

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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технология и оборудование сварки балки крыши автомобиля
LADA Granta

| | | | |
|--------------|--|-------|------------------|
| Студент | <u>Е.В. Глинкин</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| Руководитель | <u>А.С. Климов</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| Консультанты | <u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| | <u>О.М. Сярдова</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| | <u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

АННОТАЦИЯ

Контактная точечная сварка благодаря простоте автоматизации, высокопроизводительности и хорошему внешнему виду сварных соединений получила широкое распространение при изготовлении кузовных деталей автомобиля. При этом сварка возможна одним из трёх способов организации сварочного поста: с использованием универсального оборудования и ручного труда сварщика, с использованием сварочных роботов в автоматической линии или технологическом комплексе, с использованием специального сварочного оборудования.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности качества операций контактной точечной сварки при изготовлении балки крыши автомобиля LADA Granta.

Анализ конструкции изделия и базовой технологии его сборки и сварки позволил сформулировать следующие задачи:

- 1) Рассчитать параметры режима контактной сварки данной детали на многоэлектродной сварочной машине;
- 2) Разработать конструкцию многоэлектродной сварочной машины;
- 3) Разработать технологический процесс сварки данной детали на спроектированной многоэлектродной сварочной машине;
- 4) Предусмотреть меры защиты работников от опасных и вредных производственных факторов;
- 5) Произвести экономическое предложенных технических решений.

Пояснительная записка состоит из 69 страниц, графическая часть включает в себя 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| 1 Современное состояние контактной точечной сварки изделия и направления совершенствования технологического процесса | |
| 1.1 Условия работы и описание конструкции балки крыши автомобиля LADA Granta | 8 |
| 1.2 Сведения о материале изделия | 11 |
| 1.3 Операции базового технологического процесса сборки и сварки | 12 |
| 1.4 Анализ способов автоматизации контактной сварки рассматриваемой детали | 17 |
| 1.5 Задачи выпускной квалификационной работы | 21 |
| 2 Проектная технология сборки-сварки изделия оборудование для её осуществления | |
| 2.1 Проектирование компоновочной схемы многоэлектродной сварочной машины | 22 |
| 2.2 Выбор параметров режима контактной точечной сварки | 25 |
| 2.3 Проектирование электродов для контактной точечной сварки | 26 |
| 2.4 Электрическая схема многоэлектродной сварочной машины | 28 |
| 2.5 Схема пневматического привода сжатия | 32 |
| 2.6 Система охлаждения многоэлектродной сварочной машины | 36 |
| 2.7 Описание многоэлектродной контактной сварочной машины | 38 |
| 2.8 Технологический процесс сборки-сварки | 43 |

| | | |
|-----|---|----|
| 3 | Безопасность и экологичность технического объекта | |
| 3.1 | Технологическая характеристика объекта | 45 |
| 3.2 | Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков | 47 |
| 3.3 | Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки | 48 |
| 3.4 | Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений | 49 |
| 3.5 | Заключение по разделу | 50 |
| 4 | Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы | |
| 4.1 | Исходные данные для выполнения расчетов | 51 |
| 4.2 | Расчёт фонда времени | 53 |
| 4.3 | Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса | 54 |
| 4.4 | Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии | 57 |
| 4.5 | Калькуляция заводской себестоимости базовой и проектной технологии | 61 |
| 4.6 | Капитальные затраты по базовому и проектной технологиям | 62 |
| 4.7 | Показатели экономической эффективности проектной технологии | 64 |
| 4.8 | Заключение по экономическому разделу | 65 |
| | ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 67 |
| | СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ | 68 |

ВВЕДЕНИЕ

Широкое применение контактной точечной сварки в различных областях промышленности, обусловлено высокой степенью ее механизации, роботизации, автоматизации и, как следствие, высокой производительностью. В сварном точечном соединении возможно возникновение различных дефектов, причинами которых являются несовершенство оборудования для контактной сварки, сборочные, подготовительные операции и др. Необходимым условием формирования качественного сварного соединения, выполненного с применением контактной сварки, является образование общей для соединяемых заготовок расплавления. Эта зона расплавления должна иметь заданные размеры, что в свою очередь позволяет обеспечить важнейшее эксплуатационное свойство – прочность точечного сварного соединения [1]. Размер этой зоны при точечной сварке определяется диаметром литого ядра и регламентируется ГОСТ 15878–79 «Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы и размеры».

Основными дефектами КТС можно назвать непровар, выплеск, трещины, раковины и отклонение геометрических параметров сварного соединения [2]. Непровар является одним из самых опасных дефектов и может проявляться в виде полного отсутствия или уменьшения литого ядра, а также при частичном или полном сохранении оксидной пленки или плакирующего слоя в контакте деталь–деталь. Количество дефектов, которые могут быть допущены допускаемых без исправления, и количество дефектов, подлежащих исправлению, определяется ответственностью сварного узла и регламентировано соответствующими техническими условиями. Значительно снизить количество дефектов и вероятность их появления позволяет контроль режимов работы оборудования (электрических и механических) и управление процессом КТС [3].

Контактная точечная сварка благодаря простоте автоматизации, высокопроизводительности и хорошему внешнему виду сварных соединений получила широкое распространение при изготовлении кузовных деталей автомобиля. При этом сварка возможна одним из трёх способов организации сварочного поста: с использованием универсального оборудования и ручного труда сварщика, с использованием сварочных роботов в автоматической линии или технологическом комплексе, с использованием специального сварочного оборудования.

До недавнего времени последователи западно-либеральной модели развития российского общества делали ставку на интеграцию российских автомобилестроительных предприятий в мировую экономику по рецептам западных производств – построение гибких производственных систем с применением промышленных роботов. В настоящее время понятно, что капиталистический путь развития себя исчерпал, при этом, Российская Федерация должна стремиться к организации самостоятельных производств, выпускающих большое число недорогих товаров относительно высокого качества. Этого можно добиться только путём применения специализированного оборудования. Для производства кузовных деталей автомобиля это будут многоэлектродные сварочные машины.

В пользу использования МТМ в отечественном машиностроении говорит и то, что оно обладает некоторой степенью инертности – прижившиеся и хорошо зарекомендовавшие себя марки автомобиля выпускаются годами, и автомобиль становится во истину «народным». Отсутствие необходимости быстрой переналадки на выпуск новой модели позволяет получить максимальный экономический эффект именно от использования МТМ. Это приведёт не только к снижению производственных затрат и уменьшению стоимости автомобиля, но и несёт политический и социальный характер – отечественный автомобиль становится конкурентоспособным именно из-за своей цены (по качеству сборки и

комплектующих, к сожалению, отечественный автопром пока отстаёт от зарубежного производителя).

В связи с этим актуальной будет цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности качества операций контактной точечной сварки при изготовлении балки крыши автомобиля LADA Granta.

Даная цель должна быть достигнута путём применения современных методик контроля качества и управления процессами контактной точечной сварки, а также применением доказавших свою эффективность подходов к построению специализированного оборудования для автоматизированной контактной сварки.

1 Современное состояние контактной точечной сварки изделия и направления совершенствования технологического процесса

1.1 Условия работы и описание конструкции балки крыши автомобиля LADA Granta

Рассматриваемая в данной выпускной квалификационной работе деталь, применительно к которой будет совершенствоваться технология контактной сварки - балка крыши задняя в сборе (рис. 1.1). Назначение этой детали - создавать силовой каркас автомобиля, обеспечение крепления обивки крыши. Также рассматриваемая деталь обеспечивает жесткость панели крыши автомобиля в случае его опрокидывания и попадания на его крышу значительных масс снега. Приварка изделия к кузову автомобиля выполняется по левой и правой боковинам кузова. В поперечном сечении рассматриваемая деталь имеет коробчатую форму и включает в себя: 1) балку крыши заднюю верхнюю (деталь кузова № 2191-57011128); 2) балку крыши заднюю нижнюю (деталь кузова № 2191-57011122).

Таким образом, сварной узел включает в себя две детали, соединение которых происходит путём простановки 31 сварной точки согласно по ГОСТ 15878-79. Длина изделия составляет порядка 1000 мм. Эксплуатация изделия осуществляется в условиях перепада температур в диапазоне от +40° до - 40°. В процессе эксплуатации изделие подвергается действию статических и динамических нагрузок. Эти нагрузки возникают во время движения автомобиля и при его ускорении. Различное состояние дорожного полотна может вызывать возникновение вибрационных нагрузок. Рассматриваемый узел выполняет функцию пассивной безопасности – в момент опрокидывания автомобиля происходит защита салона от деформации. Изделие в процессе эксплуатации автомобиля не подвергается воздействию агрессивных и коррозионных сред. Рассматриваемый сварной узел деталь не является лицевым.

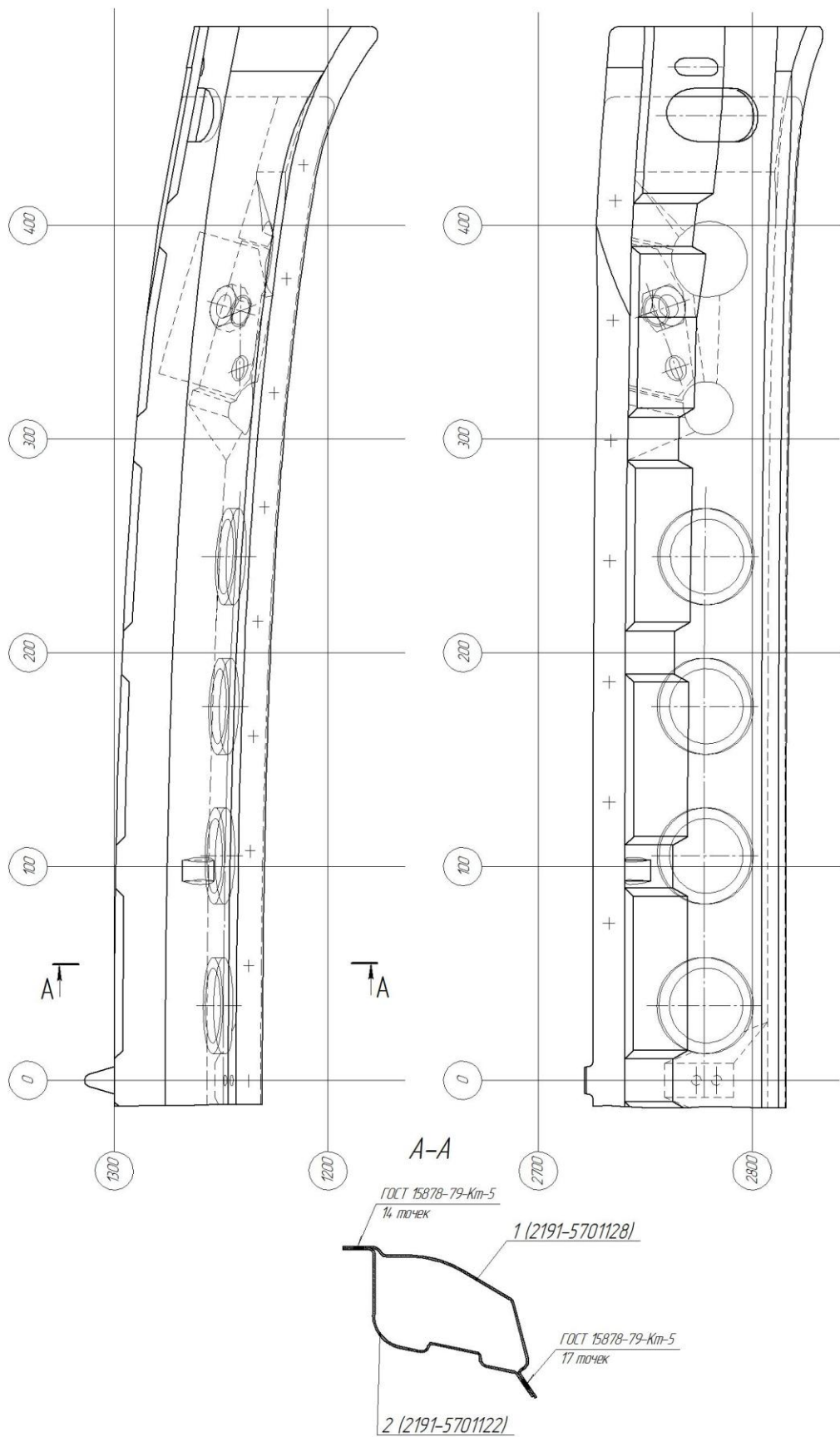


Рисунок 1.1 – Балка крыши задняя в сборе ВАЗ 2191

Оценку эффективности применения многоэлектродной сварочной машины для изготовления рассматриваемого сварного узла проводим путём проверки соответствия конструкции сварного узла требованиям [4]:

Требование 1. Выполнение изделия из материалов, которые хорошо свариваются с применением контактной сварки. Это условие выполняется, так как детали узла изготовлены из низкоуглеродистой стали.

Требование 2. Сложный узел должен быть рационально разделён на подузлы, которые имели бы оптимальные габариты и расположение сварных соединений. Это условие выполняется – рассматриваемый сварной узел состоит из двух простых деталей, адекватное расположение сварных точек в легкодоступных местах.

Требование 3. Минимальное количество число ранее приваренных деталей, которые могут затруднить доступ сварочных электродов к месту сварки. Это условие выполняется – на рассматриваемом сварном узле отсутствуют приваренные узлы.

Требование 4. Базы фиксации свариваемого изделия (на кондукторе или столе машины) должны совпадать с базами фиксации как при изготовлении деталей, так и при сборке сваренной сборочной единицы в готовом механизме (в машине и пр.) – будет учтено при проектировании многоэлектродной сварочной машины.

Требование 5. Минимальное число сварных соединений на лицевой поверхности сварного узла. Это требование соблюдено - сварные точки на лицевой стороне отсутствуют, так как рассматриваемый сварной узел не является лицевым.

Требования 6. Сварной узел должен иметь такую конструкцию, чтобы обеспечить расположение сварочных электродов под углом к плоскости контактируемых деталей не менее 85° . Это условие соблюдено - угол подвода электродов к поверхности свариваемых деталей составляет 90° .

Требование 7. В сварном узле необходимо обеспечить расстояние между соседними точками не менее 40 мм, так как в противном случае

необходимо предусмотреть меры по борьбе с шунтированием сварочного тока. Это условие выполняется – при составлении проектной технологии предусмотрим повышение сварочного тока для устранения влияния эффекта шунтирования на качество сварных соединений.

Требование 8. В сварном узле следует предусмотреть величину нахлестки деталей в строго определенных пределах (чрезмерное уменьшение нахлестки приводит к повышению вероятности выплесков, а неоправданное увеличение нахлестки повлечёт за собой перерасход материалов и увеличение массы кузова автомобиля). Применительно к рассматриваемому сварному узлу это условие выполнено – величина нахлестки составляет порядка 20 мм.

