первичный ток, А | 800 А |
| Номинальная полная мощность, кВА | 300 кВА |
| Номинальная продолжительность включения, % | 8 % |
| Номинальный вторичный ток, кА | 32 кА |
| Номинальная ступень сварочного трансформатора | 15 |
| Масса» [1], [10] | 850 кг |

На задней стороне корпуса смонтированы регулятор сварки, коробка зажимов и электрический выключатель, которые обозначены позициями 12, 13 и 14. Запуск цикла сварки на машине обеспечивается педальной кнопкой, которая обозначена позицией 15.

1.2 Оценка состояния модернизируемых машин

На складе цеха обнаружено несколько единиц стационарных машин для контактной сварки, применительно к которым следует провести реновацию с последующим запуском в технологический процесс на смежном производстве. По результатам оценки состояния оборудования назначены узлы для модернизации, который представлены на рисунке 2.

Практически во всех машинах отсутствуют элементы вторичного контура, которые были изъяты из машин, как показывает практика, для последующей утилизации в качестве лома цветных металлов. В частности, обнаружен недостаток электродов, электрододержателей, хоботов, подвижных плит и гибких шин. Этими элементами необходимо дополнить машины перед их запуском в эксплуатацию.

В большинстве машин система привода сжатия находится в нерабочем состоянии из-за отсутствия или выхода из строя элементов пневматической схемы. Недостающие элементы необходимо восполнить с использованием современных отечественных и зарубежных технических компонентов.

На всех машинах сварочные трансформаторы находятся в рабочем состоянии, но устройства прерывания тока отсутствуют. Поскольку прерывателями тока ранее служили игнитронные контакторы, содержащие большое количество ртути, они были, скорее всего, изъяты из машин с целью последующего использования ртути. Перед запуском машин необходимо оснастить их современными прерывателями тока, например, тиристорными контакторами.

На машинах отсутствуют или находятся в нерабочем состоянии системы управления контактной сваркой. Аппаратура управления была представлена прерывателем ПИТ-50-4, который исчерпал свои технические возможности и не может быть рекомендован для использования в современном сварочном производстве.

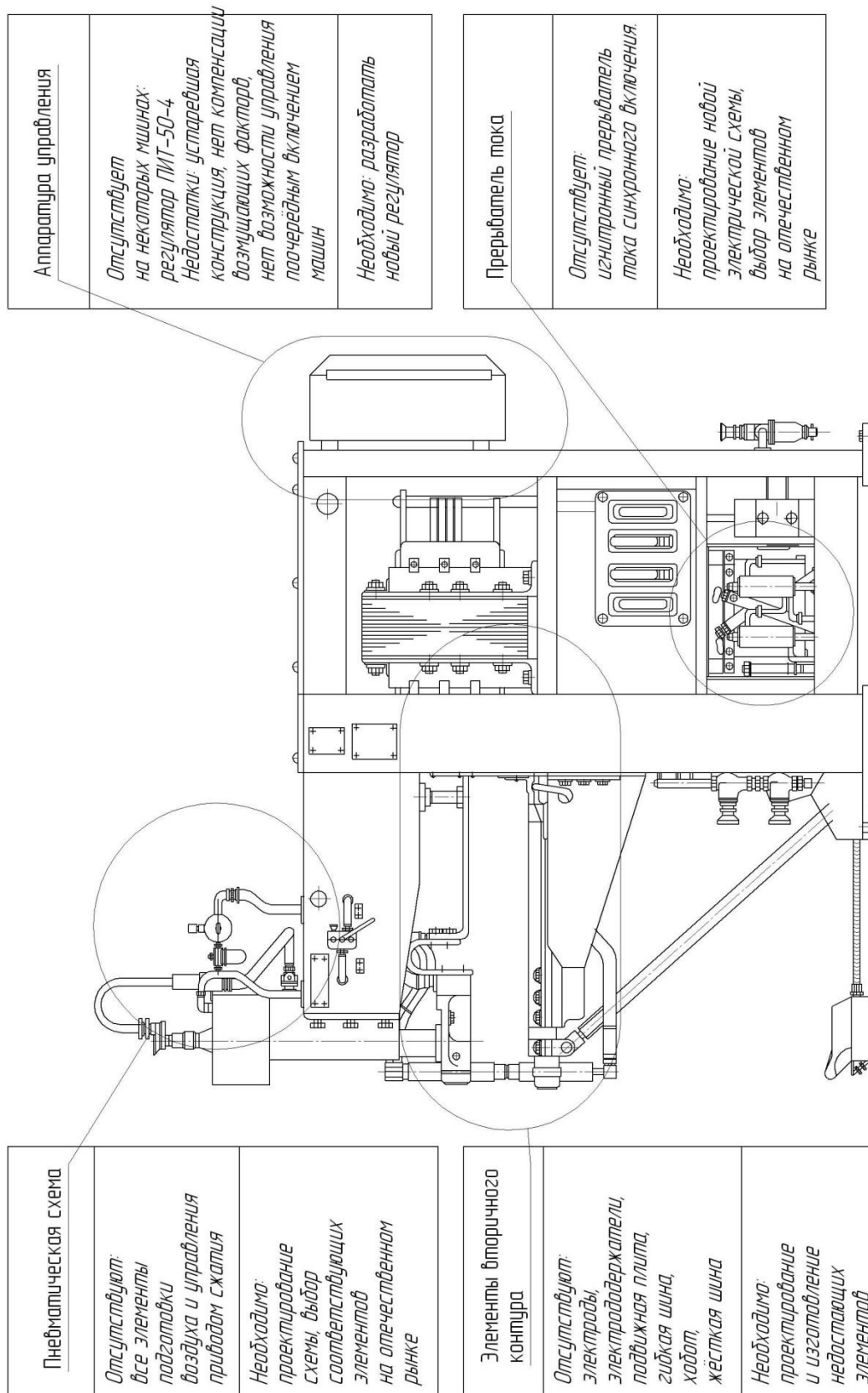


Рисунок 2 – Узлы для восстановления и модернизации на машинах МП-150 и МПУ-300

Таким образом, для запуска машин в технологический процесс изготовления кузовных деталей предстоит проделать значительную работу.

Во-первых, восстановить пневматическую схему привода сжатия. Во-вторых, снабдить машины современной аппаратурой управления контактной сваркой. В-третьих, установить в первичном контуре тиристорные прерыватели тока. В-четвёртых, спроектировать, изготовить и выполнить монтаж токоведущих элементов вторичного контура.

1.3 Анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности контактной точечной сварки

Следует отметить высокую публикационную активность по направлению повышения эффективности контактной точечной сварки, которую проявляют следующие научные центры:

- Тольяттинский государственный университет, сотрудники кафедры активно публикуются и ведут научные разработки, издают статьи и монографии, готовят к защите диссертации (Герасимов А. А., Анциборов А. Н., Кудинов А. К., Климов В.С., Климов А. С.).
- Белорусско-Российский университет, сотрудники кафедры активно публикуются и ведут научные разработки, издают статьи и монографии, готовят к защите диссертации (Фурманов С. М., Поляков А. Ю.);
- Сибирский государственный аэрокосмический университет им. М. Ф. Решетнева, сотрудники кафедры активно публикуются и ведут научные разработки, издают статьи и монографии, готовят к защите диссертации (Козловский С. Н.);
- Тульский государственный университет, сотрудники кафедры активно публикуются и ведут научные разработки, издают статьи и монографии, готовят к защите диссертации (Ерофеев В. А.);

– Сибирский Федеральный университет, сотрудники кафедры активно публикуются и ведут научные разработки, издают статьи и монографии, готовят к защите диссертации (Демченко А. И.).

Автором работы [11] является сотрудник Тольяттинского государственного университета В. С. Климов. В работе показано, что отслеживание работы тиристорного контактора при выполнении контактной точечной сварки на машинах переменного тока может быть использовано для диагностики контактной сварки и прогнозирования качества получаемых точечных соединений. Эффективность предлагаемых решений доказана на промышленном оборудовании, работающем в условиях массового производства при действии широкого спектра возмущений.

Авторами работы [7] являются сотрудники Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М. Ф. Решетнева – Л. А. Ерыпалов, А. Н. Малахов и Д. С. Вервейко. Проведено исследование влияния на качество контактной точечной сварки таких параметров, как толщина свариваемых деталей, шаг между точками и зазоры при сборке заготовок под сварку. За счёт регламентирования возмущений достигнуто повышение стабильности качества контактной точечной сварки.

Автором работы [3] является аспирант Тольяттинского государственного университета А. А. Герасимов. Предложен новый способ расчётного определения энерговыделения на участке «электрод-электрод», предусматривающий отслеживание состояния тиристорного контактора в процессе сварки, в качестве измеряемого параметра предлагается использовать угол проводимости тиристорного контактора. Для выполнения расчётов предложен алгоритм, который позволяет учесть параметры конкретной машины.

Авторами работы [18] являются сотрудники Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М. Ф. Решетнева – В. М. Кураш, О. Р. Лузанов. Предложен способ

управления контактной точечной сваркой, который позволяет существенно повысить качество за счёт уменьшения вероятности появления выплесков.

Автором работы [20] является сотрудник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана – Г. К. Ненарокомов. В работе рассмотрено влияние параметров режима на качество контактной точечной сварки заготовок из сталей с цинковым покрытием. Рассмотрены различные виды защитных покрытий. Показано, что модифицированный импульс тока и мягкие режимы позволяют повысить качество при сварке оцинкованных сталей.

Авторами работы [6] являются Ерофеев В. А., Логвинов Р. В. – сотрудники кафедры сварки Тульского государственного университета. В работе предложена математическая модель для расчётного определения температурных полей при контактной точечной сварке сталей с защитными покрытиями.

Автором работы [12] является С. Н. Козловский – сотрудник кафедры сварки Сибирского государственного аэрокосмического университета им. М. Ф. Решетнева. В работе предложена методика расчётного определения температурных полей при контактной точечной сварке с использованием аналитических зависимостей.

Авторами работы [22] являются Орешенко П. Ю., Лецковник А. В., Козловский С. Н. – сотрудники кафедры сварки Сибирского государственного аэрокосмического университета им. М. Ф. Решетнева. В работе предложена методика, позволяющая выполнять оценку склонности конкретных деталей к образованию непроваров с учётом геометрии соединения, параметров режима и качества подготовки поверхностей деталей.