1.2 Сведения о материале изделия

Выполнение заготовок для изготовления рассматриваемого сварного узла происходит на прессовом производстве путём штампования. Для этого применяют листовую сталь марки 08ЮП, толщина которой составляет 0,9 мм. Сталь 08ЮП является низкоуглеродистой качественной сталью, широко применяется при изготовлении деталей кузова в автомобилестроении. Химический состав (табл. 1.1) стали 08ЮП позволяет сочетать низкую стоимость стали и относительно высокие показатели механических свойств (табл. 1.2). Микроструктура проката должна быть ферритно-цементитной, зерно феррита должно быть вытянутым, допускается равноосное.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 08ЮП (Fe - основа)

| C | S | P | Mn | Cr | Si | Ni | Cu | N | Al |
|-----------------|--------|-----------------|----------------|-------|-------|-------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 0,05... 0,09 | ≤0,015 | 0,06... 0,09 | 0,2... 0,35 | ≤0,06 | ≤0,05 | ≤0,06 | 0,01... 0,08 | 0,003... 0,007 | 0,03... 0,07 |

Таблица 1.2 – Механические характеристики стали 08ЮП

| Наименование показателя | Предел текучести | Предел кратковременной прочности | Относительное удлинение после разрыва |
|-------------------------|------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Обозначение показателя | σ_T | σ_B | δ_{10} |
| Величина показателя | 220...280 МПа | 340...410 МПа | >31 |

1.3 Операции базового технологического процесса сборки и сварки

Заготовки со склада транспортируются на производственный участок. Заготовки находятся в оборотной таре, откуда сварщик предварительно перемещает их на участок сборки-сварки. На участке заготовки складываются в специальную тару, расставленную вокруг сборочного кондуктора. Сварщик берёт из тары балку крыши заднюю верхнюю и укладывает её в ложементы сборочного кондуктора, затем берёт из тары балку крыши заднюю нижнюю и укладывает её в ложементы сборочного кондуктора. Собранный изделие фиксируется пневматическими прижимами. Фиксация осуществляется путем нажатия кнопок двуручного включения. После фиксации производится контроль геометрии. Затем сварщик подводит в зону сварки клещи и производится сварка собранных изделий подвесной сварочной машиной 31 сварной точки.

В качестве контактной сварочной машины в базовом варианте принят подвесные клещи с ручным управлением производства фирмы TECNA (рис. 1.2, табл. 1.3) [6].

Пневматические клещи оснащены встроенным микропроцессорным регулятором контактной сварки TE 300 или TE 450. Они обладают уменьшенными габаритными размерами, рациональным дизайном и высокой

производительностью. Водой охлаждаются сварочные электроды, вторичный виток сварочного трансформатора, электрододержатели и клещевины. Тиристорный контактор снабжён термостатом, что позволяет избежать выхода из строя тиристоров в результате перегрева. Хромированный пневматический цилиндр не требует использования маслораспылителя и обладает повышенным сроком службы. Сварочные клещи подвешены на балансирах типов 9422...9426 производства TECNA (табл. 1.5, рис. 1.3). Эти балансиры представляют собой алюминиевый моноблок, имеет трос из нержавеющей стали, необходимые механизмы безопасности.



Рисунок 1.2 – Клещи TECNA с ручным управлением



Рисунок 1.3 – Балансиры TECNA для подвешивания сварочных клещей

Таблица 1.3 – Технические характеристики клещей с ручным управлением

| Тип клещей | | 3301N | 3302N | 3303N | 3304N | 3307N | 3308N |
|--|----------------|---------|-------|-------|---------|---------|---------|
| | | L | L | C | L | L | L |
| Мощность при ПВ 50% | кВА | 16 | 23 | 23 | 23 | 38 | 38 |
| Максимальная установленная мощность | кВА | 33.2 | 60.8 | 63 | 50 | 108 | 88 |
| Вторичный ток короткого замыкания | кА | 14.8 | 20 | 21 | 16.5 | 27 | 22.5 |
| Длительный вторичный ток | А | 4000 | 4250 | 4250 | 4250 | 4900 | 4900 |
| Вторичное напряжение холостого хода | В | 2.8 | 3.8 | 3.8 | 3.8 | 5 | 5 |
| Расход воздуха на 1000 точек при давлении 5 атм | м ³ | 4 | 4 | 4 | 4 | 7.5 | 7.5 |
| Условный диаметр | мм | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Расход охлаждающей воды | л/час | 240 | 240 | 240 | 240 | 360 | 360 |
| Максимальная толщина свариваемых листов из низкоуглеродистой стали | | | | | | | |
| на малом вылете | мм | 3+3 | 4+4 | 4+4 | 3.5+3.5 | 5+5 | 5+5 |
| вылет 508 мм | мм | 1.8+1.8 | 3+3 | - | 3+3 | 3.5+3.5 | 3.5+3.5 |
| максимальный вылет | мм | 1.2+1.2 | 2+2 | - | 2+2 | 2+2 | 2.5+2.5 |
| Производительность сварки точек в минуту | | | | | | | |
| 1+1 class A | | 66 | 80 | 80 | 80 | 100 | 100 |
| 1.5+1.5 class A | | - | 32 | 32 | 32 | 44 | 44 |
| 2+2 class A | | 14 | 16 | 16 | 16 | 20 | 20 |
| 2.5+2.5 class A | | - | - | - | - | 14 | 14 |
| 3.2+3.2 class B | | - | - | - | - | 8 | 8 |
| Максимальная снаряжённая масса | кг | 57 | 63 | 57 | 57.5 | 119 | 117 |

Таблица 1.4 – Технические характеристики применяемых балансиров

| Тип балансира | | 9422 | 9423 | 9424 | 9425 | 9426 |
|----------------------------|----|---------|---------|---------|---------|---------|
| Грузоподъёмность | кг | 100-120 | 120-140 | 130-150 | 140-160 | 160-180 |
| Длина троса | мм | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 |
| Вес НЕТТО | кг | 38.7 | 41.8 | 44.5 | 48 | 49 |
| Вес БРУТТО | кг | 42.5 | 45.6 | 48.3 | 51.8 | 52.8 |
| Габаритные размеры l, h, b | мм | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| | | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 |
| | | 420 | 420 | 420 | 420 | 420 |

При сварке применяются жёсткие режимы (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Параметры режима контактной точечной сварки, применяемые при сварке на подвесных клещах деталей толщиной 0,9+0,9 мм

| Наименование параметра | Значение параметра |
|---------------------------------------|--------------------|
| Диаметр сварочного электрода, мм | 5 |
| Величина сварочного тока, А | 7000 |
| Время протекания сварочного тока, сек | 0,16 |
| Сварочное давление, кН | 2,3 |

Сварная точка должна получаться по ГОСТ 15878-79. ГОСТ 15878-79 регламентирует две группы точечных соединений: группа А и группа Б (табл. 1.6). Соединения группы А имеют литую зону большего диаметра, обладают более высокой прочностью, но требуют большей нахлестки. Группа соединения должна устанавливаться при проектировании в зависимости от требований к сварной конструкции и особенностей процесса сварки. Сварные точки для нашей детали принадлежат группе А.

По окончании сварки сварщик визуально контролирует сваренный узел. В первую очередь производится контроль сварных точек. Точки должны иметь темное ядро, вмятину, и цвета побежалости вокруг ядра. Недопустимы непровары (в этом случае отсутствует темное ядро и не наблюдается вмятина), прожоги. Сваренные изделия укладываются в обратную тару, которую по мере наполнения изымают с участка и перевозят на участок сборки-сварки кузова.

Одно изделий из ста контролирует работник бюро технического контроля цеха. Контролируемое изделие проверяется в специальном кондукторе на соответствие геометрии, после чего, производится контроль на разрушение сварных точек. Выдержавшее контроль изделие, после соответствующей рихтовки запускается в дальнейший производственный цикл. Изделие не прошедшее контроль бракуется, партия сваренная после

предыдущего контроля проходит дополнительный контроль, и в случае несоответствия требованиям на изделие забраковывается, брак изолируется.

Приспособление, используемое в базовой технологии, представляет собой оснастку, состоящую из плиты, на которой установлены базовые опоры и прижимы, приводимые в действие пневмоцилиндрами.

Таблица 1.6 – Геометрические параметры точечно-сварного соединения по ГОСТ 15878-79

| Толщина деталей, мм | Параметры соединений, мм | | | | | | | | | |
|---|------------------------------------|--|--|--|--|-------------------------------------|---------------------------------------|--|--|--|
| | Группа А | | | | | Группа Б | | | | |
| | d, не менее | В, не менее | | t, не менее | с, не менее | d, не менее | В, не менее | | t, не менее | с, не менее |
| чёрные металлы и сплавы | | цветные металлы и сплавы | чёрные металлы и сплавы | | | | цветные металлы и сплавы | | | |
| 0,3...0,4 | 2,7 | 7 | 10 | 8 | 9 | 1,7 | 5 | 7 | 7 | 8,5 |
| 0,4...0,5 0,5...0,6 | 3 | 8 | | 10 | 12 | 2 2,2 | 6 7 | 8 9 | 8 | 10 |
| 0,6...0,7 0,7...0,8 | 3,3 3,5 | 9 10 | 12 | 11 13 | 13 15,5 | 2,5 | 8 | 10 | 10 | 12 |
| 0,8...1,0 1,0...1,3 1,3...1,6 1,6...1,8 1,8...2,2 2,2...2,7 2,7...3,2 | 4 5 6 6,5 7 8 9 | 11 13 14 15 17 19 21 | 14 16 18 19 20 22 26 | 15 17 20 22 25 30 35 | 18 20,5 24 26 30 36 42 | 3 3,5 4 4,5 5 6 7 | 9 10 11 12 13 15 17 | 12 13 14 15 16 18 20 | 12 14 16 18 20 23 26 | 15 16 18 19,5 24 27 31 |
| 3,2...3,7 3,7...4,2 4,2...4,7 4,7...5,2 5,2...5,7 5,7...6,0 | 10,5 12 13 14 15 16 | 24 28 31 34 38 42 | 28 32 36 40 46 50 | 40 45 50 55 60 65 | 48 54 60 66 72 78 | - - - - - - | - - - - - - | - - - - - - | - - - - - - | |

Анализ базовой технологии показывает что она не лишена ряда недостатков. Главный недостаток здесь – необходимость сварщику производить достаточно сложные манипуляции сварочными клещами подвесной сварочной машины. Это приводит к тому, что сварные точки смещаются относительно положения, предусмотренного технологическим процессом изготовления изделия. Производительность труда целиком зависит от физических кондиций сварщика и его квалификации. Поэтому на данной операции используют рабочего не ниже 4-го разряда. Достаточно

часто на данной операции появляются непровары, обусловленные тем, что сварщик не обеспечивает перпендикулярность электродов относительно свариваемой поверхности. Кроме того, в данном случае возможны выплески и ускоренный износ электродов.

1.4 Анализ способов автоматизации контактной сварки рассматриваемой детали

В применяющихся для автоматизации и механизации контактной сварки приспособлениях всех типов (рис. 1.4) присутствуют зажимные устройства с пневматическим или гидравлическим приводом. Съема детали осуществляют выталкивателями, съемниками или специальными съемными устройствами. Эти приспособления обычно работают совместно с транспортирующими системами.

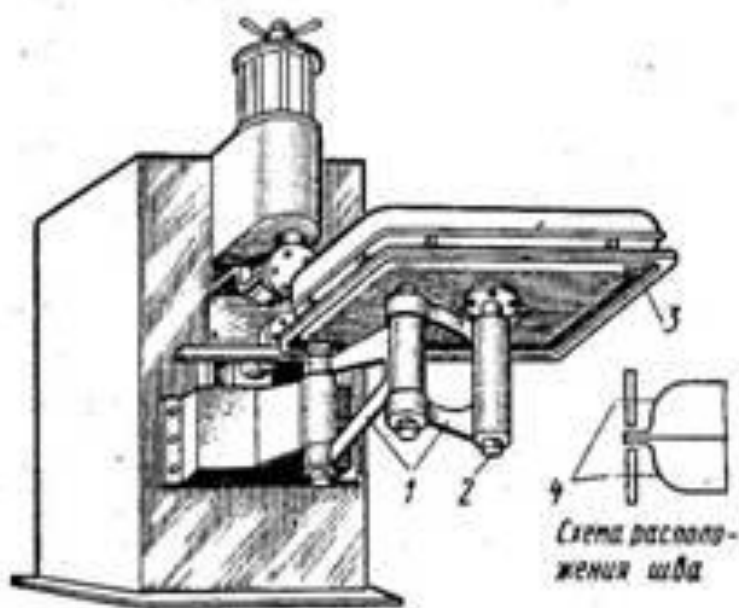


Рисунок 1.4 – Сварка на универсальных контактных машинах с использованием механизированных и автоматизированных приспособлений

Перемещение свариваемой детали относительно электродов сварочной машины осуществляют с применением поддерживающих и перемещающих устройств. Часто эти же приспособления одновременно являются и сборочными. Применение механизированных приспособлений существенно

облегчает условия труда сварщика и повышает качество сварки за счёт более точного расположения сварных соединений и жёсткой фиксации детали относительно электродов сварочной машины. При точечной сварке эффективно применение поворотных столов различного типа. Самым сложным узлом этих устройств являются механизм поворота стола. Подобные механизмы применяют на контактных сварочных машинах общего назначения. В числе недостатков такого подхода следует отметить: низкую производительность, сложность проведения сварки в труднодоступных местах, высокую стоимость оборудования и абсолютную невозможность перенастройки под другую деталь в случае, если данная контактная машина не позволяет обеспечить требуемый уровень качества сварки.

Использование промышленного сварочного робота (рис. 1.5) является практически полной альтернативой всем ранее известным способам организации сварочного поста. Роботы обладают высокой производительностью, дают возможность осуществлять контроль сварки по одной сварной точке, обладают практически такой же универсальностью и возможностью доступа в труднодоступные места, что и ручной труд.

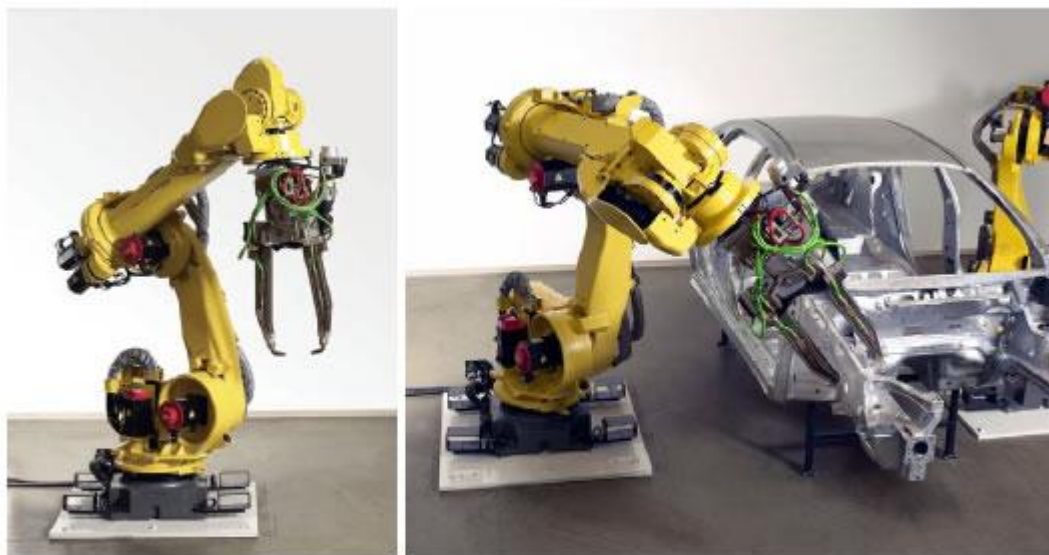
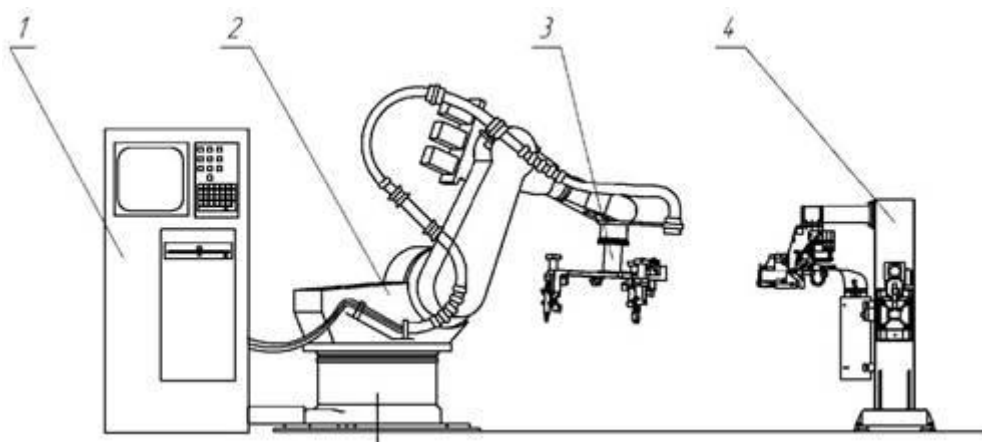


Рисунок 1.5 – Использование промышленного сварочного робота при контактной точечной сварке

Однако они обладают высокой стоимостью и сложностью, затруднена сварка деталей больших толщин из-за ограничения веса сварочного трансформатора, крепящегося на манипуляторе. Однако, применительно к данной детали сварка ведётся металла толщиной порядка 1+1 мм, что является решаемой задачей для подвесных сварочных клещей, устанавливаемых на современных роботах.

Решением задачи облегчения подъёмного веса манипулятора является использование робота в качестве кантователя, когда сварку производят на стационарной машине (рис. 1.6). В этом случае манипулятор робота производит функции захвата, перемещения и удержания детали в процессе сварки. Такое распределение функций между роботом и сварочной машиной позволяет увеличить толщину свариваемых деталей (вес сварочной машины в данном случае ничем не ограничен). Снижается индуктивность сварочного контура, а значит, и расход электроэнергии. Становится экономически целесообразной выполнение практически любого количества сварных соединений деталей любой геометрии. Снижается количество необходимых степеней свободы робота, а значит, упрощается его конструкция. Недостатком такой организации сварочного поста является невозможность сварки одновременно несколькими роботами и снижение производительности сварки.



1 – система управления; 2 – робот; 3 – схват; 4 – стационарные клещи

Рисунок 1.6 – Использование автоматического кантователя при контактной сварке

Многоэлектродные точечные и шовные машины (рис. 1.7) – разновидность комбинированных сварочных машин. В них объединяют операции точечной и шовной сварки. Обычно в таких машинах механизмируют загрузочные операции, применяют сборочно-сварочные приспособления с элементами механизации. Сварка на таких машинах отличается высокой производительностью, простотой обслуживания линии и низкой себестоимостью. Однако, применение многоточечной контактной машины для сварки одной детали экономически не выгодно (свариваются всего две точки), а загрузка одновременно большого количества деталей приводит к неоправданному усложнению конструкции и обслуживания сварочной машины.

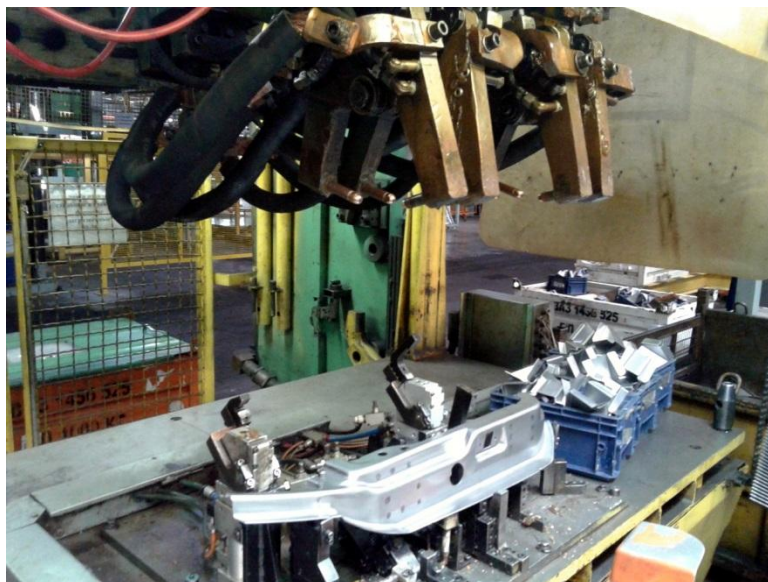


Рисунок 1.7 – Контактная точечная сварка на многоэлектродной сварочной машине

Исходя из проведённого анализа способов механизации и автоматизации остановим свой выбор на внедрении многоэлектродной сварочной машины.

1.5 Задачи выпускной квалификационной работы

В ходе выполнения первого раздела выпускной квалификационной работы был выполнен анализ конструктивных особенностей рассматриваемого сварного узла и условий его эксплуатации. Анализ конструкции изделия и базовой технологии его сборки и сварки показывает, что для достижения поставленной в работе цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассчитать параметры режима контактной сварки данной детали на многоэлектродной сварочной машине;
2. Разработать конструкцию многоэлектродной сварочной машины:
 - a. Электрическую схему;
 - b. Схему вторичного контура;
 - c. Выбрать трансформатор ;
 - d. Систему охлаждения;
 - e. Схему привода сжатия;
 - f. Описание и циклограмму работы.
3. Разработать технологический процесс сварки данной детали на спроектированной многоэлектродной сварочной машине;
4. Предусмотреть меры защиты работников от опасных и вредных производственных факторов;
5. Произвести экономическое предложенных технических решений.

2 Проектная технология сборки-сварки изделия оборудование для её осуществления

2.1 Проектирование компоновочной схемы многоэлектродной сварочной машины

Параметры режима и особенности построения технологии контактной сварки конкретной детали кузова автомобиля зависят от выбранного способа подвода тока к свариваемым изделиям. Рис. 2.1 позволяет представить основные схемы, которые нашли применение в многоэлектродных сварочных машинах, сформулировать рекомендации к применению того или иного способа.

Одним из наиболее хорошо зарекомендовавших себя способов, является односторонний токоподвод, получивший наиболее широкое применение при сварке в автомобильной промышленности. Однако для рассматриваемой в данной выпускной квалификационной работе детали его применение затруднено. На основании проведённого анализа для контактной точечной сварки рассматриваемой детали можно рекомендовать двухсторонний токоподвод. Двухсторонний токоподвод даёт возможность обеспечить подход сварочных электродов к свариваемым деталям при условии использования клещей вместо сварочных пистолетов.

По общей конструкции многоэлектродные сварочные машины могут быть узкоспециализированными или изготавливаться на базе прессов.

Использование машины на базе прессов позволяет производить её модернизацию и обеспечивает гибкость производства. На пресс одевают узлы (блоки сварочных пистолетов), изменение взаимного расположения которых друг относительно друга позволяет осуществлять некоторую гибкость производства. Подъёмный механизм с большим ходом позволяет сваривать детали различной геометрии и различных пространственных положениях. Прессы для многоэлектродных контактных сварочных машин

бывают С-образные (консольные) и порталные (с двумя или четырьмя стойками).

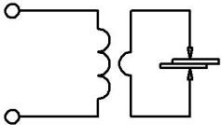
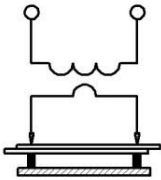
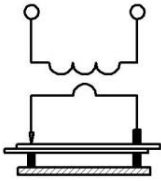
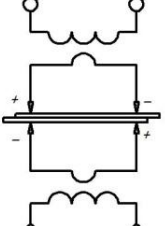
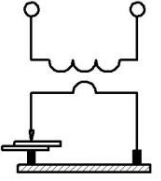
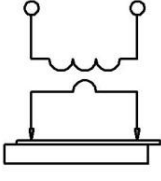
| Схема | Наименование | Рекомендации к применению |
|---|---|---|
|  | <p><i>Двусторонний</i></p> | <p><i>Сварка деталей, точки на которых расположены вблизи края. Для бесследной сварки на лицевых поверхностях изделий (со стороны электродов с развитой поверхностью)</i></p> |
|  | <p><i>Односторонний на токоведущей подкладке с контрэлектрадами</i></p> | <p><i>Сварка деталей толщиной до 1 мм. Сварка деталей толщиной более 1 мм но с шагом не менее 100 мм. Для увеличения производительности. Для снижения электрической мощности оборудования</i></p> |
|  | <p><i>Односторонний с "фальшивым" электродом и контрэлектрадами</i></p> | <p><i>Сварка деталей толщиной до 1 мм. Для уменьшения размеров вторичных контуров. Для упрощения конструкции многоэлектродной машины. Токоподвод со стороны более тонкой детали (при различной толщине деталей)</i></p> |
|  | <p><i>Встречный токоподвод (пушпульная система)</i></p> | <p><i>Сварка деталей толщиной более 1 мм. Для снижения потерь на шунтирование. Подключение первичных обмоток трансформаторов к линии питания должно быть таким, чтобы в каждой паре соприкасающихся сварочных электродов получалась обратная полярность</i></p> |
|  | <p><i>Двусторонний с косвенным подводом тока</i></p> | <p><i>Для упрощения конструкции машины. Возможна сварка толстолистовых деталей</i></p> |
|  | <p><i>Односторонний без токоведущей подкладки</i></p> | <p><i>Для упрощения конструкции машины. При подводе тока только со стороны более тонкой детали. Сварка возможна только при определенном соотношении толщин деталей</i></p> |

Рисунок 2.1 – Способы токоподвода в многоэлектродных контактных сварочных машинах

На рис. 2.2 показана станина пресса С-образного типа, широко используемого на автомобильных заводах. Ползун с установленными на нем столом с нижними электродами и фиксирующими приспособлениями движется снизу вверх. Прессы этого типа являются наиболее простыми, однако они не приспособлены для движения деталей через них, что затрудняет автоматизацию процесса сварки.

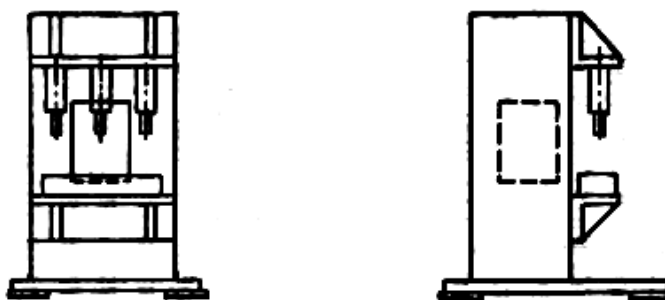


Рисунок 2.2 – Многоэлектродная сварочная машина на базе С-образного пресса

Более мощные прессы выполняются порталными и состоят из нижней и верхней рам, связанных двумя или четырьмя стойками (рис. 2.3). На машинах возможна ручная или автоматическая загрузка с проходом деталей через них. Свободный доступ к прессу — только с двух открытых сторон.

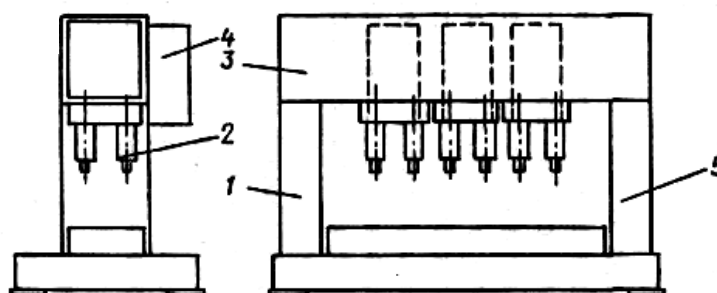


Рисунок 2.3 – Многоэлектродная контактная сварочная машина на базе порталного двухстоечного пресса

Наиболее мощными являются четырехстоечные многоточечные прессы порталного типа (рис. 2.4) которые позволяют в прессе 1 компактно разместить сварочное оборудование 2 и 6, привод подачи 3 технологической оснастки 4, шкаф управления 5. Их нижнее основание с верхней рамой

связано четырьмя стойками, установленными по углам прессы. Преимущество таких машин состоит в хорошем доступе к оснастке со всех сторон, а также в возможности перекрестной передачи деталей прямо с машины. Прессы этого типа удобны для использования в конвейерных линиях.

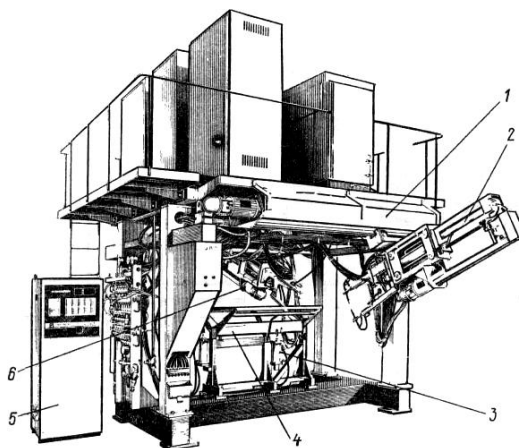


Рисунок 2.4 – Многоэлектродная контактная сварочная машина на базе портального четырёхстоечного прессы

2.2 Выбор параметров режима контактной точечной сварки

Для проведения контактной точечной сварки применяются различные виды циклограмм в зависимости от толщины и материала свариваемых изделий. Низкоуглеродистые стали имеют относительно высокое электрическое сопротивление, низкую теплопроводность и невысокую прочность. Эти стали можно сваривать в широком диапазоне режимов по простейшей циклограмме с одним импульсом тока без предварительного обжатия и приложения ковочного усилия (рис. 2.5).

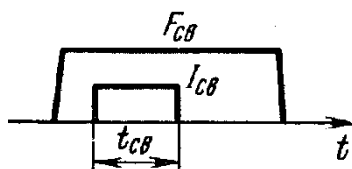


Рисунок 2.5 – Циклограмма контактной точечной сварки тонколистовых деталей из низкоуглеродистой стали

Определяем сварочное усилие на электродах в зависимости от материала и толщины свариваемого металла S по табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Сварочное усилие на электродах F_{CB} , Н в зависимости от материала и толщины деталей S , мм

| Ст3 и низколегирова нные стали | Высоколегиро ванные стали | Алюминиевы е сплавы типа АМг | Титан и его сплавы | Магниевые сплавы |
|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------|
| (2000...3000)S | (3000...5000)S | (2000...3000)S | (3500...5000)S | (2500...3500)S |

$$F_{CB}=0,9 \cdot 3000=2700 \text{ Н}$$

Примем следующие параметры режима контактной точечной сварки:

Сила сварочного тока (I_{CB}) – 9...9,5 кА;

Длительность импульса сварочного тока (t_{CB}) – 0,10...0,12 сек;

Величина усилия сжатия сварочных электродов (F_{CB}) – 2,7...3,0 кН

В предлагаемой технологии токи шунтирования практически отсутствуют, поэтому вторичный ток принимаем равным сварочному (9...9,5 кА).

2.3 Проектирование электродов для контактной точечной сварки

В качестве способа соединения была выбрана контактная точечная сварка, при которой деталь зажимается между двумя электродами и через них пропускается сварочный ток. Для реализации предложенной технологии необходимо предложить конструкцию электродов, которые обеспечивали бы получение стабильного качества сварного соединения.