Автором работы [4] является Гладков Э. А. – сотрудник кафедры сварки МГТУ им. Н. Э. Баумана. Работа посвящена анализу решений в области управления и диагностирования контактной сварки с применением нейросетевых моделей. Предложено эффективное решение на базе

регрессионных моделей, которые обеспечивают автоматическую оценку качества контактной точечной сварки как для низкоуглеродистой стали, так и для алюминиевых сплавов и тем самым способствуют повышению качества сварных конструкций.

Авторами работы [8] являются Захаров В. В., Кононова Е. В., Козловский С. Н. – сотрудники кафедры сварки Сибирского государственного аэрокосмического университета им. М. Ф. Решетнева. В работе рассмотрены возмущения, сопровождающие технологию контактной сварки в массовом производстве и влияющие на образование зазоров между деталями при сборке.

Авторами работы [23] являются Соловьёва К. В., Демченко А. И., Новосельцев Ю. Г. – сотрудники кафедры «Машиностроение» Сибирского Федерального университета. В работе предложена математическая модель для построения электрических и температурных полей при односторонней контактной точечной сварке. Показано влияние различных факторов на особенности формирования температурного поля и распределения плотности электрического тока.

Автором работы [24] является Фурманов С. И. – сотрудник кафедры сварки Белорусско-Российского университета. Диссертация посвящена решению проблемы «устранения деформаций лицевых поверхностей изделий при контактной точечной сварке. Предложен новый способ контактной точечной сварки для уменьшения вмятин на лицевых поверхностях изделий, предусматривающий использование кольцевого пуансона для обжатия околоточечной зоны и проковки сварного соединения без силового воздействия со стороны токоподводящего электрода» [24].

Таким образом, следует заключить, что в настоящий момент имеется значительная теоретическая база, использование которой позволит провести успешную реновацию машин для контактной точечной сварки и повысить их эффективность при использовании в современном технологическом процессе.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу реновации и повышения эффективности длительно используемых машин для выполнения контактной точечной сварки на современном автомобилестроительном предприятии.

Поставленная цель будет достигнута при условии решения ряда задач.

В ходе решения первой задачи предстоит выполнить проектирование токоведущих элементов вторичного контура. В процессе следует учесть разработки в этой области, которые позволяют увеличить ресурс работы элементов и повысить теплоотдачу в охлаждающую воду.

В ходе решения второй задачи предстоит выполнить проектирование пневматической схемы привода сжатия и выбрать комплектующие детали для её построения с учётом имеющихся на отечественном рынке составных элементов схемы.

В ходе решения третьей задачи предстоит выполнить проектирование электрической схемы контактной сварочной машины и выбрать комплектующие детали для её построения с учётом имеющихся на отечественном рынке составных элементов схемы.

В ходе решения четвёртой задачи следует предложить подходы к повышению эффективности контактной сварки на имеющемся оборудовании за счёт разработки технологических приёмов, в частности, оптимизации параметров режима сварки.

При выполнении оценочного раздела следует выполнить анализ предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений на предмет экологической безопасности и обеспечения безопасности труда. Также следует выполнить оценку экономической эффективности внедрения проектной технологии в производство, что позволит сделать вывод о достижении поставленной цели.

2 Реновация и модернизация длительно эксплуатируемых контактных сварочных машин

2.1 Проектирование токоведущих элементов вторичного контура

Базовый вариант конструкции электродов представлен на рисунке 3. Составной электрод, который ранее использовался на контактных машинах, включает в себя рабочую часть – электрод, обозначенный на рисунке позицией 1. Крепление электрода выполняется по конусной посадке на электрододержатель, который обозначен на рисунке позицией 2. Крепление электрододержателя в свече вторичного контура контактной сварочной машины происходит через переходную втулку, которая обозначена на рисунке позицией 3.

Представленные особенности конструкции составного электрода позволяют выполнять оперативную замену быстро изнашивающихся электродов. При этом устраняется опасность повреждения дорогостоящей массивной свечи на вторичном контуре контактной сварочной машины, которое может произойти при попытке демонтировать пристывший электрод.

Проектный вариант конструкции составного электрода представлен на рисунке 4. За счёт применения колпачкового электрода, который предусматривает посадку на электрододержатель по внутреннему конусу, обеспечивается упрощение изготовления электродов и экономия электродных материалов. При изготовлении электродов становится неактуальной операция высверливания охлаждающего канала. Также продолжительность эксплуатации электрода повышается за счёт интенсификации теплообмена и улучшения условий охлаждения электродов.

Предлагаемая конструкция составного электрода, представленная на рисунке 4, включает в себя колпачковый электрод 1, обозначенный позицией 1, электрододержатель 2, обозначенный позицией 2, и переходную втулку 3, обозначенную позицией 3.

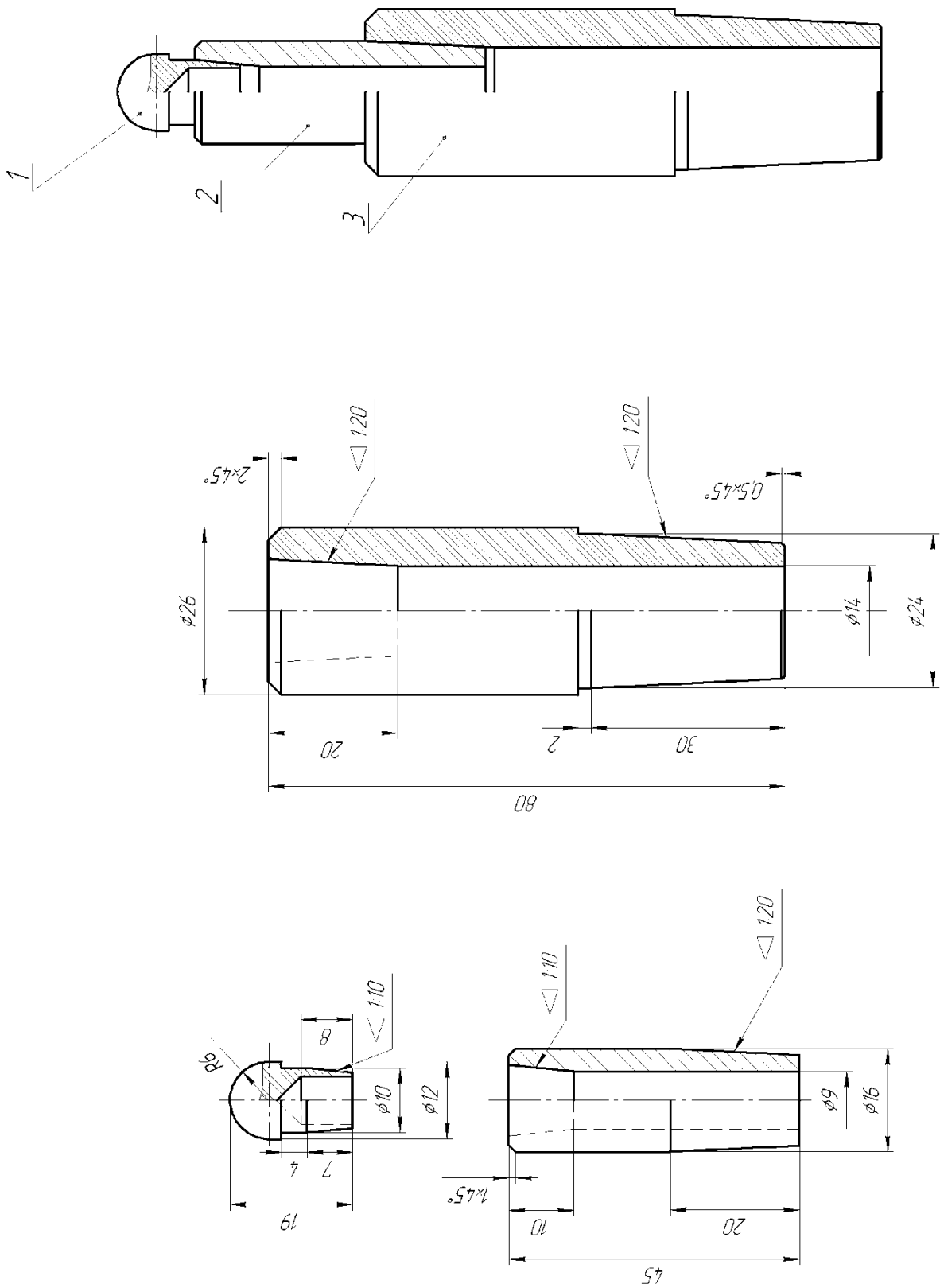


Рисунок 3 – Базовый вариант электродов для точечной сварки

Базовый вариант конструкции свечи вторичного контура, представленный на рисунке 5, включает в себя сам электрододержатель 1, который имеет коническую посадку под крепление переходной втулки или электрода 2. Внутри электрододержателя выполнен сквозной канал, в который помещается трубка водяного охлаждения 5 из меди или латуни. Подведение охлаждающей воды происходит через каналы штуцеров 4, вворачиваемых в колодку 3.

Такая конструкция приводит к увеличению габаритов конструкции, перерасходу медных сплавов и усложнению эксплуатации.