Диаметр рабочей части электрода d_1 ориентировочно вычисляем по формуле

$$d_1 = 2 \cdot S + 3 = 2 \cdot 0,9 + 3 = 4,8$$

Таблица 2.2 – Геометрические размеры электродов, мм для контактной точечной сварки по ГОСТ 14111-90

| Тип А | | | | | | | | | | Тип В | | | | | | Тип С | |
|----------------|----------------|----------------|------|-----|----------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------------|----|------|------|------|------|-------|-----------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Тип D | | | | | Тип E | | | | | Тип F | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| d ₁ | d ₂ | d ₄ | 1:X | c | l ₁ | l ₃ , max | l ₄ | R ₁ | R ₂ | l ₂ при l ₅ | | | | | | | F _{max} , кН |
| | | | | | | | | | | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | |
| 10 | 4 | 5,5 | 1:10 | 2 | 13 | 14 | 13 | 25 | 4 | 29 | 33 | 38 | 45 | 53 | 63 | - | 2,5 |
| 13 | 5 | 7,5 | | 3 | 16 | 15 | 14 | 32 | 5 | 32 | 36 | 41 | 48 | 56 | 66 | 79 | 4 |
| 16 | 6 | 8,5 | | 4 | 20 | 16 | 15 | 40 | 6 | - | 40 | 45 | 52 | 60 | 70 | 83 | 6,3 |
| 20 | 8 | 10,5 | | 5 | 25 | 17 | 16 | 50 | 8 | - | - | 50 | 57 | 65 | 75 | 88 | 10 |
| 25 | 10 | 13,5 | | 6,5 | 31,5 | 18 | 17 | 63 | 10 | - | - | 56,5 | 63,5 | 71,5 | 81,5 | 94,5 | 16 |
| 32 | 12,5 | 14 | 1:5 | 8,5 | 40 | 20 | 15 | 80 | 12,5 | - | - | - | 72 | 80 | 90 | 103 | 25 |
| 40 | 16 | 16 | | 11 | 50 | 25 | 16 | 100 | 16 | - | - | - | - | 90 | 100 | 113 | 40 |

Таблица 2.3 – Применение медных сплавов при контактной точечной сварке

| Наименование сплава | Содержание легирующих элементов, % | Твёрдость, МПа, не менее | Удельное сопротивление при 20 °С, мкОм·см | Основное назначение электродов из данного сплава |
|---|--|----------------------------|---|--|
| Медь М1 Кадмиевая бронза КМ Серебряная бронза МС1 Циркониевая бронза МЦ4 | - 0,9...1,2 Cd 0,07...0,12Ag 0,15 Zr | 700 1000 950 1000 | 1,7 2 1,8 2,1 | Сварка лёгких и медных сплавов |
| Хромистая бронза БрХ Хромоциркониевая бронза БрХЦ | 0,4...1,0 Cr 0,5...0,7 Cr 0,03...0,06 Zr | 1200 1250 | 3 | Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей |
| Никель-бериллиевая бронза БрНБТ Никель-кремниевая бронза БрНК | 1,4...1,6 Ni 0,2...0,4 Be 0,05...0,15 Ti 1,4...1,6 Ni 0,3...0,6 Si | 1800 | 4 | Сварка среднеуглеродистых и высоколегированных сталей, жаропрочных сплавов |

На основании вышеизложенного принимаем следующие размеры сварочных электродов (рис. 2.6):

- диаметр рабочей поверхности $d_2=5$ мм;
- диаметр основания $d_1=13$ мм;
- диаметр охлаждающего канала $d_4=7,5$ мм;
- длина электрода $l_2=36$ мм.

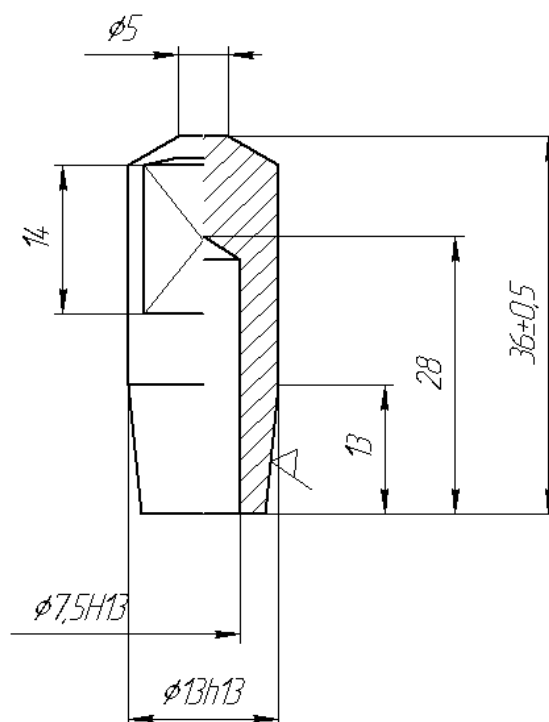


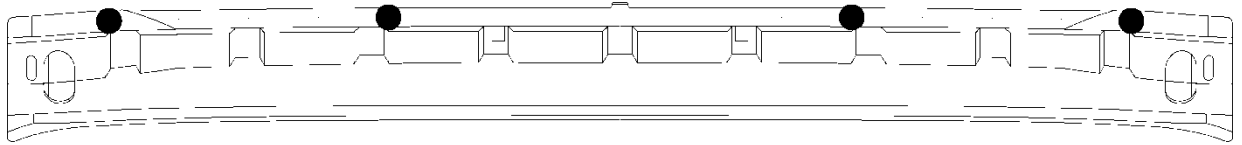
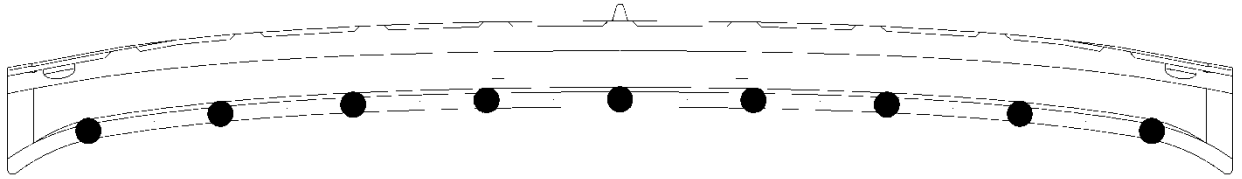
Рисунок 2.6 – Электрод сварочный

2.4 Электрическая схема многоэлектродной сварочной машины

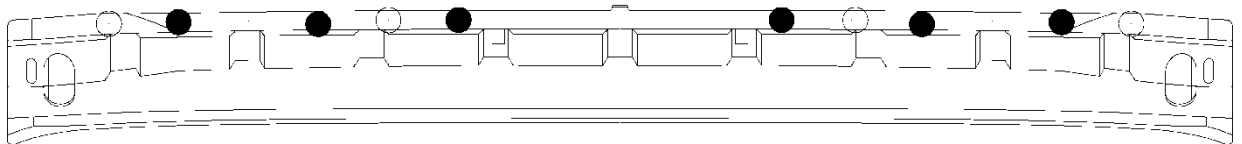
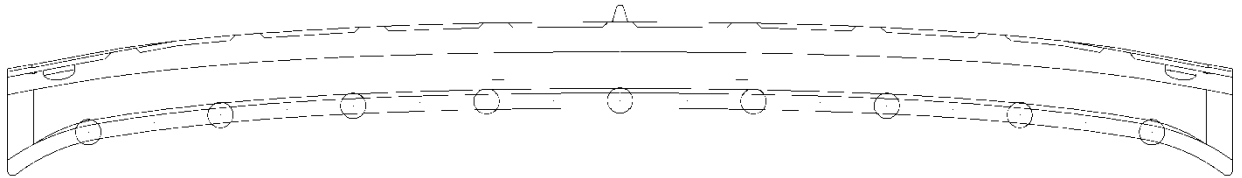
Для того чтобы определить необходимое количество сварочных трансформаторов, тиристорных контакторов и электродных групп, входящих в электрическую схему проектируемой МТМ, зададимся последовательностью простановки сварных точек на детали.

Простановку сварных точек (общее число 31 штука) распределим между тремя сварочными постами. При этом на каждом посту происходит простановка своего количества сварных точек: на первом посту (рис. 2.7 а) 13 точек, на втором (рис. 2.7 б) – 6 точек, на третьем (рис. 2.7 в) – 12 точек.

a)



б)



в)

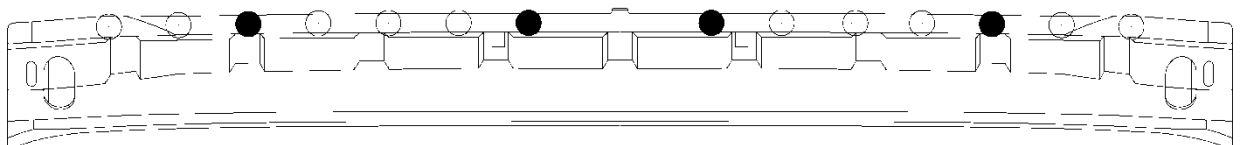
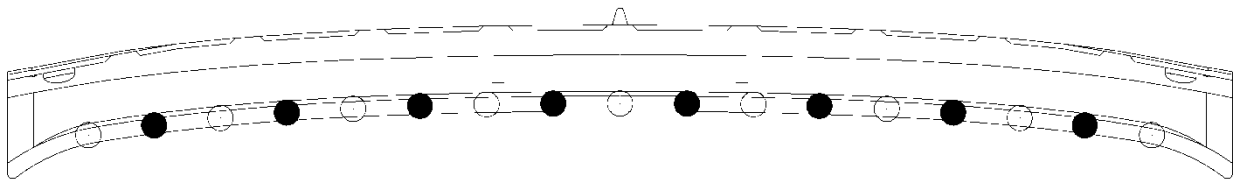


Рисунок 2.7 – Разделение сварных точек на группы

При этом для уменьшения установленной мощности сварочного оборудования и снижения требований к подводящим сетям предложим разделить сварные точки на каждом сварочном посту на две группы. При этом на каждом посту сварка будет производиться поочерёдно каждой из двух групп сварочных клещей, что позволит уменьшить установленную мощность, а так же количество тиристорных пар в два раза.

При этом на каждую фазу сети поставим по одной тиристорной паре – всего три пары VS 1, VS 2 и VS 3. В качестве тиристорных контакторов применим контактор КТ-11, комплектуемый тиристорами таблеточного исполнения типа Т2-320. Тиристор Т2-320 выпускается с односторонним водяным охлаждением, с охладителем ОМ-103 по ТУ 16-729.111-78. При этом на каждую тиристорную пару навесим одни, два или три сварочных клещей в зависимости от загрузки каждого поста сварки. Электрическая схема первого поста представлены на рис. 2.8.

Переключение нагрузки от тиристорных к сварочным трансформаторам осуществляется посредством электромагнитных контакторов К 1 и К 2. Эти контакторы поочерёдно замыкают различные группы сварочных пистолетов на тиристорные контакторы, что приводит к поочерёдной сварке на каждой группе сварочных пистолетов.

Расстояние между сварными точками составляет порядка 100 мм, что не позволяет разместить в одной плоскости все сварочные группы – отдельные трансформаторы и пневмоприводы отдельных клещей будут мешать друг другу. Поэтому предусмотрим размещение сварочных групп в двух параллельных плоскостях, а сами сварочные клещи примем С-образными. Группа сварки (рис. 2.9) включает в себя клещевину 1, нижний электрододержатель 2, свечу 3, верхний электрододержатель 4, верхний электрод 5, нижний электрод 6, гибкие токоподводы 7, жёсткие токоподводы 8, трансформатор сварочный 9, вилку 10, пневматический привод 11. Такое устройство сварочной группы позволяет разместить сварные точки на

расстоянии, меньшем чем габаритный размер клещей, если перевернуть их на 180 °.

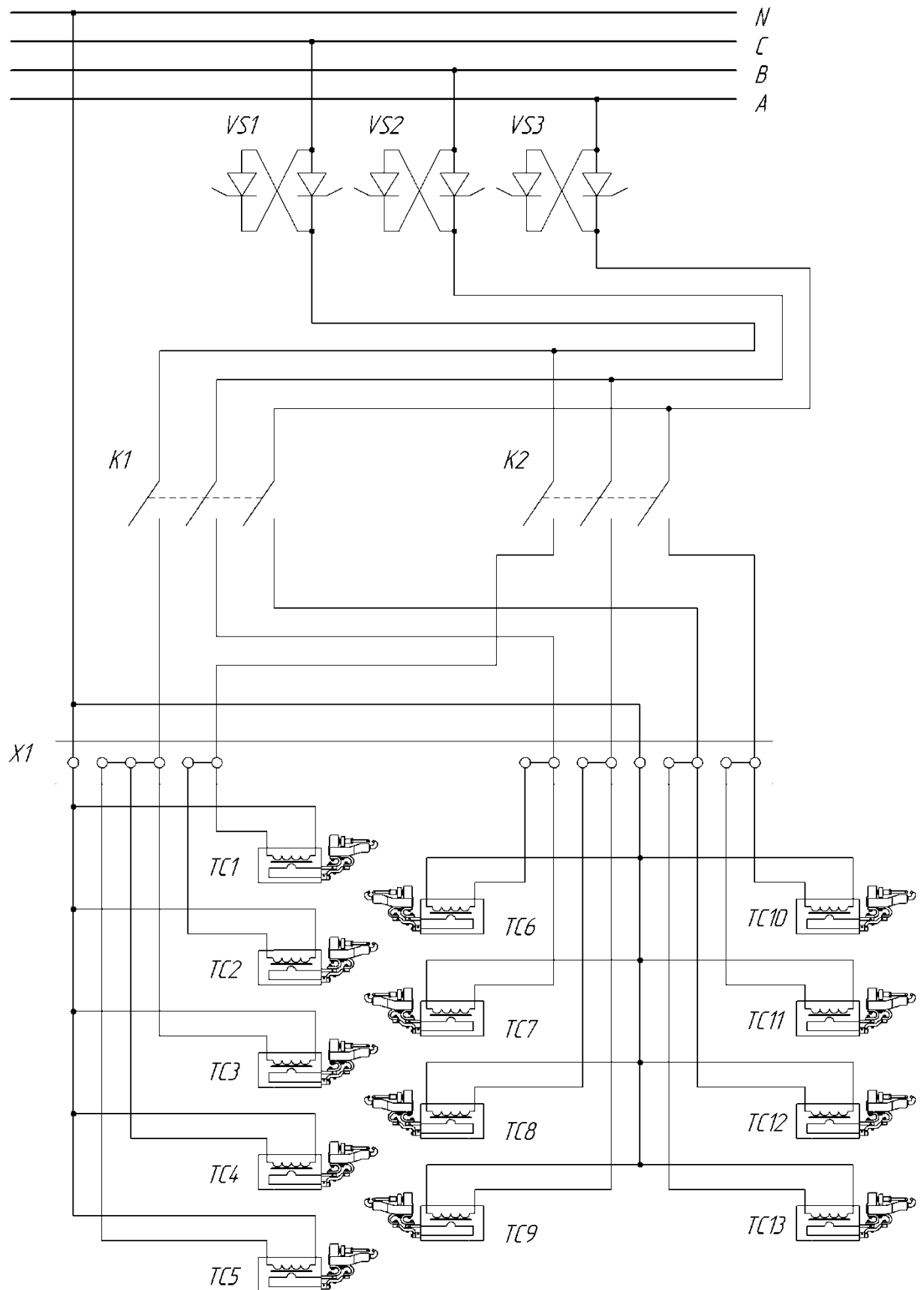
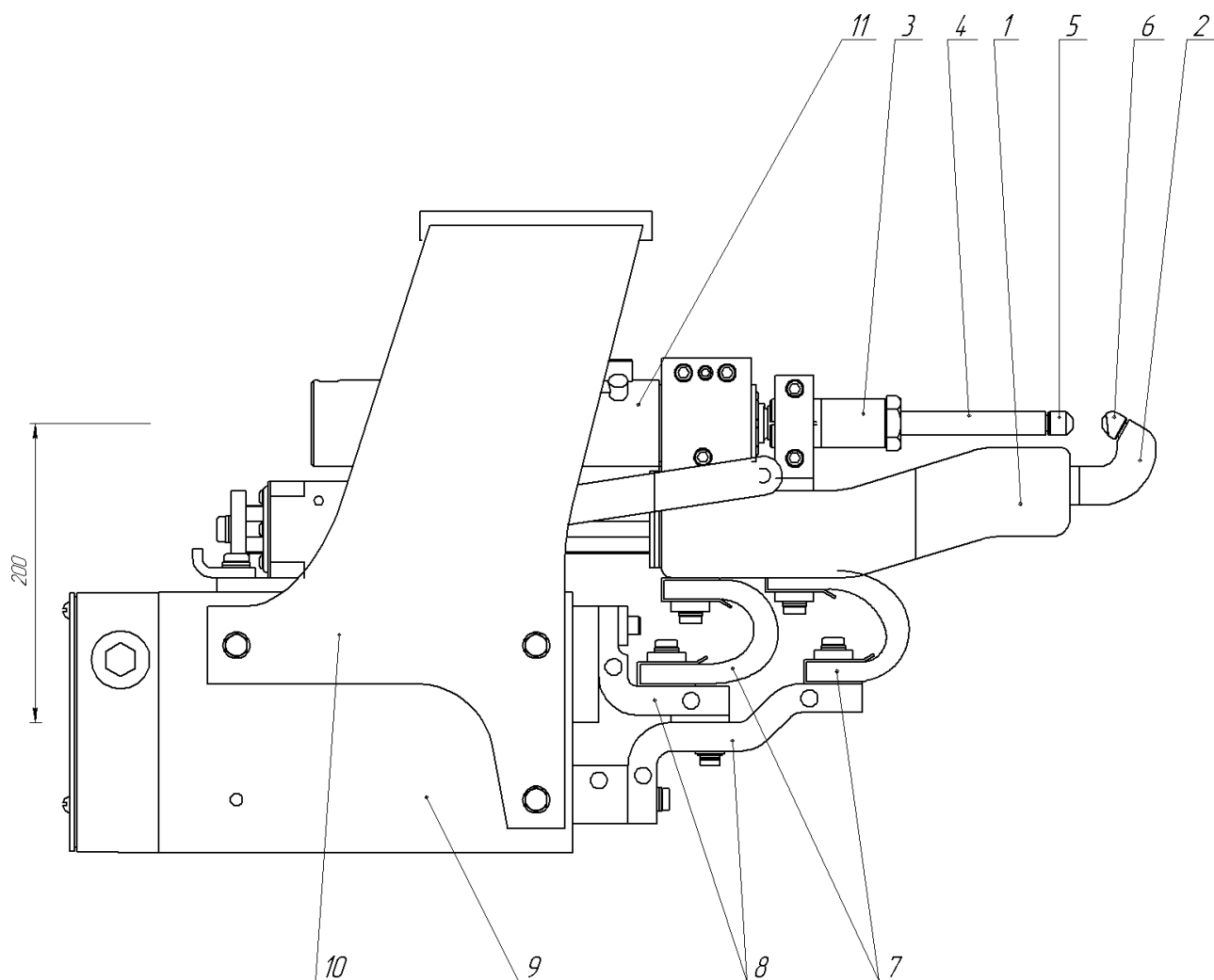


Рисунок 2.8 – Электрическая схема участка сварки № 1



1 – клещевина, 2 – нижний электрододержатель, 3 – свеча, 4 – верхний электрододержатель, 5 – верхний электрод, 6 – нижний электрод, 7 - гибкие токоподводы, 8 – жёсткие токоподводы, 9 – трансформатор сварочный, 10 - вилка, 11 – пневматический привод

Рисунок 2.9 – Группа сварки в сборе

2.5 Схема пневматического привода сжатия

Для обеспечения технологии сварки необходимо рассчитать необходимый диаметр цилиндра пистолета, чтобы подобрать из стандартного ряда, соответствующей производительности и рабочего давления.

Расчёт пневмопривода сжатия производим по стандартной расчётной схеме (рис. 2.10).

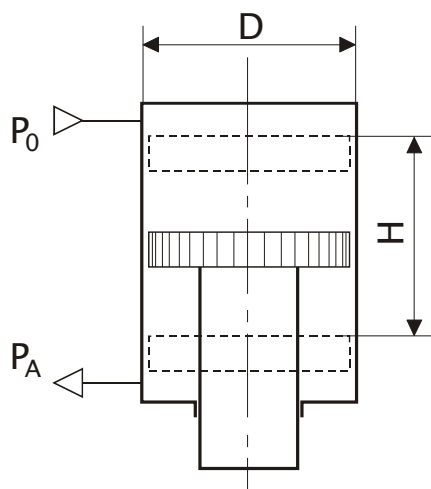


Рисунок 2.10 – Расчётная схема пневмоцилиндра привода сжатия

Основные размеры пневмопривода – диаметры поршня D в метрах можно вычислить при заданном сварочном усилии $F_{св}$ по следующей формуле:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{F_{св} \cdot K}{p_0(1 - \beta) - p_a}}$$

где $F_{св}$ – сварочное усилие, Н;

p_0 – номинальное рабочее давление воздуха, Па ($5 \cdot 10^5$ Па);

p_a – атмосферное давление, Па (10^5 Па);

K – коэффициент запаса, учитывающий необходимость развития большего усилия или возможность снижения рабочего давления (1,4);

β – коэффициент, показывающий отношение сил сопротивления и силы тяжести к теоретическом усилию привода $p_0 S$, для современных контактных машин можно принять $\beta=0,05$.

Таким образом, диаметр поршня будет равен:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{2,7 \cdot 10^3 \cdot 1,4}{5 \cdot 10^5 (1 - 0,05) - 1 \cdot 10^5}} = 0,1$$

Полученное значение диаметра поршня округляем до ближайшего значения по ГОСТ 297-80 и принимаем $D=10$ см.

Рабочий ход поршня выбираем по конструктивным соображениям $H=10\text{мм}$. Это значение удовлетворяет условию $H=(0,05\dots 0,1)D$.

Далее произведём динамический расчёт пневмопривода сжатия. Для определения времени подвода электродов при программировании цикла сварки необходимо знать время нарастания давления в рабочей камере пневмоцилиндра от атм. до номинального. Расчёт ведётся по известной формуле:

$$t = 0,00131 \frac{V_H}{\mu s} \tau,$$

где V_H - рабочий объём пневмоцилиндра (рис. 2.10):

$$V_H = H\pi D^2/4 = 0,01 \cdot 3,14 \cdot 0,1^2/4 = 0,0000785 \text{ м}^3;$$

μ - коэффициент расхода воздуха при впуске (принимаем 1);

s - площадь сечения канала для впуска воздуха (принимаем $0,00023\text{м}^2$);

τ - относительное безразмерное время, вычисляемое по формуле:

$$\tau = 2,76 \left(1,27 - \frac{P_a}{P_0}\right) \frac{V}{V_H},$$

где V - полный объём рабочей камеры (рис. 1.17), м^3 (принимаем $1,9V_H$).

Подставляем известные величины и получаем:

$$\tau = 2,76 \left(1,27 - \frac{1 \cdot 10^5}{5 \cdot 10^5}\right) 1,9 = 5,6,$$

$$t = 0,00131 \frac{0,0000785}{1 \cdot 0,00023} \cdot 5,6 = 0,0025 \text{ с}$$

Таким образом, время подвода электродов составляет $0,0025$ секунды, т.е. сварочный цикл необходимо увеличить на двойную эту величину, что составит $0,0025+0,0025=0,005$ с. (Для справки, скорость перемещения поршня пневмопистолета составляет в этом случае 4 м/с).

В общем виде пневматическая система поста сварки № 1 проектируемой МТМ (рис. 2.11) содержит:

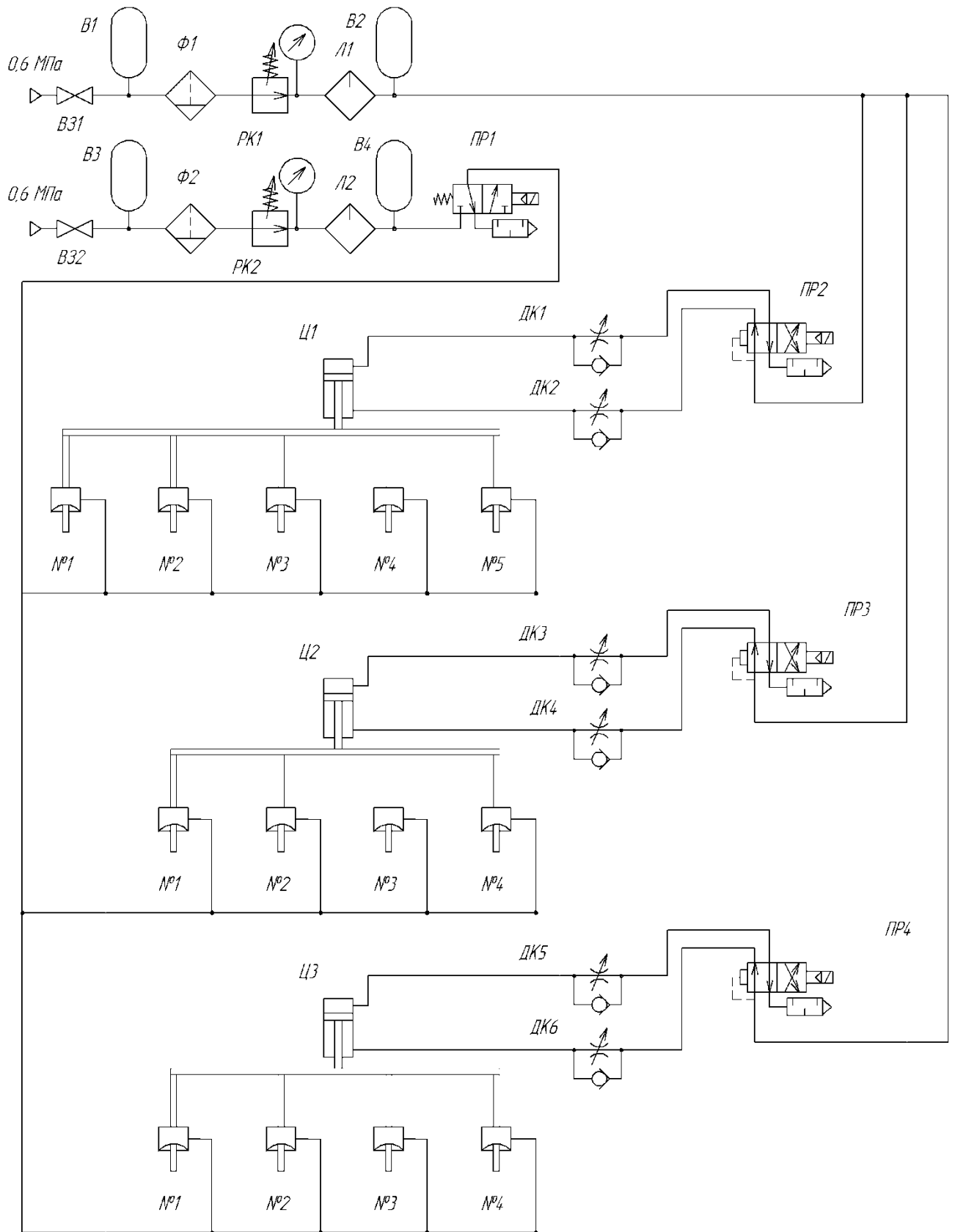


Рисунок 2.11 – Пневматическая схема участка сварки №1

- сварочные пневматические пистолеты (13 шт.), запитываемые от одного пневмораспределителя ПР 1;
- вспомогательные пневмоцилиндры Ц1...Ц3 (3 шт.), позиционирующие сварочные пистолеты в положение относительно свариваемых деталей;
- дросселирующие клапаны ДК1...ДК6 (6 шт.), регулирующие скорость перемещения поршня вспомогательных пневмоцилиндров Ц1...Ц3;
- блоки подготовки воздуха (2 шт.), включающие в себя фильтр-влагоотделитель, редукционный клапан, лубрикатор, которые производят подготовку воздуха перед его подачей в пневмоцилиндры сварочных клещей и вспомогательные пневмоцилиндры.

Пневматическая схема поста № 2 содержит 6 пневмоцилиндров сварочных пистолетов и 2 вспомогательных пневмоцилиндра. Пневматическая схема поста № 3 содержит 12 пневмоцилиндров сварочных пистолетов и 3 вспомогательных пневмоцилиндра.

Система работает от сжатого воздуха давлением 0,4...0,6 МПа (4...6 атм), имеет условный проход по ГОСТ 16516-80 10 мм.

2.6 Система охлаждения многоэлектродной сварочной машины

Система охлаждения проектируемой МТМ включает в себя параллельные ветви для каждого из трёх постов сварки. При этом на каждом посту предусмотрено включение охладителей тиристоров в отдельную ветвь. В отдельные параллельные ветви подключаются так же сварочные клещи со встроенными трансформаторами. При этом первый пост (рис. 2.12) содержит три такие ветви с количеством клещей 5, 4 и 4 в каждой ветви; второй пост включает в себя две параллельные ветви с количеством клещей в каждой по 3 штуки; третий пост включает в себя три ветви с количеством клещей в каждой 4 штуки.

Система имеет рабочее давление воды 0,4 МПа (4 атм), условный проход по ГОСТ 16516-80 10 мм (внутренний диаметр шланга). В систему

охлаждения каждого поста включены вентиль (1), распределитель (2), охладители тиристоров (3), вторичные витки сварочных трансформаторов (4), элементы вторичного контура сварочных клещей (5), коллектор сливной (6).