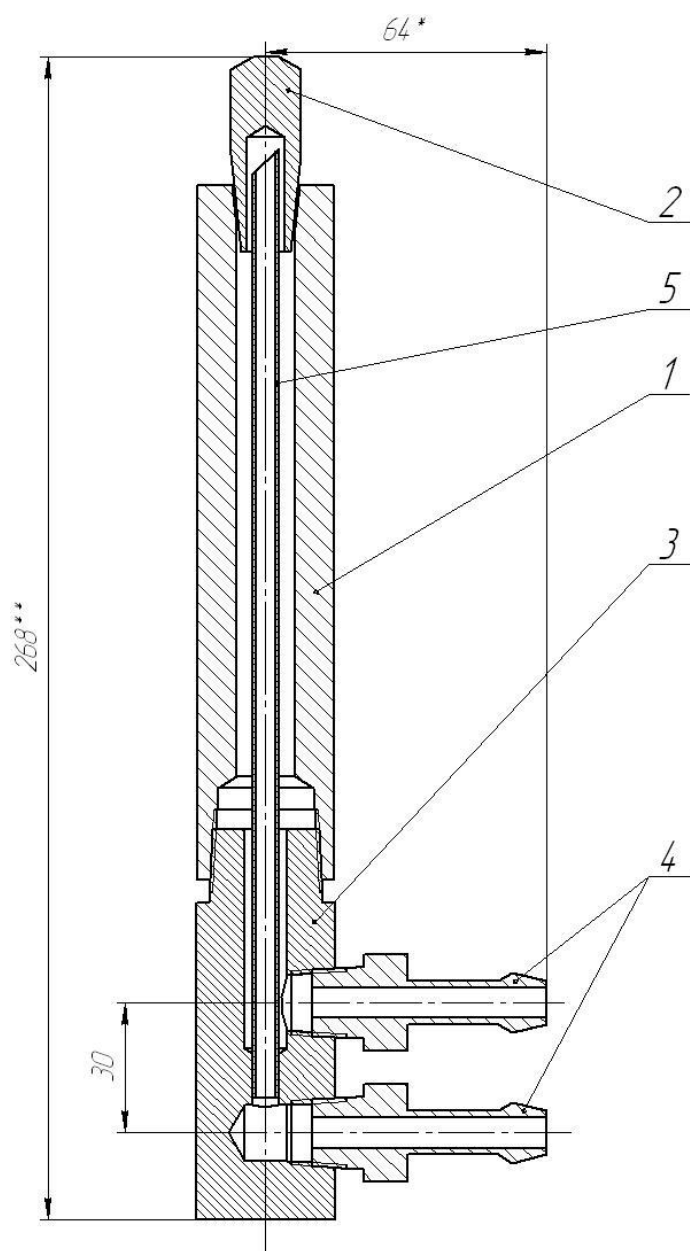


Рисунок 5 – Базовый вариант конструкции свечи вторичного контура

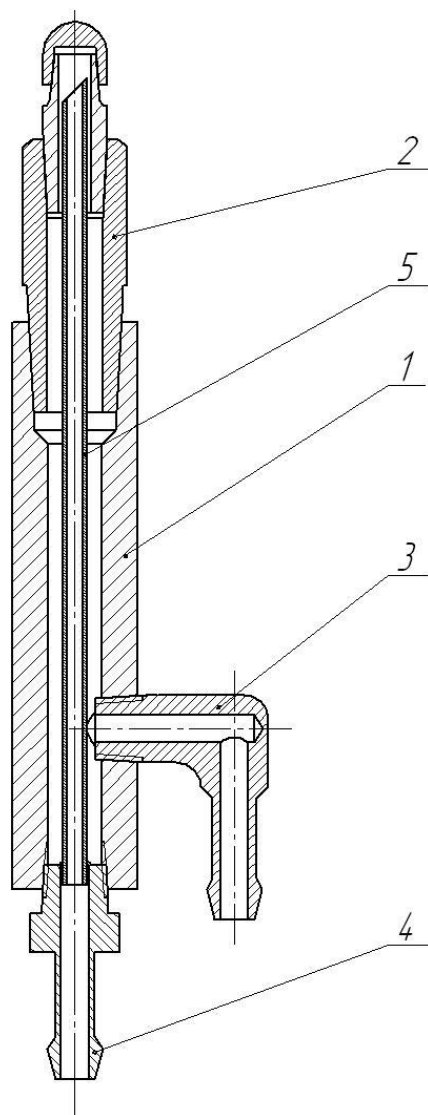


Рисунок 6 – Проектный вариант конструкции свечи вторичного контура

Предлагаемая конструкция свечи вторичного контура представлена на рисунке 6 и включает в себя сам электрододержатель 1, который имеет коническую посадку под крепление переходной втулки или электрода 2. На боковой части электрододержателя выполнено резьбовое отверстие, в которое вворачивается гнутый штуцер 3. На противоположном электродному узлу торце выполнено резьбовое отверстие, в которое вворачивается прямой штуцер 4.

Предлагаемая конструкция свечи вторичного контура позволяет значительно упростить его изготовление и эксплуатацию, повысить эффективность водяного охлаждения электродного узла.

2.2 Проектирование пневматической схемы привода сжатия

На рисунке 7 представлена схема привода сжатия машины МТПУ-300, которая включает в себя пневматический цилиндр ПЦ1, три пневматических распределителя ПР1, ПР2 и ПР3, систему подготовки сжатого воздуха из фильтра-влагодетелителя ФВ1, редукционного клапана КР1 и маслораспылителя МР1, дросселирующий клапан ДК1, обратный клапан быстрого выхлопа КБВ1, три глушителя Г1, Г2 и Г3, воздухосборный ресивер ВЗ1. На рисунке 8 представлены элементы пневматической схемы, присутствующие на российском рынке.

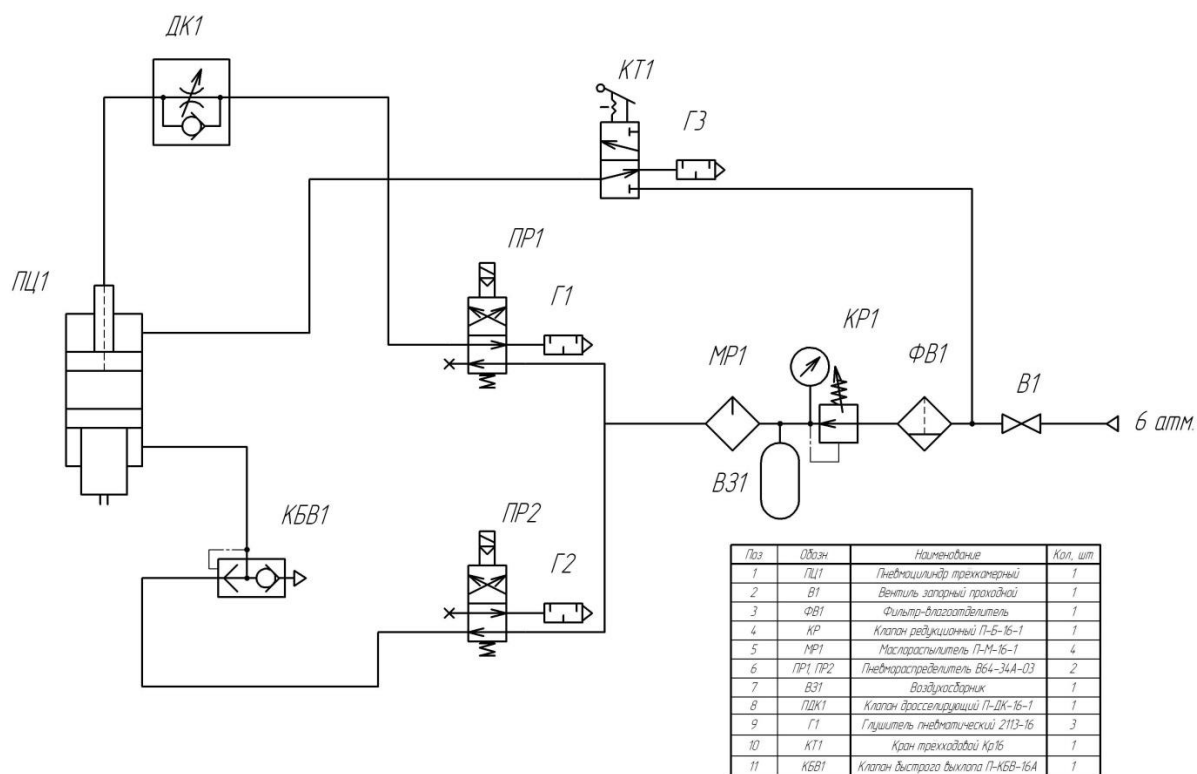


Рисунок 7 – Схема привода сжатия машины МТПУ-300



Рисунок 8 – Элементы пневматической схемы

Взаимное расположение элементов пневматической схемы машины МТПУ-300 представлено на рисунке 9. Совместная работа элементов происходит следующим образом. Управление подачей воздуха в пневматическую схему сварочной машины происходит посредством запорного проходного вентиля, который обозначен на рисунке позицией 2. При его открытии сжатый воздух давлением 6 атмосфер из заводской сети подается в пневматическую схему контактной машины. Поступающий в машину сжатый воздух проходит через фильтр-влагоотделитель, который обозначен на рисунке позицией 3 и выполняет очистку поступающего воздуха от мелких частиц и воды. Через трёхходовой кран, обозначенный позицией 10, сжатый воздух поступает в верхнюю камеру пневматического цилиндра, который обозначен позицией 1. При переключении состояния трёхходового крана 10 происходит стравливание сжатого воздуха из верхней камеры пневматического цилиндра 10 и появляется возможность регулирования рабочего хода за счёт положения регулирующей гайки на штоке пневматического цилиндра.

Снижение давления сжатого воздуха с 6 атмосфер до рабочего давления выполняется редукционным клапаном, который обозначен на рисунке позицией 4. Насыщение редуцированного сжатого воздуха взвесью масла обеспечивается маслораспылителем, который обозначен на рисунке позицией 5. При подаче управляющего тока на катушку распределителя 6 редуцированный сжатый воздух поступает в центральную камеру пневматического цилиндра 1. В противном случае сжатый воздух из центральной камеры стравливается в атмосферу. При отсутствии подачи управляющего тока на катушке второго распределителя 6 происходит подача сжатого редуцированного воздуха в нижнюю камеру пневматического цилиндра 1. При подаче управляющего тока на катушку второго распределителя 6 происходит стравливание сжатого воздуха из нижней камеры через клапан быстрого выхлопа 11. Рессивер 7 позволяет избежать скачков давления при работе машины.

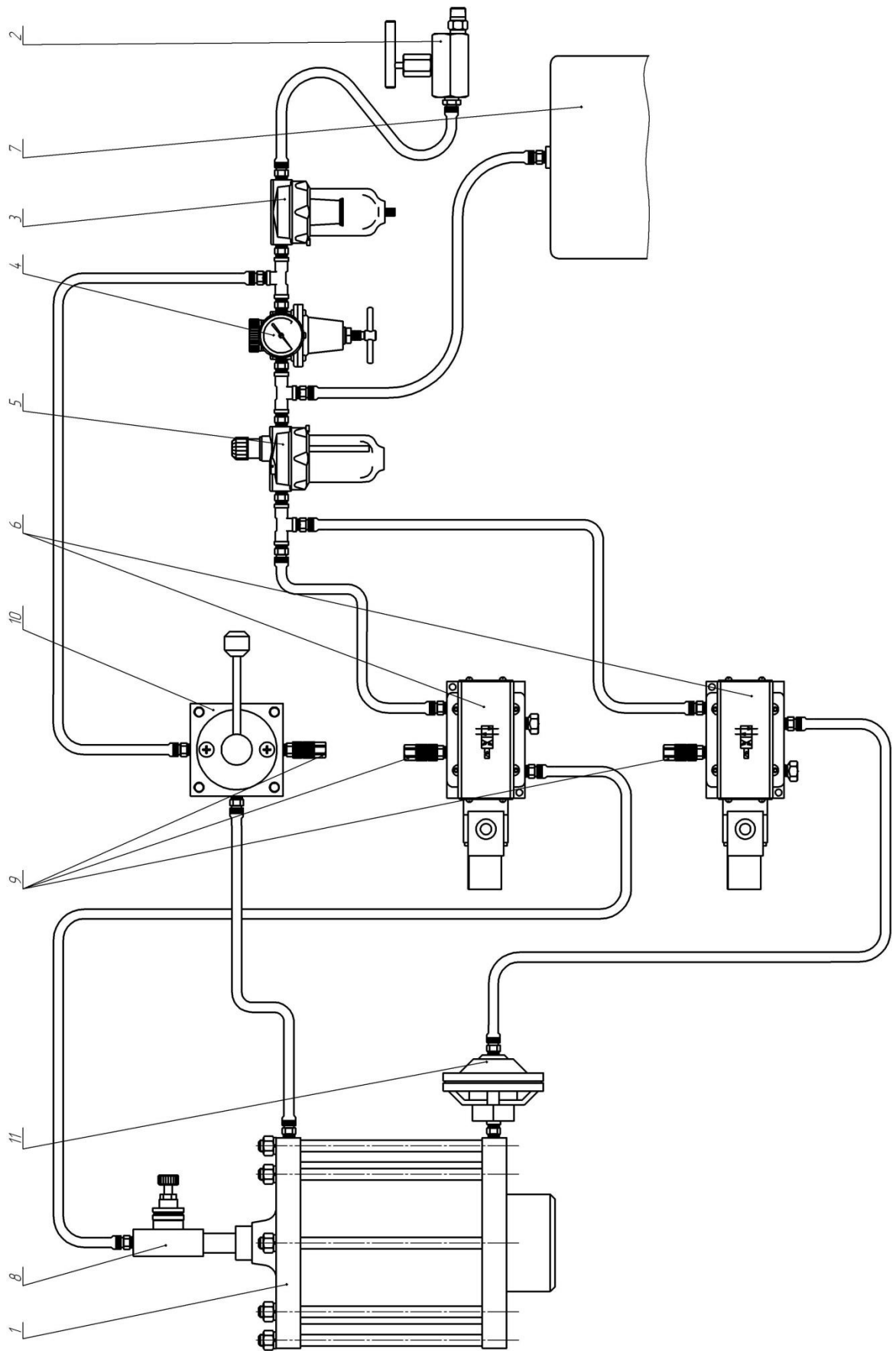


Рисунок 9 – Взаимное расположение элементов пневматической схемы машины МТПУ-300

Таким образом, работа пневматической схемы машины МТПУ-300 возможна в четырёх режимах.

В первом случае, при отключенном токе управления на пневматических распределителях 6 и включенном трёхходовом кране 10 сжатый воздух сетевого давления 6 атмосфер подаётся в верхнюю камеру пневматического цилиндра 1, а редуцированный сжатый воздух рабочего давления подаётся в нижнюю камер пневматического цилиндра 1. Таким образом, нижний поршень перемещается вверх до упора в верхний поршень, привод работает в режиме обратного хода.

Во втором случае, при отключенном токе управления на пневматических распределителях 6 и выключенном трёхходовом кране 10 редуцированный сжатый воздух рабочего давления подаётся в нижнюю камер пневматического цилиндра 1. Таким образом, нижний поршень перемещается вверх до упора в верхний поршень и начинает перемещать его вверх, привод работает в режиме дополнительного хода.

В третьем случае, при включенном трёхходовом кране 10, включенном токе управления на первом пневматическом распределителе 6 и выключенном токе управления на втором пневматическом распределителе 6 сжатый воздух сетевого давления 6 атмосфер подаётся в верхнюю камеру пневматического цилиндра 1, а редуцированный сжатый воздух рабочего давления подаётся в центральную и нижнюю камеры пневматического цилиндра 1. Таким образом, нижний поршень перемещается вниз, привод развивает сварочное усилие.

В четвёртом случае, при включенном трёхходовом кране 10, включенном токе управления на первом пневматическом распределителе 6 и включенном токе управления на втором пневматическом распределителе 6 сжатый воздух сетевого давления 6 атмосфер подаётся в верхнюю камеру пневматического цилиндра 1, а редуцированный сжатый воздух рабочего давления подаётся в центральную камеру. Таким образом, нижний поршень перемещается вниз, привод развивает ковочное усилие.

На рисунке 10 представлена схема привода сжатия машины МТП-150, которая включает в себя пневматический цилиндр ПЦ1, пневматический распределитель ПР1, систему подготовки сжатого воздуха из фильтра-влагоотделителя ФВ1, редукционного клапана КР1 и маслораспылителя МР1, два дросселирующих клапана ДК1 и ДК2, , глушитель Г1, воздухосборный ресивер ВЗ1.

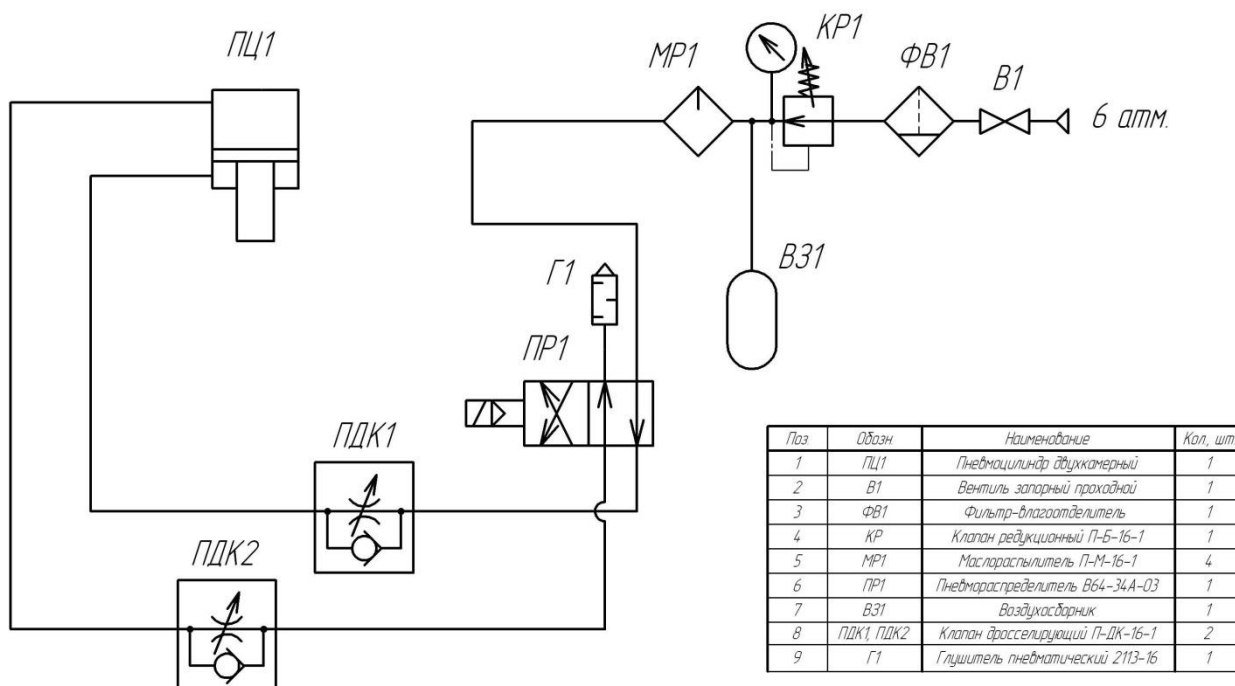


Рисунок 10 – Схема привода сжатия машины МТП-150

Взаимное расположение элементов пневматической схемы машины МТП-150 представлено на рисунке 11.

Совместная работа элементов происходит следующим образом. Управление подачей воздуха в пневматическую схему сварочной машины происходит посредством запорного проходного вентиля, который обозначен на рисунке позицией 2, При его открытии сжатый воздух давлением 6 атмосфер из заводской сети подается в пневматическую схему контактной машины. Поступающий в машину сжатый воздух проходит через фильтр-влагоотделитель, который обозначен на рисунке позицией 3 и выполняет очистку поступающего воздуха от мелких частиц и воды.