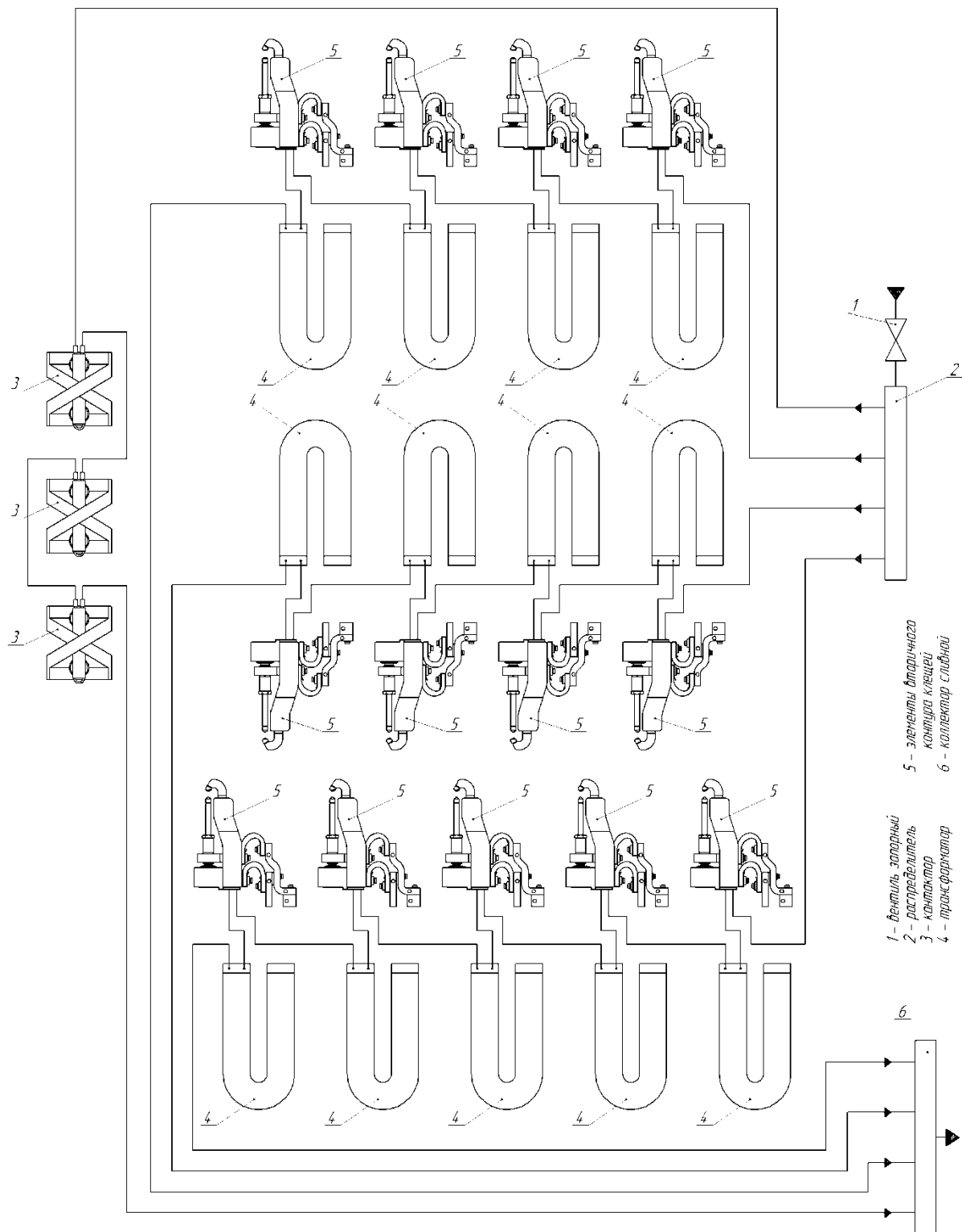


Рисунок 2.12 – Система охлаждения поста сварки № 1

2.7 Описание многоэлектродной контактной сварочной машины

Сварочная машина (рис. 2.13) для сборки и сварки балки крыши задней автомобиля ВАЗ 2123 разработана на базе трёх П-образных прессов.

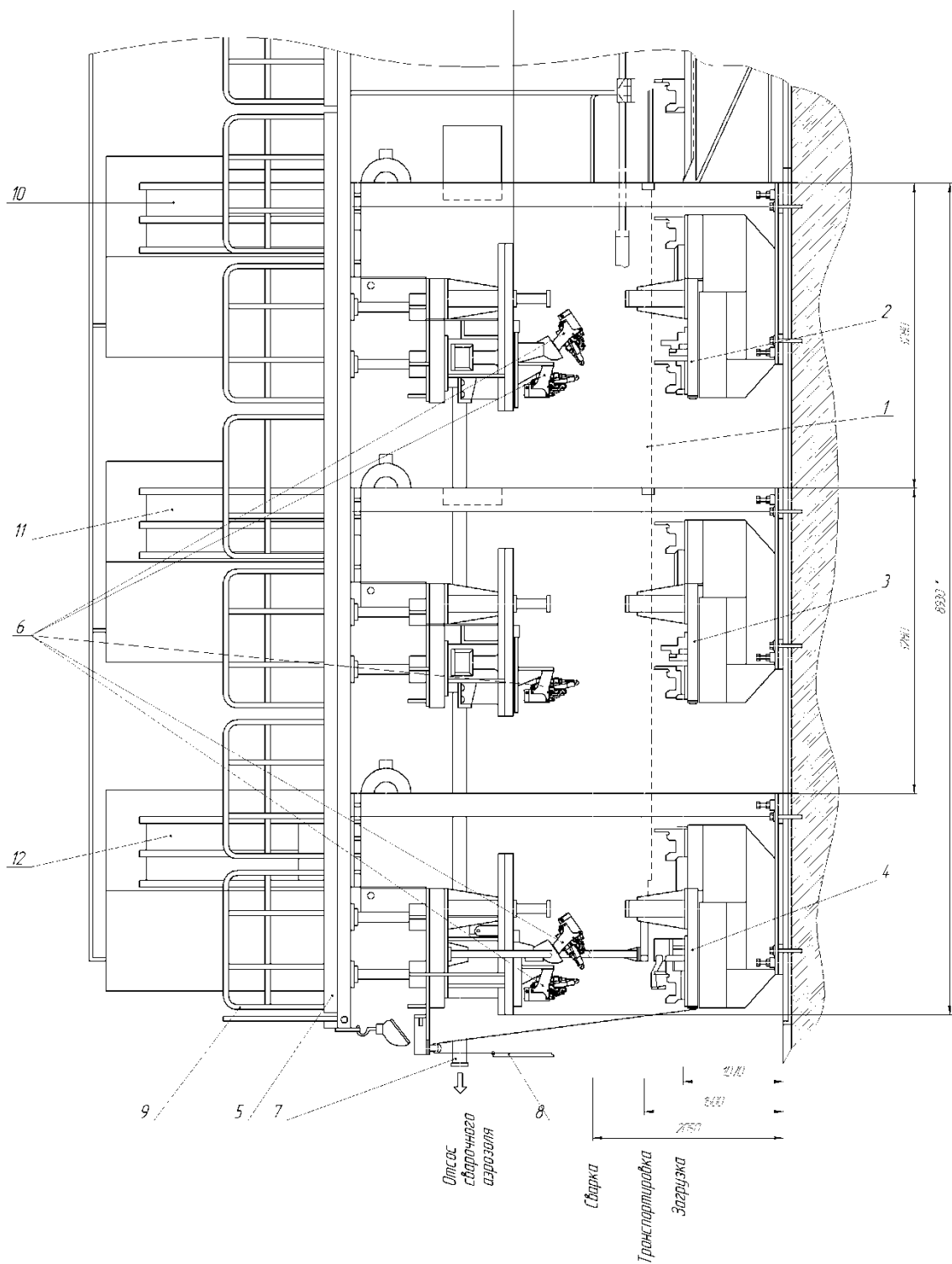
Параметрами технической характеристики машины являются:

- по типу машины – многоэлектродная сварочная машина, выполненная на базе П-образных прессов в количестве трёх штук;
- по количеству постов сварки – три поста;
- по количеству циклов сварки – шесть циклов сварки;
- по установленной мощности – машина мощностью 2000 кВА;
- по количеству сварочных трансформаторов – 31 сварочный трансформатор;
- по напряжению питания – напряжение питания первичной обмотки сварочных трансформаторов и системы управления контактной сварочной машины 220 В;
- по типу привода исполнительных механизмов сварочной машины – на машине установлены пневматические привода сжатия и исполнительных механизмов;
- по давлению воздуха в системе – давление сжатого воздуха в пневматической системе сварочной машины 6 кгс/см²;
- по типу охлаждения – в машине предусмотрено водяное охлаждение активных элементов вторичных контуров;
- по массе машины – масса машины составляет 84 тонны.

Компоновочная схема машины состоит из следующих узлов: прессов П-образных; верхней и нижней сварочных оснасток; транспортера деталей; каркаса; системы вытяжной вентиляции; накопителя деталей и заготовок; электрооборудования; системы охлаждения; системы смазки.

Сварочный П-образный пресс применяется в массовом производстве при изготовлении узлов с использованием процессов контактной точечной сварки, позволяют устанавливать специальную быстросъемную сварочную оснастку. На прессе осуществляют монтаж каркаса со сварочной оснасткой,

системы вытяжной вентиляции. На антресоли пресса располагают шкафы электрооборудования и пневмопанель.



- 1 – транспортёр; 2, 3, 4 – оснастки сварочных постов; 5 – антресоль;
 6 – клещи сварочные; 7 – зонт вытяжной; 8 – щит защитный; 9 – ограда;
 10, 11, 12 – пневмопанели сварочных постов

Рисунок 2.13 – Многоэлектродная сварочная машина в сборе

Верхняя оснастка является набором механизмов, которые подают сварочные группы в зону сварки. На кронштейнах верхней оснастки размещают сварочные трансформаторы в количестве девяти штук. Между вторичными витками трансформаторов и сварочными клещами обеспечивается гальваническая связь с использованием гибких перемычек. Сварочные группы состоят из подвижных сварочных клещей в количестве 18 штук. Привод подачи клещей в зону сварки состоит из универсальных пневматических цилиндров и кареток.

На подъёмном столе пресса располагают нижнюю оснастку, которая состоит из ложементов для укладки свариваемых деталей, прижимов для точной фиксации уложенных деталей, механизмов для осуществления подачи свариваемых деталей.

Транспортер осуществляет автоматическое перемещение свариваемой детали согласно установленной технологической цепочке. Привод транспортера пневматический. Конструкция транспортера представляет из себя кронштейн и ложементы, на которые укладывают свариваемые детали. Кронштейн закреплён на каретке.

На каркасе смонтирована сварочная оснастка - верхняя и нижняя. Каркас выполнен из двух плит – верхней и нижней, которые соединены между собой при помощи стоек передних и задних.

Электрооборудование многоэлектродной сварочной машины включает в себя шкаф главного выключателя, шкаф тиристоров, шкаф управления, пульт управления, переносной пульт, клеммные коробки вспомогательных соединений, коробку освещения, две силовые коробки, сварочные трансформаторы, пневмопанель с электромагнитными клапанами.

На антресоли сварочной машины располагают шкаф главного выключателя, шкаф тиристоров и шкаф управления. Остальную аппаратуру располагают на борту машины в местах, которые соответствуют технологическим требованиям.

Шкаф главного выключателя является унифицированным узлом, который состоит из вводного автоматического выключателя, силового контактора, промежуточного реле и понижающего трансформатора. Элементы шкафа, которые необходимы для подключения к общей схеме управления многоэлектродной сварочной машиной, выводятся на клеммную коробку.

Шкаф тиристоров также является унифицированным узлом, состоящим из регуляторов цикла сварки, панели тиристоров с расположенными на ней силовыми тиристорами и элементами защиты тиристоров от перенапряжений. Также в состав шкафа тиристоров входит панель электроаппаратуры и коммутационной аппаратуры, которая осуществляет защиту от короткого замыкания цепей управления шкафа тиристоров и регуляторов цикла сварки. В шкафу тиристоров располагается также аппаратура управления и питания, проточное реле для контроля протока воды через охлаждаемые тиристоры.

Электрическая схема многоэлектродной сварочной машины обеспечивает прохождение процесса сборки и сварки изделия в соответствии с заданной последовательностью выполнения технологических операций. Исполнительные органы машины работают в соответствии с циклограммой. Электрическая схема машины позволяет включать работу элементов машины в режиме наладки и автоматической работы, позволяет обеспечить защиту от перегрузок и коротких замыканий. В составе электрической схемы предусмотрено наличие силовой сварочной цепи и цепи управления технологическим циклом. Работа элементов электрической схемы управляется от кнопок и переключателей, которые установлены на пульте управления.

Перемещение кареток, групп сварки, работа исполнительных элементов привода сжатия сварочных клещей и прижимов деталей, перемещения транспортёра обеспечивается пневматической схемой машины. Пневматическая схема многоэлектродной сварочной машины включает в себя две пневмопанели, которые расположены на антресоли машины,

исполнительные цилиндры, соединительные трубопроводы и гибкие рукава. Работа пневматических цилиндров привода сжатия сварочных клещей обеспечивается с использованием четырехлинейного распределителя с одно- или двухсторонним электрическим управлением. Для регулирования давления в пневматических цилиндрах сжатия сварочных клещей служат редукционные клапана. Команда на выполнение цикла сварки по достижении необходимого давления в пневмоцилиндрах подаётся от реле давления. Для регулирования скорости перемещения штоков пневматических цилиндров сжатия сварочных клещей и других исполнительных элементов применяются дроссели. Давление сжатого воздуха в системе многоэлектродной сварочной машины контролируется с использованием манометров.

Отвод тепла от нагруженных токоведущих частей вторичного контура многоэлектродной сварочной машины осуществляется системой охлаждения. Обеспечивают охлаждение сварочных трансформаторов, клещей, шкафа тиристоров. Для охлаждения применяют рекуперационную воду, поступающую под давлением до 0,4 МПа. Очистку воды от механических примесей осуществляют посредством фильтра, который установлен на входном трубопроводе. Давление воды на входе в систему охлаждения контролируют по манометру. Система охлаждения укомплектована защитой, которая срабатывает в случае снижения давления поступающей воды ниже допустимого, при этом происходит обесточивание системы управления многоэлектродной сварочной машиной и прерывание цикла сварки. Визуальный контроль расхода охлаждающей воды проводится при помощи расходомера, который установлен на выходящем трубопроводе. Подвод воды к охлаждаемым элементам и отвод воды от них осуществлён параллельным способом с применением гибких резиновых рукавов. Для снижения зарастания отверстий арматура с малыми сечениями выполнена из цветного металла.

Система смазки обеспечивает дозированную подачу смазочного материала к трущимся парам многоэлектродной сварочной машины. Система смазки автоматическая, одномагистральная, периодического действия на последовательных питателях.

2.8 Технологический процесс сборки-сварки

Мойку деталей производят с применением струйных механизированных агрегатов, которые установлены в поточной линии. Детали подвешивают к конвейерной цепи и пропускают через моечную камеру. Мойку производят с применением горячего (температура до 90 °С) водного раствора 2...1,5% кальцинированной соды. После мойки осуществляют обдув деталей сухим сжатым воздухом. Далее детали подают к сварочной машине.

Осуществляют транспортирование заготовок со склада производственно-диспетчерского бюро цеха. Первоначально заготовки располагаются в оборотной таре, далее сварщик перемещает заготовки на участок, на котором будет производиться сборка и сварка. На сварочном участке заготовки укладывают по ячейкам приспособления.

В приёмные магазины многоэлектродной сварочной машины осуществляют загрузку деталей.

Установку деталей на сборочной оснастке и их сварку производят автоматически в соответствии с заданной циклограммой работы технологического оборудования. Параметрами режима сварки являются:

- сила сварочного тока – 9...9,5 кА;
- длительность импульса сварочного тока – 0,10...0,12 сек;
- усилие сжатия сварочных электродов – 2,7...3 кН.

В процессе сварки транспортер деталей перемещается в крайне заднее положение. После сварки происходит перемещение вниз оснастки нижнего поста, в результате чего сваренные узлы помещаются на ложементы

транспортера. После этого транспортер деталей перемещается в крайнее переднее положение, в результате чего сваренные узлы перемещаются на следующую технологическую операцию.