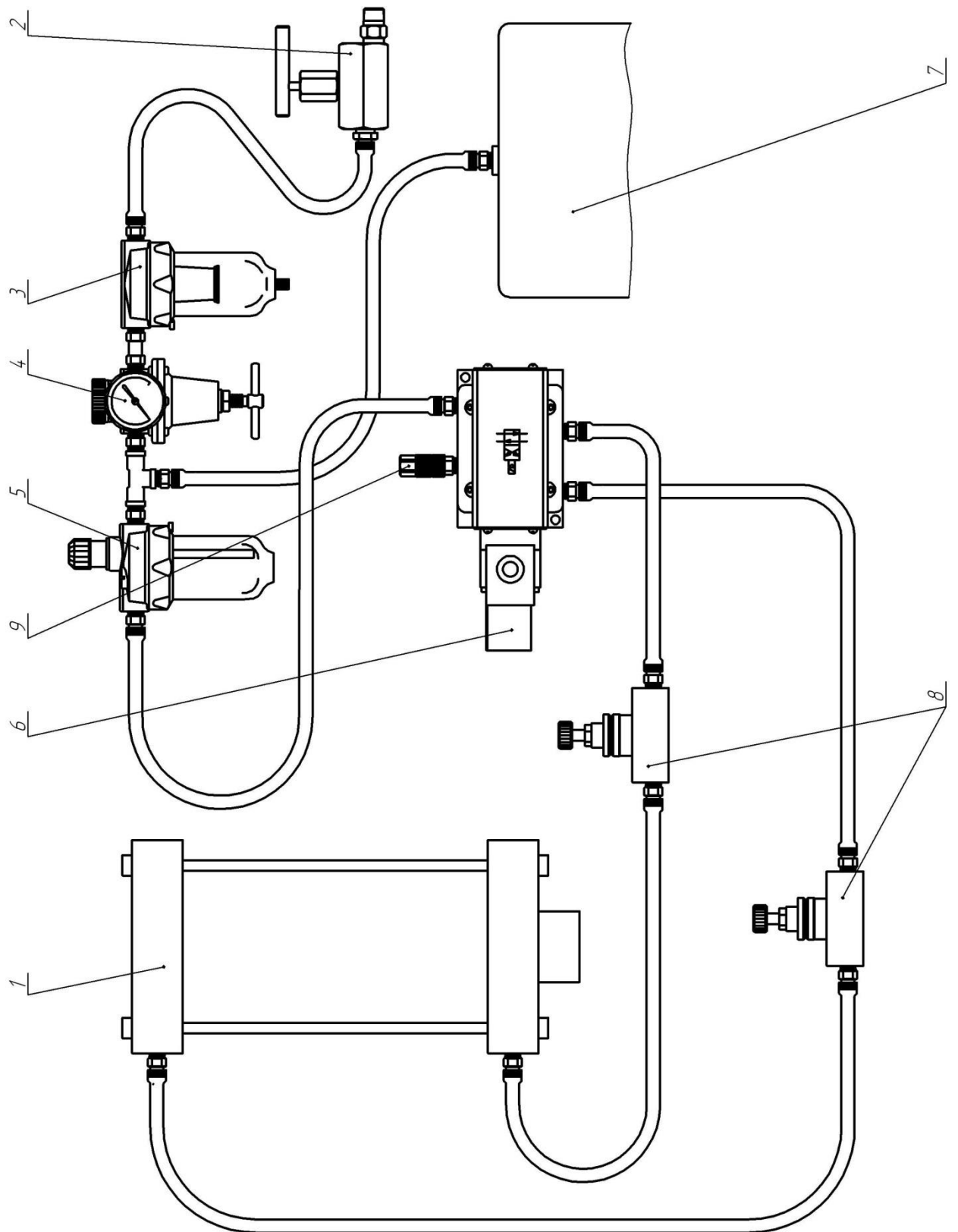


Рисунок 11 – Взаимное расположение элементов пневматической схемы машины МТП-150

Снижение давления сжатого воздуха с 6 атмосфер до рабочего давления выполняется редукционным клапаном, который обозначен на рисунке позицией 4. Насыщение редуцированного сжатого воздуха взвесью масла обеспечивается маслораспылителем, который обозначен на рисунке позицией 5. При подаче управляющего тока на катушку распределителя 6 редуцированный сжатый воздух поступает в верхнюю камеру пневматического цилиндра 1. В этом случае привод развивает сварочное усилие. При отсутствии подачи управляющего тока на катушке распределителя 6 происходит подача сжатого редуцированного воздуха в нижнюю камеру пневматического цилиндра 1. В этом случае привод развивает усилие обратного хода. Рессивер 7 позволяет избежать скачков давления при работе машины.

2.3 Проектирование электрической схемы контактной сварочной машины

Электрическая схема сварочной машины представлена на рисунке 12 и включает в себя сварочный трансформатор Т1, подключение первичной обмотки которого к сети напряжением 380 В происходит через тиристорный контактор VS1-VS2. Для открытия тиристоров в тиристорном контакторе служит импульсный трансформатор Т4 блока поджига БП. Через клеммник X2 выполняется подключение блока поджига к контактору.

Для синхронизации работы аппаратуры управления с напряжением питающей сети и для питания цепей управления применяется понижающий трансформатор Т2, который понижает напряжение с 380 В до 110 В. Запуск сварочного цикла происходит при замыкании контакта S1, выполненного в виде педали пуска.

Главный клеммник X1 служит для подключения всех исполнительных элементов к регулятору контактной сварки. Управление работой пневматических распределителей происходит путём подачи управляющего

тока на электромагнитные катушки лидеров K1 и K2. Для измерения тока во вторичном контуре применяется воздушный трансформатор (пояс Роговского).

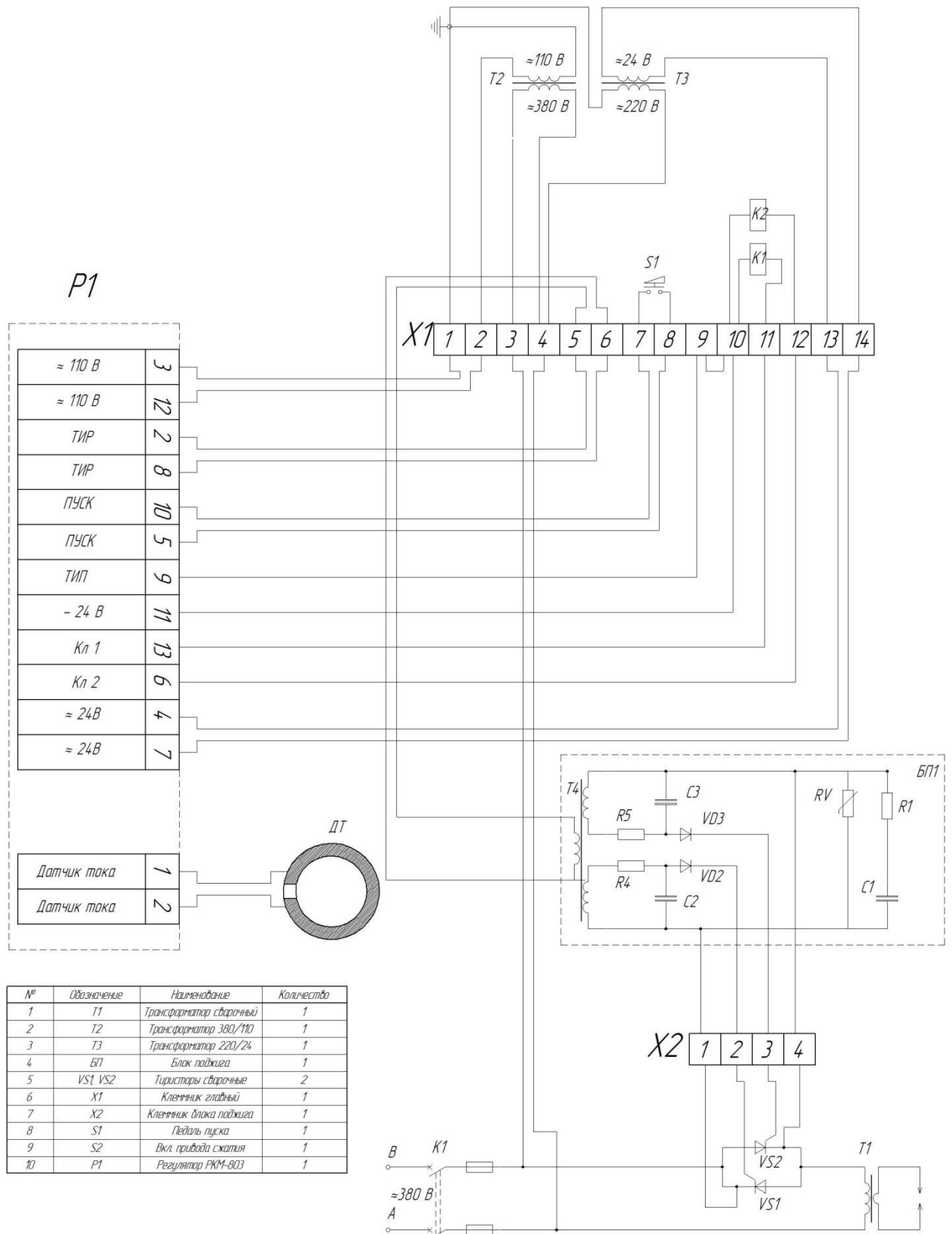


Рисунок 12 – Принципиальная электрическая схема машин МТП-150 и МТПУ-300

Начало сварочного цикла происходит после нажатия педали S1. При этом если педаль S1 отпущена до момента прохождения импульса сварочного тока, то цикл сварки прерывается, и ток не пропускается. Если педаль S1 отпущена после начала протекания сварочного тока, то цикл сварки проходит от начала до конца.

Датчик тока ДТ осуществляет получение информации о токе во вторичном контуре и обеспечивает обратную связь по току. При этом происходит стабилизация действующего значения тока во вторичном контуре и компенсируется воздействие всех возмущающих факторов, изменяющих его (внесение в контур ферромагнитных масс, состоянии поверхности свариваемых деталей, изменение сопротивления участка электрод-электрод в процессе деформации свариваемых стержней и износа сварочных электродов).

Понижающий трансформатор ТЗ служит для получения постоянного напряжения 24 В. При этом в регулятор поступает переменное напряжение 24 В, а так происходит его выпрямление. Выпрямленное напряжение используется для питания катушек пневмораспределителей, подачи напряжения на педаль пуска, формирования импульсов для управления блоком поджига.

2.4 Повышение эффективности контактной точечной сварки за счёт технологических решений

В рамках настоящего раздела предполагается выработка методики поиска оптимальных параметров режима контактной точечной сварки деталей кузова легкового автомобиля. Толщина свариваемых деталей составляет 0,8 мм + 0,8 мм. Материал свариваемых деталей – сталь 08Ю.

Критерием качества в рассматриваемом случае будет выступать диаметр ядра сварной точки, который определяют посредством разрушения

сварного соединения при помощи молотка и зубила. Размеры образцов для экспериментальной сварки составляют 100×200 мм.

Для того, чтобы снизить предстоящие расходы на проведение экспериментов, необходимо уменьшить их количество. Это позволит провести оптимизацию проектного процесса при минимальных затратах и существенно уменьшить объём обработки экспериментальных данных [14], [21].

При построении технологического процесса контактной точечной сварки необходимо принимать во внимание значительное количество входящих параметров, к которым относятся параметры режима сварки. При построении технологии и выборе оптимальных параметров режима необходимо принимать во внимание, что результат от нескольких отдельных факторов, действующих совместно, может существенно отличаться от суммы результатов каждого фактора в отдельности. Поэтому в рассматриваемом случае необходимо применить методы планирования и статистической обработки экспериментальных данных

Для поиска оптимальных параметров режима контактной точечной сварки предлагается применить методику планирования эксперимента и статистической обработки экспериментальных данных. При подборе параметров сварки в зависимости от выбранных режимов возможно появление дефектов (непровары, выплески, прожоги), при работе в условиях нагружения возможно преждевременное разрушение в месте выполнения контактной сварки.

Таким образом, в качестве основных входящих параметров следует принять три параметра.

Первый входящий параметр (фактор X_1) – сила тока сварки, средний уровень которого принимаем – 8 кА, интервал варьирования – 3 кА.

Второй входящий параметр (фактор X_2) – сварочное усилие на электродах, средний уровень которого принимаем – 1,6 кН, интервал варьирования – 0,6 кН.

Третий входящий параметр (фактор X_3) – длительность импульса тока, средний уровень которого принимаем – 0,12 сек, интервал варьирования – 0,04 сек.

В ходе настоящего исследования спланируем экстремальный эксперимент, в котором предусмотрено изменение входящих параметров в сочетании максимального или минимального значения. Это позволит провести первый этап планирования и получить линейную модель.

В таблице 1 представлены значения входящих параметров, принимаемых для проведения факторного эксперимента. Таким образом, нам предстоит выполнить полный факторный эксперимент с тремя факторами, матрица которого представлена в таблице 2.

Таблица 1 – Значения параметров для проведения факторного эксперимента

| Наименование параметра | Обозначение фактора | Минимальное значение | Максимальное значение |
|------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
| Ток сварки | X_1 | 5 кА | 11 кА |
| Сварочное усилие | X_2 | 1 кН | 2,2 кН |
| Длительность импульса сварки | X_3 | 0,08 сек | 0,16 сек |

Таблица 2 – Матрица планирования полного факторного эксперимента с тремя факторами

| Номер опыта | Значения факторов | | |
|-------------|-------------------|-------|-------|
| | X_1 | X_2 | X_3 |
| 1 | - | - | + |
| 2 | - | + | - |
| 3 | + | - | - |
| 4 | + | + | + |
| 5 | - | - | - |
| 6 | - | + | + |
| 7 | + | - | + |
| 8 | + | + | - |

Представленная в таблице 2 матрица планирования эксперимента позволяет задавать алгоритм изменения параметров режима при выполнении

экспериментальной сварки и наплавки. Для задания значений параметров в натуральном виде, составим таблицу 3.

Таблица 3 – Значения входных параметров в натуральном виде

| Номер опыта | Значения факторов | | |
|-------------|-------------------|------------------|------------------------------|
| | Ток сварки | Сварочное усилие | Длительность импульса сварки |
| 1 | 5 кА | 1 кН | 0,16 сек |
| 2 | 5 кА | 2,2 кН | 0,08 сек |
| 3 | 11 кА | 1 кН | 0,08 сек |
| 4 | 11 кА | 2,2 кН | 0,16 сек |
| 5 | 5 кА | 1 кН | 0,08 сек |
| 6 | 5 кА | 2,2 кН | 0,16 сек |
| 7 | 11 кА | 1 кН | 0,16 сек |
| 8 | 11 кА | 2,2 кН | 0,08 сек |

Таким образом, для оптимизации параметров режима восстановительной наплавки понадобится первоначально проведение 8 экспериментов.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [9] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда. Следует составить перечень опасных и вредных производственных факторов, предложить мероприятия и технические средства для их уменьшения или устранения, дать рекомендации по снижению экологических рисков [2], [5].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство. Для этого следует рассчитать себестоимость производства при использовании базовой и проектной технологии, рассчитать и сравнить экономические показатели и сделать вывод об экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений [15], [16].

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта и идентификация негативных производственных факторов

В ходе настоящей выпускной квалификационной работы решались вопросы, повышения эффективности контактной точечной сварки деталей кузова автомобиля. Для этого выполнена модернизация стационарных машин контактной сварки. В частности, модернизирована схема привода сжатия электродов, оптимизирована конструкция электродных узлов. Также была выполнена оптимизация параметров режима сварки

Изменение конструкции контактной сварочной машины и самой технологии сварки могут привести к возникновению новых опасных производственных факторов.

Защита от этих факторов должна быть выполнена в настоящем разделе выпускной квалификационной работы.

В таблице 4 представлены особенности выполнения технологического процесса модернизации стационарных контактных машин, которая включает в себя:

- модернизацию электрической схемы,
- модернизацию пневматической схемы,
- модернизацию элементов вторичного контура,
- проведение пуско-наладочных испытаний.

На основании результатов исследований проектного технологического процесса на предмет выявления производственных и профессиональных рисков, которые представлены в таблице 5, выделено пять негативных производственных факторов:

- 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,
- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов.

Таблица 4 – Особенности выполнения проектного технологического процесса

| Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом | Привлекаемый для выполнения операции персонал | Перечень применяемого на операции технологического оборудования |
|--|---|---|
| 1. Модернизация электрической схемы | Слесарь-электрик по ремонту электрооборудования | Машина МТП-150, Машина МТПУ-300, тиристорный контактор, регулятор циклов сварки |
| 2. Модернизация пневматической схемы | Слесарь-ремонтник | Машина МТП-150, Машина МТПУ-300, компрессор, пневматические распределители |
| 3. Модернизация вторичного контура | Слесарь-ремонтник | Машина МТП-150, Машина МТПУ-300, ключи шестигранные |
| 4. Испытание сварочной машины | Сварщик на машинах контактной сварки | Машина МТП-150, Машина МТПУ-300 |

Таблица 5 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

| Наименование технологической операции | Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса |
|---------------------------------------|---|
| 1. Модернизация электрической схемы | <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, – повышенная температура поверхностей оборудования, материалов. |
| 2. Модернизация пневматической схемы | |
| 3. Модернизация вторичного контура | |
| 4. Испытание сварочной машины | |

Машины для выполнения операций контактной точечной сварки представляют определенную опасность для жизни и здоровья обслуживающего персонала. Это сопряжено с наличием движущихся узлов и деталей, кроме того, питание как цепей управления так и силовых трансформаторов осуществляется от сети переменного тока напряжением 380 В и частотой 50 Гц.

Таким образом, для обеспечения безопасности жизни и здоровья, как обслуживающего персонала, так и иных работников цеха необходимо выполнение комплекса мероприятий, направленного как на улучшение условий труда, так и на защиту от опасных факторов.

3.2 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков

Ранее выполненная идентификация профессиональных рисков, представленная в таблице 5, позволяет выработать решения по обеспечению безопасности производственного процесса, которые представлены в таблице 6.

Физика процесса контактной точечной сварки сопряжена с нагревом металла до температуры плавления, что для низкоуглеродистых низколегированных сталей составляет порядка 1500 °С. Контакт незащищенной поверхности тела с нагретым изделием может привести к ожогам различной степени тяжести. В процессе контактной сварки может произойти разбрызгивание расплавленного металла из зоны расплава, возникает т.н. выплеск. Выплески могут привести не только к загоранию соответствующих материалов и жидкостей, но и при попадании на кожные покровы или в глаз привести к травме работника. Главное в борьбе с выплесками – предотвратить их появление, для чего наладчик обязан пристально следить за соблюдением режимов сварки и своевременно их корректировать. Кроме того, применяют различные изолирующие экраны, а

там где это невозможно, оператор должен работать в очках для защиты глаз. Выдаваемая работникам спецодежда и перчатки вполне защищают кожные покровы работника от выплесков.

Таблица 6 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

| Формулировка вредного или опасного фактора | Перечень организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих устранение вредного производственного фактора |
|---|---|
| 1) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования | 1) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками 2) устройства защитного отключения привода станков 3) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений |
| 2) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны | устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции |
| 3) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования | 1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками |
| 4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | 1) контроль изоляции и заземления 2) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 3) защитное заземление, защитное отключение |
| 5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов | 1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками |

Представленные в таблице 6 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала при выполнении проектного технологического процесса.

Анализ данных в таблице 6 позволяет заключить, что устранение влияния негативных производственных факторов или их снижение до приемлемого уровня может быть выполнено путём применения стандартных методик и технических решений.

3.3 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

В процессе осуществления проектного технологического процесса кроме возникновения негативных производственных факторов существует опасность возникновения пожара. При этом необходимо принимать во внимание, что сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 7.

На основании данных таблицы 7 возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е», который предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения.

Таблица 7 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

| | |
|--|--|
| Наименование участка | Участок, на котором осуществляется сборки и сварка |
| Наименование оборудования | Сборочная оснастка, сварочная машина, компрессор, система подготовки воды, измерительное оборудование |
| Классификация по виду горящего вещества | пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е) |
| Наименование основных опасных факторов пожара | Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него. |
| Наименование вторичных опасных факторов пожара | Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения |

Основными негативными факторами возможного пожара являются тепловой поток, разлетающиеся искры, повышенная температура воздуха, открытое пламя, токсические продукты термического разложения и горения, плохая видимость вследствие задымления, снижение концентрации

кислорода в воздухе. Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми при тушении химическими веществами.

В таблице 8 приведены технические средства по устранению этих факторов.

Таблица 8 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

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

Пожарная безопасность рассматриваемого производственного участка обеспечивается а счёт применения различных технических средств. В качестве первичных средств тушения применяются: огнетушители, ящик с песком, кошма. В качестве средств индивидуальной защиты применяется план эвакуации. В качестве пожарного инструмента применяется топор, багор и лопата. В качестве средств оповещения применяются речевые, световые и звуковые оповещатели.

Предложенные в настоящем разделе технические средства и мероприятия позволяют максимально снизить риск возникновения пожара и своевременно устранить негативные факторы при его возникновении.

3.4 Вопросы обеспечения экологической безопасности

Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы. Реализация предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений приводит к возникновению негативного антропогенного действия на окружающую среду. В таблице 12 приведены негативные воздействия на окружающую среду, которые возникают при выполнении операций проектного технологического процесса. На основании анализа исходных данных могут быть предложены технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит устранить влияние на окружающую среду негативного антропогенного фактора или уменьшить его влияние до приемлемого уровня. Предлагаемые средства для этого представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

| | |
|----------------------------------|--|
| Наименование составляющего среды | Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием |
| Атмосфера | Установка в вентиляционную систему цеха специальных улавливающих фильтров, обеспечивающих задержку выделяющихся при сварке и работе оборудования вредных веществ |
| Гидросфера | Обеспечить отсутствие протечек масла из гидравлических систем применяемого оборудования. В случае обнаружения таких протечек своевременно их устранять |
| Литосфера | Размещение на территории предприятия специализированных емкостей для селективного сбора производственного мусора. Проведение инструктажа работников на предмет соблюдения мероприятий по сбору промышленного мусора и отходов. |

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

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности контактной точечной и контактной рельефной сварки на стационарных машинах, длительное время находящихся в эксплуатации. В работе предложены изменения в конструкции контактных сварочных машин, применение которых в производстве позволяет повысить производительность сварочных работ, стойкость сварочных электродов и качество сварных соединений. На основании методики построения эксперимента предложен алгоритм поиска оптимальных параметров режима сварки.

В таблице 10 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии сборки и сварки с учётом рыночной стоимости используемого оборудования и вспомогательных затрат.

Расчёт экономической эффективности проводим на примере типовой детали кузова автомобиля – топливного бака автомобиля ВАЗ 2123, которая представлен на рисунке 13.