Для контроля качества сварки применим активный контроль по току и времени сварки. Работой сварочных тиристоров управляет регулятор BOSCH 51В, который поддерживает заданную силу сварочного тока с погрешностью ± 500 А, а длительность импульса сварочного тока с погрешностью в 1 период сетевого напряжения (0,01 секунды). Контроль одного изделия из ста осуществляется работником бюро технического контроля цеха. Изделие, подвергающееся контролю, проверяют на соответствие геометрии с использованием специального кондуктора. После проверки на геометрию осуществляют разрушающий контроль качества сварных точек. Если изделие не прошло контроль, оно бракуется, назначают дополнительный контроль всей партии изделий, выполненных после предыдущего контроля.

Визуальный контроль сварных точек и геометрии предусмотрен 100%.

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

Технология контактной сварки, предусмотренная в качестве основной операции, представляет собой источник опасных и вредных производственных факторов. Этот факт приводит к дополнительному усложнению и повышению стоимости оборудования для сварки. В связи с этим становится необходимым проведение исследований, направленных на изучение взаимосвязи особенностей построения технологического процесса контактной сварки (параметры режима сварки, технологическое оборудование), особенностей протекания процесса сварки и внешних условий, при котором он протекает

Переменные электромагнитные поля широкого частотного диапазона и электромагнитные излучения радиочастотных диапазонов являются основными факторами опасного воздействия на организм электросварщиков. Использование специальной защитной одежды могло бы дополнить известные традиционные способы защиты временем и расстоянием, поскольку их реализация не всегда возможна или целесообразна в связи с объемами и характером работ, выполняемых персоналом. Основной составляющей электромагнитного фона являются низкочастотные ЭМП, которые генерируются линиями электропитания, бытовыми приборами и электрооборудованием промышленных предприятий. Известно, что электрическая составляющая низкочастотного поля легко экранируется с помощью металлических рукавов и корпусов распределительных щитов.

В рамках настоящей выпускной квалификационной работы проблема действия магнитных полей, а также вредных аэрозолей устранена, что достигается автоматизацией процесса сборки и сварки деталей.

Таблица 3.1 – Профессиональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

| Операция, осуществляемая в рамках рассматриваемого технологического процесса | Формулировка опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса | Источник рассматриваемого фактора, возникающего в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса |
|--|---|--|
| 1. Подготовка к сварке | <ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; | Острые края деталей, сварочное оборудование |
| 2. Загрузка деталей в приёмные магазины МТМ | <ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; | Сварочное оборудование |
| 3. Сварка на МТМ | <ul style="list-style-type: none"> - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых деталей до высоких температур; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; | Острые края деталей, сварочное оборудование |
| 4. Контроль качества | <ul style="list-style-type: none"> - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений | |

3.2 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков

Таблица 3.2 – Предложения по защите от вредных факторов производственного персонала

| Перечень опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса | Разработанные технические и организационные предложения, обеспечивающие минимальное действие вредного фактора на производственный персонал | Предлагаемые защитные средства для снижения действия вредного фактора на производственный персонал |
|--|--|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; | Инструктаж производственного персонала | Защитные перчатки, защитная одежда. |
| 2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; | Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохранительная окраска, предупреждающие плакаты. | - |
| 3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых деталей до высоких температур | Инструктаж производственного персонала | Защитные перчатки, защитная одежда. |
| 4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; | Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции | - |

3.3 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

Таблица 3.3 – Предложения технического характера по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

| | | | | | | | |
|--|--|--|---|---|---|---|--|
| Средства для тушения возгораний в начальной стадии | Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания | Перечень стационарных систем пожаротушения | Системы пожарной автоматика для проведения тушения возгорания | Пожарное оборудование на участке сварки | Средства индивидуальной защиты и спасения производственного персонала | Установленный на участке инструмент для ликвидации возгораний | Системы связи и оповещения на участке сварки |
| Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5 | Специализированные автомобили (вызываются) | Нет | Нет | - | План эвакуации, | Ведро, лопата, багор, топор | Тревожная кнопка |

Таблица 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

| Участок, подразделение | Производственное оборудование участка | Возможный класс пожара | Опасные факторы пожара | Дополнительные проявления факторов пожара |
|--|---------------------------------------|--|--|---|
| Участок, на котором осуществляется контактная сварка | Многоэлектродная сварочная машина | пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е) | 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. | Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения. |

Таблица 3.5 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке сварки

| Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса | Наименование мероприятий | Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок |
|---|--|--|
| Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки, контрольные операции. | Обучение производственного персонала правилам Пожарной безопасности, размещение на территории производственного участка наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности. Обучение производственного персонала действиям в случае возгорания на производственном участке в режиме учений. | Необходимо следить за наличием на участке средств, предназначенных для тушения пожара в начальной стадии, исправностью тревожной кнопки системы оповещения о пожаре. |

3.4 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.6 – Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

| Анализируемый технологический процесс | Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса | Факторы, негативно влияющие на атмосферу | Факторы, негативно влияющие на гидросферу | Факторы, негативно влияющие на литосферу |
|--|--|--|---|--|
| Контактная сварка на многоэлектродной сварочной машине | Подготовка деталей, сборка под сварку, сварка, контроль качества | Выделяемые при сварке газообразные частицы | Отсутствует | Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом . |

Таблица 3.7 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

| | |
|--|--|
| Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии | Контактная сварка на многоэлектродной сварочной машине |
| Мероприятия, уменьшающие негативное влияние на литосферу | На участке следует установить контейнеры, обеспечивающие селективный сбор мусора бытового и мусора производственного. Кроме того, отдельный контейнер необходим для сбора металлолома. Производственный персонал следует подробно проинструктировать по правилам сбора мусора и металлолома. На контейнерах должны быть вывешены таблички, разъясняющие их предназначение. . |

3.5 Заключение по разделу

При выполнении экологического раздела настоящей выпускной квалификационной работы сформулированы опасные и вредные производственные факторы, возникающие в процессе выполнения операций при реализации технологического процесса. Выполнен поиск и анализ мероприятий, которые позволят устранить и уменьшить опасные и вредные производственные факторы. В ходе выполнения экологического раздела удалось установить, что возникающие в процессе реализации технологии сварки и контроля, опасные и вредные факторы устраняются или уменьшаются до приемлемого уровня путём применения стандартных средств по обеспечению безопасности и санитарии производства. Применительно к рассматриваемой технологии нет необходимости в разработке дополнительных средств и методик по защите персонала и окружающей среды. При внедрении проектной технологии возможно возникновение угроз экологической безопасности. Устранение этих угроз произойдёт при условии соблюдения технологического регламента и производственной санитарии.

4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы

4.1 Исходные данные для выполнения расчетов

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологических мероприятий по повышению производительности и качества операций контактной сварки кузовных деталей автомобиля. Выполнение операций базового технологического процесса предусматривает применение подвесных сварочных клещей для контактной точечной сварки. Это вызывает возникновение значительного числа дефектов и является причиной дополнительных временных затрат на ремонт дефектных участков. Проектный вариант технологии предусматривает применение автоматической контактной точечной сварки с привлечением многоэлектродной сварочной машины. Предложенные технологические решения позволят уменьшить трудоемкость выполнения сварочных работ, достичь повышения стабильности качества соединений.

Базовая и проектная технологии предусматривают выполнение следующих операций: подготовки деталей к сварке (первая операция); сборочной (вторая операция); контактная сварка (третья операция); контроль качества (четвёртая операция).

В таблице 4.1 собраны и систематизированы коэффициенты, и иные данные, которые могут понадобиться при выполнении расчетов.

Таблица 4.1 – Исходные данные для выполнения расчетов

| Наименование и сущность экономического показателя | Принятое в расчётах условное обозначение для показателя | Единица измерения рассматриваемого экономического показателя | Величина рассматриваемого показателя в соответствии с вариантом технологического процесса | |
|--|---|--|---|-----------|
| | | | Базовая | Проектная |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Принятое число рабочих смен | Ксм | - | 2 | 2 |
| Значение нормы амортизационных отчислений применительно к рассматриваемому в соответствующей технологии оборудованию | На | % | 21,5 | 21,5 |
| Разряд сварщика | Р.р. | | V | V |
| Значение часовой тарифной ставки | Сч | Р/час | 95,29 | 95,29 |
| Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на формирование дополнительной заработной платы | Кдоп | % | 12 | 12 |
| Величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате | Кд | | 1,88 | 1,88 |
| Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на обеспечение социальных нужд | Ксн | % | 30 | 30 |
| Величина коэффициента, определяющего долю затрат на амортизационные отчисления на площади | На.пл. | % | 5 | 5 |
| Принятое значение стоимости эксплуатации производственных площадей | Сзксп | (Р/м ²)/год | 4500 | 4500 |
| Цена приобретения производственных площадей | Цпл | Р/м ² | 30000 | 30000 |
| Суммарная площадь, занимаемая оборудованием для обеспечения соответствующей технологии | S | м ² | 38 | 70 |
| Величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов | Кт -з | % | 5 | 5 |

Продолжение таблицы 4.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|---------------|--------|-----------|-----------|
| Величина коэффициента, определяющего долю затраты на осуществление монтажа и демонтажа оборудования | Кмонт Кдем | % | 3 | 5 |
| Величина рыночной стоимости технологического оборудования для обеспечения соответствующей технологии | Цоб | Руб. | 7800 тыс. | 8500 тыс. |
| Величина коэффициента, определяющего долю затрат на дополнительную производственную площадь | Кпл | - | 3 | 3 |
| Задаваемое значение потребляемой мощности технологического оборудования | Муст | кВт | 120 | 400 |
| Принятое значение стоимость электрической энергии для обеспечения соответствующей технологии | Цэ-э | Р/ кВт | 3,02 | 3,02 |
| Величина коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы | Квн | - | 1,1 | 1,1 |
| Величина коэффициента полезного действия | КПД | - | 0,7 | 0,7 |
| Величина коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений | Ен | - | 0,33 | 0,33 |
| Величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов | Кцех | - | 1,72 | 1,72 |
| Величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов | Кзав | - | 1,97 | 1,97 |

4.2 Расчёт фонда времени

Значение годового фонда времени, в течение которого происходит работа рассматриваемого а базовой и проектной технологии оборудования, вычисляем согласно формуле:

$$F_H = (D_p \cdot T_{CM} - D_{II} \cdot T_{II}) \cdot C, \quad (4.1)$$

где T_{CM} – продолжительность в часах рабочей смены;

D_p – суммарное для одного года число рабочих дней;

$D_{\text{п}}$ – суммарное для одного гола число предпраздничных дней;

$T_{\text{п}}$ – предполагаемые потери рабочего в часах времени от предпраздничных дней;

C – принятое число рабочих смен.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.1) результаты вычисления:

$$F_{\text{н}} = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418 \text{ ч.}$$

Значение эффективного фонда времени, в течение которого происходит работа оборудования по базовому и проектному вариантам технологии вычисляем согласно формуле:

$$F_{\text{э}} = F_{\text{н}} \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – величина плановых потерь рабочего времени.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.2) результаты вычисления:

$$F_{\text{э}} = 4418 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 4108 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Определение временных затрат, требуемых для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному варианту технологий выполняем согласно формуле:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П-З}}, \quad (4.3)$$

где $t_{\text{шт}}$ – общий объем времени, затрачиваемого работающим персоналом на операции базовой и проектной технологии;

$t_{\text{МАШ}}$ – объем времени, затрачиваемого рабочим персоналом основные технологические операции базовой и проектной технологии;

$t_{\text{ВСП}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на подготовительные операции по базовой и проектной технологии, составляющие 10% от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – объём времени, затрачиваемы рабочим персоналом на проведение обслуживания, текущего и мелкого ремонта оборудования, составляющие 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение потребностей в личном отдыхе, составляющий 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение подготовительно – заключительных операций, составляющий 1% $t_{\text{МАШ}}$.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.3) результаты вычисления:

$$t_{\text{шт.баз}} = 0,02 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,025 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,015 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,018 \text{ ч.}$$

Размер годовой программы проводимого объема работ вычисляем согласно формуле:

$$П_{\Gamma} = \frac{F_{\text{Э}}}{t_{\text{шт}}} \quad (4.4)$$

где $F_{\text{Э}}$ – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время, затрачиваемое на сварку одной детали ;

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.4) результаты вычисления:

$$П_{\Gamma.\text{баз.}} = 4108/0,025 = 164 \text{ тыс. за год;}$$

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 4108/0,018 = 228 \text{ тыс. за год.}$$

Выполнение дальнейшего экономического расчёта будем вести исходя их принятого значения $П_{\Gamma} = 150$ тыс. деталей за год.

Необходимое количество оборудования для реализации проектного и базового технологического процесса вычисляем согласно формуле::

$$n_{РАСЧ} = \frac{t_{шт} \cdot Пг}{F_{\text{Э}} \cdot K_{ВН}} \quad (4.5)$$

где $t_{шт}$ – штучное время, затрачиваемое на сварку одной детали;

$Пг$ – принятая годовая программа;

$F_{\text{Э}}$ – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$K_{ВН}$ – значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.5) результаты вычисления:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{0,025 \cdot 150000}{4108 \cdot 1,03} = 0,89$$

$$n_{РАСЧ.ПР} = \frac{0,018 \cdot 150000}{4108 \cdot 1,03} = 0,64$$

По результатам проведённых расчётов следует принять по одной единице технологического оборудования при реализации базовой технологии и проектной технологии.