Рисунок 13 – Корпус топливного бака

Таблица 10 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

| Экономический показатель | Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя | Единица измерения экономического показателя | Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям | |
|--|---|---|--|----------------------|
| | | | Базовая технология | Проектная технология |
| «Число рабочих смен в сутках | $K_{см}$ | - | 1 | 1 |
| Разряд работников | P_p | - | IV | IV |
| Часовая тарифная ставка | $Cч$ | Р/час | 250 | 250 |
| 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. | 800 тыс. | 1000 тыс. |
| Норма амортизации оборудования | K_a | % | 21,5 | 21,5 |
| Мощность оборудования | $M_{уст}$ | кВт | 100 | 100 |
| Коэффициент транспортно-заготовительных расходов | $K_{т-з}$ | % | 5 | 5 |
| Стоимость электрической энергии | $Ц_{э-э}$ | Р/ кВт | 3,02 | 3,02 |
| Коэффициент полезного действия | $K_{пд}$ | - | 0,85 | 0,85 |
| Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования | $K_{мон}$ $K_{дем}$ | % | 3 | 5 |
| Площадь под оборудование | S | $м^2$ | 200 | 200 |
| Стоимость эксплуатации площадей | $C_{эксп}$ | (Р/ $м^2$)/год | 2000 | 2000 |
| Цена производственных площадей | $Ц_{пл}$ | Р/ $м^2$ | 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 |

Дальнейшие расчёты с использованием представленных выше данных предполагают оценку затрат на осуществление технологического процесса по проектному и базовому вариантам.

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

При выполнении операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса происходит работа оборудования в течение заданного времени. Величина заработной платы и вспомогательных затрат рассчитываются с учётом фонда времени работы оборудования, который следует рассчитать по исходным данным, представленным выше. Также следует принимать во внимание, что время работы оборудования позволяет рассчитать амортизационные отчисления и затраты на производственные площади. В проектом технологическом процессе и базовом технологическом процессе предусматривается выполнение операций в течение одинакового количества смен. Поэтому годовой фонд времени для проектного технологического процесса по отношению к годовому фонду времени базового технологического процесса не изменится.

Количество рабочих дней для одного года принимаем равным $D_p=277$, при этом продолжительность рабочей смены составляет $T_{см}=8$ часов. Также следует принимать во внимание уменьшение рабочей смены на величину $T_{п}=1$ час в предпраздничные дни, количество которых для одного календарного года составляет $D_{п}=7$ дней. Для количества рабочих смен $K_{см}=1$ рассчитываем годовой фонд времени:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ часов. Значение эффективного фона рабочего времени следует вычислить с учётом задаваемых потерь рабочего времени $B=7\%$:

$$F_э = F_H(1 - B/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ часов.

4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии

Величину штучного времени, которое будет затрачиваться на выполнение операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса, рассчитываем с учётом нормирования труда по выполняемым операциям согласно технологической карте. Штучное время $t_{шт}$ включает в себя затраты времени на выполнение основных операций проектного и базового технологического процессов (машинное время $t_{маш}$), подготовительных и вспомогательных операций (вспомогательное время $t_{всп}$), личный отдых (время отдыха $t_{отд}$), подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$ и времени на мелкий ремонт и обслуживание оборудования (время обслуживания $t_{обсл}$):

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 0,07 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 0,122$ часа и $t_{шт.проектн.} = 0,05 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 0,088$ часа.

Размер годовой программы $\Pi_{г}$ рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{г.баз.} = 2054 / 0,122 = 16800$ деталей для базового технологического процесса и $\Pi_{г.пр.} = 2054 / 0,088 = 23300$ деталей для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_{г} = 10000$ деталей в год.

Требуемое количество технологического оборудования определяем с учётом ранее рассчитанного штучного времени для проектного варианта технологии и базового варианта технологии. При этом следует учесть коэффициент выполнения нормы $K_{вн} = 1,03$. Выполняем расчёт:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{расч} = 0,122 \cdot 10000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,6$ для базового варианта технологического процесса; $n_{расч} = 0,088 \cdot 10000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,4$ для проектного варианта технологического процесса.

В дальнейшем при выполнении экономических расчётов количество оборудования для выполнения операций базового технологического процесса принимаем $n=1$. Количество оборудования для выполнения операций проектного технологического процесса принимаем $n=1$. На основании этого выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования $K_з$ для базового и проектного вариантов технологии:

$$K_з = n_{расч} / n. \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_з = 0,6/1 = 0,6$ для базового варианта технологического процесса и $K_з = 0,4/1 = 0,4$ для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования $K_з$ для проектного и базового вариантов технологического процесса в дальнейшем понадобятся для расчёта капитальных затрат на построение технологии.

При расчётах следует принимать во внимание, что производительность в проектной технологии по сравнению с базовой технологией значительно увеличилась. Это приводит либо к уменьшению количества применяемого оборудования, либо к уменьшению коэффициента загрузки оборудования. В настоящей выпускной квалификационной работе уменьшается количество используемого оборудования.

4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам

Выполнение операций проектного технологического процесса и операций базового технологического процесса происходят с применением расходных материалов, затраты на которые рассчитываются в зависимости от коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ}$, цены материалов C_M и нормы расходов материалов N_p по формуле:

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

Предлагаемый в настоящей выпускной квалификационной работе решения позволяют оптимизировать параметры режима сварки и повысить стойкость электродных узлов в процессе сварки. Таким образом, существенно уменьшатся затрат на охлаждающую воду, сжатый воздух и сварочные электроды. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $M=(1,2+2,2+1,7) \cdot 1,05+30\%= 7$ рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса: $M= (1,2+2,2+1,7) \cdot 1,05=5$ рублей.

Величина основной заработной платы рассчитывается на основании штучного времени $t_{шт}$, часовой тарифной ставки $C_ч$ и коэффициента доплат $K_д$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_д = 1,88$:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot K_д. \quad (8)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{осн} = 0,122 \cdot 250 \cdot 1,88 = 57$ рублей для базового варианта технологического процесса и $Z_{осн} = 0,088 \cdot 250 \cdot 1,88 = 41$ рублей для проектного варианта технологического процесса.

Величина дополнительной заработной платы $Z_{доп}$ рассчитывается в зависимости от рассчитанной выше основной заработной платы $Z_{осн}$ и коэффициента доплат $K_{доп}$, который для рассматриваемой выпускной

квалификационной работы принимается равным $K_{\text{доп}} = 12 \%$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{\text{доп}} = 57 \cdot 12 / 100 = 9$ рублей для операций базового технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 41 \cdot 12 / 100 = 5$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\text{ФЗП} = 57 + 9 = 66$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 41 + 5 = 46$ для операций проектного технологического процесса.

Отчисления на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ рассчитываем с учётом коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{\text{сн}}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{\text{сн}} = 34 \%$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{\text{сн}} = 66 \cdot 34 / 100 = 22$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 46 \cdot 34 / 100 = 16$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величину затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ определяем расчётным путём на основании амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию P_3 :

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

При вычислении амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ следует учитывать норму амортизации N_a , которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет $N_a = 21,5 \%$. Также в расчёт включено машинное время $t_{\text{маш}}$, которое ранее было рассчитано для операций

проектной и базовой технологий. В формулу включены также эффективный годовой фонд времени работы оборудования F_3 и цена оборудования $\Pi_{об}$.

$$A_{об} = \frac{\Pi_{об} \cdot N_a \cdot t_{маш}}{F_3 \cdot 100}. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об.} = 800000 \cdot 21,5 \cdot 0,122 / 2054 / 100 = 10$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об.} = 1000000 \cdot 21,5 \cdot 0,088 / 2054 / 100 = 9$ рублей.

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций по проектному технологическому процессу рассчитываются с учётом мощности оборудования $M_{уст}$, КПД оборудования, машинного времени $t_{маш}$ и стоимости электрической энергии для предприятий $\Pi_{ээ}$:

$$P_{ээ} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot \Pi_{ээ} / \text{КПД}. \quad (13)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{ээ} = 100 \cdot 0,07 \cdot 3,4 / 0,85 = 28$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{ээ} = 100 \cdot 0,05 \cdot 3,4 / 0,85 = 20$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $Z_{об} = 10 + 28 = 38$ рублей по базовому технологическому процессу и $Z_{об} = 9 + 20 = 29$ рублей по проектному технологическому процессу.

Размер технологической себестоимости $C_{тех}$ определяется исходя из ранее определённых значений затрат на материалы M , отчислений на социальные нужды $O_{сн}$, фонда заработной платы $\Phi ЗП$ и затрат на оборудование $Z_{об}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{тех} = 7 + 66 + 22 + 38 = 133$ рублей для базового варианта

технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{\text{тех}} = 5 + 46 + 16 + 29 = 96$ рублей.

Размер цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ определяется исходя из ранее определённой технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{цех}} = 133 + 1,5 \cdot 57 = 133 + 86 = 219$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}} = 96 + 1,5 \cdot 41 = 96 + 62 = 158$ рублей.

Размер заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ определяется исходя из ранее определённой цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, коэффициента заводских расходов и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{зав}} = 219 + 1,15 \cdot 57 = 219 + 66 = 285$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}} = 158 + 1,15 \cdot 41 = 158 + 47 = 205$ рублей.

В таблице 11 представлена калькуляция заводской стоимости выполнения операций по базовому варианту технологического процесса и проектному варианту технологического процесса.

Таблица 11 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости

| Показатель | Условное обозначение | Калькуляция, руб. | |
|----------------------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| | | Базовый вариант | Проектный вариант |
| 1. «Затраты на материалы | M | 7 | 5 |
| 2. Фонд заработной платы | $\Phi ЗП$ | 66 | 46 |
| 3. Отчисления на соц. нужды | $O_{\text{сн}}$ | 22 | 16 |
| 4. Затраты на оборудование | $Z_{\text{об}}$ | 38 | 29 |
| 5. Технологическая себестоимость | $C_{\text{тех}}$ | 133 | 96 |
| 6. Цеховые расходы | $P_{\text{цех}}$ | 86 | 62 |
| 7. Цеховая себестоимость | $C_{\text{цех}}$ | 219 | 158 |
| 8. Заводские расходы | $P_{\text{зав}}$ | 66 | 47 |
| 9. Заводская себестоимость» [15] | $C_{\text{зав}}$ | 285 | 205 |

Данные, представленные в таблице 11, позволяют судить о высокой эффективности проектной технологии, которая позволяет уменьшить заводскую себестоимость относительно базовой технологии.

Дальнейшие работы направлены на определение величины капитальных вложений при реализации проектной технологии и реализации базовой технологии. Далее будут вычислены экономические показатели предлагаемых решений и сделан вывод об эффективности внедрения этих решений в производственный процесс.

4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

Вычисляем капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ на реализацию технологического процесса по базовому варианту. Расчёт следует выполнять с учётом коэффициента загрузки оборудования K_p и остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об. б.}}$.

Величину остаточной стоимости оборудования определяем с учётом рыночной стоимости аналогичного нового оборудования $\Pi_{\text{перв}}$, срока службы оборудования $T_{\text{сл}}$ и нормы амортизационных отчислений N_a :

$$\Pi_{\text{об. б.}} = \Pi_{\text{перв}} - (\Pi_{\text{перв}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_a / 100). \quad (17)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{\text{об. б.}} = 800000 - (800000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 456000$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{об. б.}} \cdot K_{3.б.} \quad (18)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 456000 \cdot 0,6 = 373600$ рублей.

Расчёт капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ при реализации проектной технологии требует учёта капитальных вложений в производственные

площади $K_{пл.пр.}$, сопутствующих затрат $K_{соп}$ и капитальных затрат на оборудование $K_{об.пр.}$:

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

Величина капитальных затрат на оборудование для реализации проектного варианта технологического процесса рассчитывается с учётом коэффициента транспортно-заготовительных расходов, значение которого для настоящей выпускной квалификационной работы составило $K_{тз}=1,05$, цены оборудования $Ц_{об}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_з$:

$$K_{об.пр.} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{тз} \cdot K_{зп.} \quad (20)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{об.пр.} = 1000000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 420000$ рублей.

Величина сопутствующих затрат $K_{соп}$ рассчитывается с учётом расходов на демонтаж $P_{дем}$ оборудования по базовому технологическому процессу и монтаж $P_{мон}$ оборудования по проектному технологическому процессу.

Расходы на демонтаж с учётом коэффициента расходов на демонтаж оборудования $K_{дем} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{дем} = Ц_{об. б.} \cdot K_{д.} \quad (21)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{дем} = 800000 \cdot 0,05 = 40000$ рублей.

Расходы на монтаж с учётом коэффициента расходов на монтаж оборудования $K_{мон} = 0,05$ рассчитываются как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{монт} = 1000000 \cdot 0,05 = 50000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

$$P_{соп} = P_{дем} + P_{монт.} \quad (23)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{соп}} = 40000 + 50000 = 90000$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}} = 420000 + 90000 = 510000$ рублей.

Расчёт дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ проводим с учётом капитальных затрат для проектной технологии $K_{\text{общ. пр}}$ и капитальных затрат по базовой технологии $K_{\text{общ. б}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{доп}} = 510000 - 373600 = 136400$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы Π_r :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 373600/10000 = 37$ рублей за единицу продукции по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 510000/10000 = 51$ рублей за единицу продукции по проектной технологии.

4.6 Показатели экономической эффективности

Для выполнения экономического обоснования настоящей выпускной квалификационной работы рассчитаем основные показатели эффективности.

Снижение трудоемкости $\Delta t_{\text{шт}}$ рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{\text{шт}} = (0,122 - 0,088) \cdot 100 \% / 1,22 = 28 \%$.

Повышение производительности Π_r рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_T = 100 \cdot 28 / (100 - 28) = 39 \%$.

Уменьшение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$ рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{\text{тех}} = (133 - 96) \cdot 100\% / 133 = 28 \%$.

Размер условно-годовой экономии $P_{\text{ож}}$ рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{ож}} = (285 - 205) \cdot 10000 = 800000$ рублей.

Длительность срока окупаемости предлагаемых мероприятий $T_{\text{ок}}$ составляет:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{\text{ок}} = 136400 / 800000 = 0,2$ года.

Величина годового экономического эффекта \mathcal{E}_T рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\mathcal{E}_T = 800000 - 0,33 \cdot 136400 = 755000$ руб.

Таким образом, с учётом особенностей выполнения операций технологического процесса по проектному варианту и базовому варианту был выполнен расчёт основных экономических показателей производства.

При внедрении предлагаемых решений наблюдается некоторое увеличение расходов на оборудование, что связано с повышением стоимости оборудования. В частности, потребовалась замена прерывающего устройства, устанавливаемого со стороны первичной обмотки сварочного трансформатора. Игнитронные прерыватели были заменены на современные тиристорные прерыватели. Кроме того, были заменены элементы схемы

пневматического привода сжатия, что позволило повысить производительность за счёт увеличения скорости хода рабочего пневмоцилиндра. Также была выполнена замена управляющей аппаратуры, что позволило перейти на более производительные режимы сварки за счёт повышения жесткости режима. Также замена элементов электродной группы позволила на 30 % повысить стойкость электродов. Таким образом, введённые изменения в конструкцию сварочной машины позволили увеличить производительность труда, уменьшить затраты на материалы и повысить качество выполнения сварных соединений.

При введении предлагаемых изменений наблюдается расширение технологических возможностей оборудования, которое проявляется в повышении качества выпускаемой продукции, производительности труда и снижении расходов на материалы. Таким образом, внедрение в производство результатов настоящей выпускной квалификационной работы позволяет получить положительный экономический эффект.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений. Производительность труда повышается на 39 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 28 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,755 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,2 года.

Следует учитывать, что экономический эффект посчитан на одной сварочной машине. При использовании предлагаемых решений на нескольких единицах оборудования экономический эффект мультиплицируется.

Вышеизложенное позволяет судить о высокой эффективности настоящей выпускной квалификационной работы.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности контактной рельефной сварки и контактной точечной сварки на стационарных машинах.

В работе предложены изменения в конструкции контактных сварочных машин, применение которых в производстве позволяет повысить производительность сварочных работ, стойкость сварочных электродов и качество сварных соединений.

В ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы была проведена модернизация машин для контактной сварки. Выполнена замена прерывающего устройства, устанавливаемого со стороны первичной обмотки сварочного трансформатора. Игнитронные прерыватели были заменены на современные тиристорные прерыватели. Кроме того, были заменены элементы схемы пневматического привода сжатия, что позволило повысить производительность за счёт увеличения скорости хода рабочего пневмоцилиндра. Также была выполнена замена управляющей аппаратуры, что позволило перейти на более производительные режимы сварки за счёт повышения жесткости режима. Также замена элементов электродной группы позволила на 30 % повысить стойкость электродов. Таким образом, введённые изменения в конструкцию сварочной машины позволили увеличить производительность труда, уменьшить затраты на материалы и повысить качество выполнения сварных соединений.

Также в работе на основании методики построения эксперимента предложен алгоритм оптимизации параметров режима сварки.

При анализе опасных и вредных производственных факторов, которые сопровождают выполнение операций проектного технологического процесса, идентифицированы негативные производственные факторы, предложены технические средства и организационные мероприятия по защите от них.

Выполнена оценка проектной технологии на предмет обеспечения экологической безопасности. Предложены организационные мероприятия по защите окружающей среды от возникающих при реализации проектной технологии негативных антропогенных факторов.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений. Производительность труда повышается на 39 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 28 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,755 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,2 года.

Следует учитывать, что экономический эффект посчитан на одной сварочной машине. При использовании предлагаемых решений на нескольких единицах оборудования экономический эффект мультиплицируется.

Таким образом, внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений в производство позволяет получить доказанный расчётным путём экономический эффект. Доказана экономическая и технологическая эффективность предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель выпускной квалификационной работы достигнутой.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые проводят контактную точечную и контактную рельефную сварку с использованием стационарных машин прессового и радиального типа.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Банов М. Д. Технология и оборудование контактной сварки: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. М. : Издательский центр «Академия», 2005. 224 с.
2. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
3. Герасимов А. А. Компьютерное управление процессом и стабилизация формирования соединений при контактной точечной сварке: Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Волгоград: Волгоградский государственный технический университет. 2010.
4. Гладков, Э.А. Задачи прогнозирования качества и управления формированием шва в процессе сварки с использованием нейросетевых моделей / Э.А. Гладков // Сварочное производство. 1996. №10. С. 36–41.
5. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
6. Ерофеев В. А., Логвинов Р. В. Компьютерная имитация контактной точечной сварки листов с покрытиями // Известия ТугГУ. 2008. № 4. С. 63–70.
7. Ерыпалов Л. А., Малахов А. Н. Вerveйко Д. С. Непровары при точечной контактной сварке // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2014. № 4. С. 100–102.
8. Захаров В. В., Кононова Е. В., Козловский С. Н. Исследование влияния зазоров на усилие сжатия деталей при точечной контактной сварке // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2012. № 7. С. 93–95.
9. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.

10. Климов А. С., Смирнов И.В., Кудинов А.К., Кудинова Г. Э. Основы технологии и построения оборудования для контактной сварки // С.-П.: Изд-во «Лань», 2021. 336 с.

11. Климов В. С. Диагностика качества контактной точечной сварки в реальном времени с использованием нейросетевых технологий: Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Москва: Московский государственный технический университет им.Н.Э. Баумана. 2013.

12. Козловский С. Н. Математическое моделирование температурного поля при контактной точечной сварке // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. 2006. № 11. С. 4–10.

13. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы: технический научно-производственный журнал. 2016. № 6. С. 18–23.

14. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю. Методология научных исследований : учебное пособие. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 164 с.

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. Кулисон Э., Ирвинг Б., Йонсен М. Р. Новые подходы к управлению качеством в сварочном производстве США // Автоматическая сварка. 1994. № 1. С. 39–47, 53.

18. Кураш В. М., Лузанов О. Р. Регулирование процесса контактной точечной сварки по выплеску // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2017. № 4. 1. 404–406.

19. Мау В. А., Улюкаев А. В. Глобальный кризис и тенденции экономического развития // Вопросы экономики. 2014. № 11. С. 15–21.
20. Ненарокомов Г. К. Об особенностях контактной точечной сварки оцинкованных сталей // Известия МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2017. № 3. С. 201–206.
21. Новиков Ф. С. Математические методы планирования экспериментов в металловедении. М. : Изд-во института стали и сплавов, 1970. 79 с.
22. Орешенко П. Ю., Лецковник А. В., Козловский С. Н. Исследование причин образования непроваров при точечной контактной сварке // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2012. № 2. С. 99–102.
23. Соловьёва К. В., Демченко А. И., Новосельцев Ю. Г. Математическое моделирование электрических и тепловых полей при односторонней контактной точечной сварке // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. 2011. № 4. С. 225–234.
24. Фурманов С. И. Разработка процесса контактной точечной сварки, обеспечивающего уменьшение деформаций лицевых поверхностей изделий: Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Могилёв: Белорусско-Российский университет. 2005
25. Чуларис А. А., Попов Н. Г., Рогозин Д. В. Расчет и проектирование оборудования для контактной сварки : учебное пособие. Ростов н/Д: Изд. центр ДГТУ, 2003. 162 с.
26. Simmons J. E., Pollock S. M. Classification of spot welds using power factor time profiles // International Journal of Production Research. 2001. № 3. P. 549–566.