Значение коэффициента загрузки оборудования вычисляем согласно формуле:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр} \quad (4.6)$$

где $n_{РАСЧ}$ – рассчитанное по (4.5) количество оборудования;

$n_{ПР}$ – принятое количество оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.6) результаты вычисления:

$$Kзб = 0,89/1 = 0,89$$

$$Kзп = 0,64/1 = 0,64$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

По базовому и проектному вариантам применяется контактная сварка, для которой используются электроды БрХЦ. Эти электроды одинаково изнашиваются по обеим технологиям, поэтому затраты на материалы не рассчитываем:

$$Z_{\text{мб}} = Z_{\text{мп}} . \quad (4.7)$$

Размер фонда заработной платы (ФЗП) является суммой основной зарплаты и дополнительной зарплаты. Размер основной зарплаты вычисляем согласно формуле:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (4.8)$$

где $C_{\text{ч}}$ – принятая тарифная ставка;

$K_{\text{д}}$ – величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.8) результаты вычисления:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 0,025 \cdot 95,29 \cdot 1,88 = 9,40 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 0,018 \cdot 95,29 \cdot 1,88 = 6,77 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы вычисляем согласно формуле:

$$Z_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.9)$$

где $K_{\text{доп}}$ – величина коэффициента, определяющего долю отчислений на дополнительную заработную плату

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.9) результаты вычисления:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 9,40 \cdot 12/100 = 1,13 \text{ рублей;}$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 6,77 \cdot 12/100 = 0,81 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 9,40 + 1,13 = 10,53 \text{ рублей;}$$

$$\PhiЗП_{\text{проектн.}} = 6,77 + 0,81 = 7,58 \text{ рублей.}$$

Размер отчислений на социальные нужды вычисляем согласно формуле:

$$\text{Осн} = \PhiЗП \cdot K_{\text{сн}} / 100, \quad (4.10)$$

где $K_{\text{сн}}$ – величина коэффициента, определяющего долю затрат на обеспечение социальных нужд.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.10) результаты вычисления:

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 10,53 \cdot 34 / 100 = 3,58 \text{ руб.}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 7,58 \cdot 34 / 100 = 2,58 \text{ руб.}$$

Размер затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования вычисляем согласно формуле:

$$З_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э-э}}, \quad (4.11)$$

где $A_{\text{об}}$ – амортизация оборудования;

$P_{\text{э-э}}$ – размер затрат на электрическую энергию;

Размер амортизации оборудования вычисляем согласно формуле:

$$A_{\text{об}} = \frac{Ц_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (4.12)$$

где $Ц_{\text{об}}$ – рыночная стоимость оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

$N_{\text{а}}$ – норма амортизации технологического оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.12) результаты вычисления:

$$A_{\text{об.б}} = \frac{780000 \cdot 21,5 \cdot 0,025}{4108 \cdot 100} = 10,21 \text{ рублей}$$

$$A_{\text{об.пр}} = \frac{850000 \cdot 21,5 \cdot 0,018}{4108 \cdot 100} = 8,01 \text{ рублей}$$

Размер расходов на электроэнергию вычисляем согласно формуле:

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot C_{\text{э-э}}}{\text{КПД}} \quad (4.13)$$

где $M_{\text{уст}}$ – мощность оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

$C_{\text{э-э}}$ – стоимость электрической энергии при реализации проектной и базовой технологии;

КПД – значение коэффициента полезного действия оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.13) результаты вычисления:

$$P_{\text{э-эб}} = \frac{120 \cdot 0,025 \cdot 3,02}{0,7} = 7,5 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{э-эпр}} = \frac{400 \cdot 0,018 \cdot 3,02}{0,7} = 18,00 \text{ рублей}$$

$$\text{Зоб}_{\text{баз.}} = 10,21 + 7,5 = 17,71 \text{ рублей}$$

$$\text{Зоб}_{\text{проектн.}} = 8,01 + 18,00 = 16,01 \text{ рублей}$$

Размер затраты на содержание и эксплуатацию площадей вычисляем согласно формуле:

$$\text{З}_{\text{пл}} = P_{\text{пл}} + A_{\text{пл}}, \quad (4.14)$$

где $P_{\text{пл}}$ – размер расходов на эксплуатацию и содержание площадей;

$A_{\text{пл}}$ – амортизация площадей.

Размер расходов на содержание площадей вычисляем согласно формуле:

$$P_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{экспл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{э}}}, \quad (4.15)$$

где $C_{\text{экспл}}$ – затраты на содержание площадей

S – площадь, занимаемая оборудованием.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.15) результаты вычисления:

$$P_{ПЛБ} = \frac{4500 \cdot 38 \cdot 0,025}{4108} = 0,47 \text{ руб.}$$

$$P_{ПЛПР} = \frac{4500 \cdot 70 \cdot 0,018}{4108} = 0,61 \text{ руб.}$$

Размер расходов на амортизацию площади вычисляем согласно формуле:

$$A_{ПЛ} = \frac{Ц_{ПЛ} \cdot На_{ПЛ} \cdot S \cdot t_{шт}}{F_{Э} \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где $На_{ПЛ}$ – норма амортизации площади;

$Ц_{ПЛ}$ – стоимость приобретения площадей

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.16) результаты вычисления:

$$A_{ПЛБ} = \frac{30000 \cdot 38 \cdot 5 \cdot 0,025}{4108 \cdot 100} = 0,34 \text{ руб}$$

$$A_{ПЛПР} = \frac{30000 \cdot 70 \cdot 5 \cdot 0,018}{4108 \cdot 100} = 0,46 \text{ руб}$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.14) результаты вычисления:

$$З_{ПЛБ} = 0,47 + 0,34 = 0,81 \text{ руб.}$$

$$З_{ПЛПР} = 0,61 + 0,46 = 1,07 \text{ руб.}$$

Размер технологической себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{ТЕХ} = ФЗП + Осс + З_{ОБ} + З_{ПЛ} \quad (4.17)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.17) результаты вычисления:

$$C_{ТЕХБаз.} = 10,53 + 3,58 + 17,71 + 0,81 = 32,63 \text{ руб.}$$

$$C_{ТЕХПроектн.} = 7,58 + 2,58 + 16,01 + 1,07 = 27,24 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{ЦЕХ} = C_{ТЕХ} + З_{ОСН} \cdot K_{ЦЕХ} \quad (4.18)$$

где $K_{ЦЕХ}$ – величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.18) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 32,63 + 1,5 \cdot 9,40 = 32,63 + 14,1 = 46,73 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 27,24 + 1,5 \cdot 6,77 = 27,24 + 10,15 = 37,39 \text{ руб.}$$

Размер заводской себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.19)$$

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.19) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 46,73 + 1,15 \cdot 9,4 = 46,73 + 10,81 = 57,54 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 37,39 + 1,15 \cdot 6,77 = 37,39 + 7,78 = 45,17 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости базовой и проектной технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

| Показатели | Услов. обозн. | Калькуляция., руб | |
|---------------------------|------------------|-------------------|----------|
| | | Базовый | Проектн. |
| Фонд заработной платы | ФЗП | 10,53 | 7,58 |
| Отчисления на соц. нужды | О _{СН} | 3,58 | 2,58 |
| Затраты на оборудование | Зоб | 17,71 | 16,01 |
| Затраты на площади | Зпл | 0,81 | 1,07 |
| Себестоимость технологич. | Стех | 32,63 | 27,24 |
| Расходы цеховые | Рцех | 14,10 | 10,15 |
| Себестоимость цеховая | Сцех | 46,73 | 37,39 |
| Расходы заводские | Рзав | 10,81 | 7,78 |
| Себестоимость заводская | С _{ЗАВ} | 57,54 | 45,17 |

4.6 Капитальные затраты по базовому и проектной технологиям

Размер капитальных затрат, требующихся для реализации базовой технологии, вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot Ц_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{3.Б.}, \quad (4.20)$$

где K_3 – величина коэффициента, определяющего долю загрузки технологического оборудования;

$Ц_{\text{ОБ.Б}}$ – размер в рублях остаточной стоимости оборудования, определяемый согласно сроку службы;

n – принятое количество единиц оборудования для выполнения заданной производственной программы по базовой технологии.

$$Ц_{\text{ОБ.Б}} = Ц_{\text{ПЕРВ.}} - (Ц_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100), \quad (4.21)$$

где $Ц_{\text{ПЕРВ}}$ – рыночная стоимость в рублях приобретения технологического оборудования для реализации базовой технологии;

$T_{\text{СЛ}}$ – срок службы в годах оборудования для реализации базовой технологии на начало внедрения предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений;

N_A – норма амортизации в процентах оборудования для реализации базового технологического процесса.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.20) и в формулу (4.21) результаты вычисления:

$$Ц_{\text{ОБ.Баз.}} = 780000 - (780000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 2769000 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 2769000 \cdot 0,89 = 2464410 \text{ рублей}$$

Размер общих капитальных затрат для реализации проектной технологии вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОПР}} \quad (4.22)$$

где $K_{\text{ОБПР}}$ – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование;

$K_{\text{ПЛ}}$ – принятая величина капитальных вложений в площади;

$K_{\text{СОП}}$ – принятая величина сопутствующих капитальных вложений.

$$K_{\text{ОБПР}} = Ц_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (4.23)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.23) результаты вычисления:

$$K_{\text{ОБПР}} = 850000 \cdot 1,05 \cdot 0,64 = 5712000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}} \quad (4.24)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии;

$K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования.

$$K_{\text{ДЕМ}} = Ц_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (4.25)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на демонтаж оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.25) результаты вычисления:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 7800000 \cdot 0,05 = 390000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{МОНТ}} = Ц_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.26)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю затрат на монтаж оборудования для реализации проектной технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.24) и в формулу (4.26) результаты вычисления:

$$K_{\text{МОНТ}} = 850000 \cdot 0,05 = 425000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 390000 + 425000 = 815000 \text{ руб.}$$

Вычисляем размер затрат на дополнительные площади:

$$K_{\text{ПЛ}} = (70 - 38) \cdot 30000 = 960000$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.22) результаты вычисления:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = 5712000 + 960000 + 815000 = 7487000 \text{ руб.}$$

Размер дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ}}. \quad (4.27)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.27) результаты вычисления:

$$K_{\text{ДОП}} = 7487000 - 2464410 = 5022600 \text{ руб.}$$

4.7 Показатели экономической эффективности проектной технологии

Снижения трудоемкости вычисляем согласно формуле:

$$\Delta t_{\text{ШГ}} = \frac{t_{\text{ШГБ}} - t_{\text{ШГПР}}}{t_{\text{ШГБ}}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.28) результаты вычисления:

$$\Delta t_{\text{ШГ}} = \frac{0,025 - 0,018}{0,025} \cdot 100\% = 28\%$$

Показатель повышения производительности труда вычисляем согласно формуле:

$$П_{\text{T}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{ШГ}}}{100 - \Delta t_{\text{ШГ}}} \quad (4.29)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.29) результаты вычисления:

$$\ddot{I}_{\text{O}} = \frac{100 \cdot 28}{100 - 28} = 39\%$$

Снижение технологической себестоимости труда вычисляем согласно формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.30)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.30) результаты вычисления:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{57,54 - 45,17}{57,54} \cdot 100\% = 21,5\%$$

Условно-годовую экономию (ожидаемую прибыль) вычисляем согласно формуле:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} \quad (4.31)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.31) результаты вычисления:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (57,54 - 45,17) \cdot 150000 = 18555000 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{у.г.}}} \quad (4.32)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.32) результаты вычисления:

$$T_{\text{ок}} = \frac{5022600}{18555000} = 0,3$$

Годовой экономический эффект в сфере производства вычисляем согласно формуле:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{у.г.}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.33)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.33) результаты вычисления:

$$\text{Э}_{\Gamma} = 18555000 - 0,33 \cdot 5022600 = 16897542 \text{ руб.}$$

4.8 Заключение по экономическому разделу

Экономический раздел настоящей выпускной квалификационной работы посвящён определению основных экономических показателей, которые могут охарактеризовать проектную и базовую технологии: технологической и заводской себестоимости сварки.

В ходе выполнения расчётов установлено, что проектная технология при внедрении в производство позволит получить положительные эффекты:

уменьшить трудоемкость на 28 %, увеличить производительность труда на 39 %, уменьшить технологическую себестоимость на 21,5 %. Размер расчётной величины условно-годовой экономии составил 18,5 млн. рублей.

Размер годового экономического эффекта, оцененный с учетом капитальных вложений в приобретаемое технологическое оборудование, составил 16,9 млн. рублей. Финансовые затраты на капитальные вложения в технологическое оборудование окупятся за 0,3 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение производительности качества операций контактной точечной сварки при изготовлении балки крыши автомобиля LADA Granta.

В ходе выполнения первого раздела выпускной квалификационной работы был выполнен анализ конструктивных особенностей рассматриваемого сварного узла и условий его эксплуатации. На основании проведённого анализа были сформулированы задачи выпускной квалификационной работы, последовательное выполнение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) Рассчитать параметры режима контактной сварки данной детали на многоэлектродной сварочной машине;
- 2) Разработать конструкцию многоэлектродной сварочной машины;
- 3) Разработать технологический процесс сварки данной детали на спроектированной многоэлектродной сварочной машине;
- 4) Предусмотреть меры защиты работников от опасных и вредных производственных факторов;
- 5) Произвести экономическое предложенных технических решений.

В ходе выполнения экологического раздела выполнен анализ экологической безопасности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений и предложены меры по защите персонала от вредных и опасных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии.

Анализ экономической эффективности предложенных решений позволил установить, что внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 16,9 млн. рублей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кочергин, К. А. Контактная сварка / К.А. Кочергин. – Л.: Машиностроение, 1987. – 240 с.
2. Чулошников, П. Л. Контактная сварка / П.Л. Чулошников. – М.: Машиностроение, 1977. – 144 с.
3. Климов, А. С. Контактная сварка. Вопросы управления и повышении стабильности качества / А.С. Климов. – М.: Физматлит, 2011. – 216 с.
4. Климов, А.С. Основы технологии и построения оборудования для контактной сварки: учебное пособие / А.С. Климов, И.В. Смирнов, А.К. Кудинов, Г.Э. Кудинова. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 336 с.
5. Волченко, В.Н. Сварка и сварочные материалы, том 1 / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1991. – 527 с.
6. Горячий, Д.В. Технология изготовления автомобильных узлов / Д.В. Горячий. – М.: Машиностроение, 1990. – 367 с.
7. Орлов, Б.Д. Контроль точечной и роликовой электросварки / Б.Д.Орлов, П.Л.Чулошников, В.Б.Верденский, А.Л.Марченко. – М. : Машиностроение, 1973. – 304 с.
8. Лебедев, В.К. Системы питания машин для контактной сварки / В.К. Лебедев, А.А. Письменский // Автоматическая сварка. – 2001. – № 11. – С. 32–36.
9. Шишмаков И.А. Аппаратура управления и контроля для контактной сварки / И.А. Шишмаков, М.Я. Левин, Д.К. Симо [и др.] // Сварочное производство. – 1998. – № 8. – С. 33–36.
10. Иоффе, Ю.Е. Новые разработки ЗАО «Электрик–МИКС» в области контроля и управления сварочными процессами / Иоффе Ю.Е., Жданов В.В., Котов А.В. [и др.] // Сварочное производство. – 2002. – № 4. – С. 39–43.
11. Кулисон, Э. Новые подходы к управлению качеством в сварочном производстве США / Э. Кулисон, Б. Ирвинг, М.Р. Йонсен // Автоматическая сварка. – 1994. – № 1. – С. 39–47, 53.

12. Орлов, Б.Д. Технология и оборудование контактной сварки / Б.Д. Орлов, А.А. Чакалев, Ю.В. Дмитриев [и др.]. – М. : Машиностроение, 1986. – 352 с.
13. Банов, М.Д. Технология и оборудование контактной сварки: Учебник для студ. учреждений сред. проф. Образования / М.Д. Баннов. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 224 с.
14. Бердичевский А. Е. Многоэлектродные машины для контактной сварки / А.Е. Бердичевский. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. - 218 с.
15. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
16. Левченко, О.Г. Безопасный уровень напряженности электромагнитного поля при контактной сварке / О.Г. Левченко, В.К. Левчук // Автоматическая сварка. – 2008. – № 5. – С. 46–55.
17. Грачева, К. А. Экономика, организация и планирование сварочного производства: учебное пособие для студентов вызов, обучающихся по специальности "Оборудование и технология сварочного производства" / К. А. Грачева. – М. : Машиностроение, 1984. – 386 с.
18. Панащенко, Н. И. Нормирование расхода материалов и электроэнергии при контактной сварке / Н. И. Панащенко, Ю. В. Скульский, П. Л. Чулошников // Автоматическая сварка, 1996 – №1. – С 45–52.
19. Панащенко, Н. И. Нормирование расхода материалов и электроэнергии при контактной сварке / Н. И. Панащенко, Ю. В. Скульский, П. Л. Чулошников // Автоматическая сварка, 1996 – №1. – С 45–52.
20. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
21. Амирджанова, И.Ю. Правила оформление выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие / И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова – Тольятти : ТГУ, 2019. – 145 с.