

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные
процессы»
(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология сборки и сварки панели кабины задней
коммерческого автомобиля Лада 4x4

Студент

Д.В. Филимончев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Фёдоров

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

Аннотация

Применение серийно выпускаемых робототехнических комплексов в автоматизированных системах управления контактной сваркой позволяет повысить производительность и гарантировать необходимый уровень качества формирования сварных соединений.

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологии контактной сварки деталей кузова автомобиля. Контактная сварка с применением подвесных варочных клещей, применяемая в качестве базовой технологии, сопровождается значительными затратами рабочего времени и дефектов, исправление которых требует дополнительных затрат времени, электрической энергии и сварочных материалов. Проектный вариант технологии предполагает применение роботизированной сварки, которая позволит существенно уменьшить трудовые затраты и повысить качество сварки.

В работе выполнены следующие задачи: 1) составить технологию роботизированной контактной сварки узла; 2) предложить средства автоматизации технологии (промышленный робот, программируемые сварочные позиционеры); 3) произвести планировку роботизированного технологического комплекса для сборки-сварки и составить циклограмму его работы; 4) произвести анализ опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих предложенную технологию и предусмотреть меры защиты от них.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 4,2 млн. рублей.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение | 5 |
| 1 Анализ состояния вопроса | 7 |
| 1.1 Описание детали | 7 |
| 1.2 Сведения о материале изделия | 9 |
| 1.3. Базовая технология сборки и сварки изделия | 11 |
| 1.4. Способы автоматизации и механизации базовой технологии | 16 |
| 1.5 Задачи выпускной квалификационной работы | 21 |
| 2 Проектный технологический процесс роботизированной сварки изделия | 22 |
| 2.1 Назначение параметров режима контактной точечной сварки | 22 |
| 2.2 Проектирование электродов для контактной точечной сварки | 23 |
| 2.3. Разделение сварных точек на группы | 25 |
| 2.4. Проектирование участка роботизированной сварки | 26 |
| 2.5 Технологический процесс сборки и сварки изделия | 41 |
| 3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений | 42 |
| 3.1 Технологическая характеристика объекта | 42 |
| 3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений | 43 |
| 3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков | 44 |
| 3.4 Обеспечение пожарной безопасности | 45 |
| 3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений | 46 |

| | |
|---|----|
| 3.6 Заключение по разделу | 47 |
| 4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений | 48 |
| 4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов | 48 |
| 4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования | 50 |
| 4.3 Расчет штучного времени | 51 |
| 4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки | 55 |
| 4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам | 62 |
| 4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений | 67 |
| Заключение по экономическому разделу | 69 |
| Заключение | 71 |
| Список используемой литературы | 72 |

Введение

Сейчас основной задачей современного отечественного машиностроения является многократное повышение производительности труда. На таком крупном автомобилестроительном предприятии как АО «АВТОВАЗ» задача интенсификации сварочного производства решается за счёт применения роботизированных технологических комплексов и автоматических линий на базе многоэлектродных сварочных машин. Однако на ряде дочерних предприятий, одним из которых является «ПСА Вис-Авто» сварка кузовных деталей проводится с применением подвесных сварочных клещей и ручного труда. Это не только снижает производительность, но и повышает себестоимость производства, ограничивая развитие предприятия.

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 КТС, сборочные, подготовительные операции и др. Необходимым условием, выполнение которого обеспечивает формирование сварного соединения надлежащего качества, является получение общей зоны расплавления с заданными размерами. Это в свою очередь обеспечит получение требуемых эксплуатационных свойств – в частности, прочность соединения. Размер этой зоны при точечной сварке определяется диаметром литого ядра и регламентируется ГОСТ 15878–79 «Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы и размеры».

Применение серийно выпускаемых робототехнических комплексов в автоматизированных системах управления контактной сваркой позволяет повысить производительность и гарантировать необходимый уровень качества формирования сварных соединений. Поэтому разработки,

направленные на поиск возможностей применения серийно изготавливаемых механических многозвенных манипуляторов сварочных клещей и изделия для реализации концепции безлюдных сварочных технологий являются актуальными. Сдерживающими факторами применения РТК являются недостаточная точность повторения сборочных операций под сварку соединений. Это приводит к возникновению переменной величины зазора между деталями. Также в процессе сварки появляются дополнительные смещения в изделии, вызванные тепловыми деформациями и структурными превращениями в сварных точках, что в итоге затрудняет получение качественного сварного соединения.

Типовой деталью, однозначно требующей автоматизации сварки является панель кабины средняя в сборе, которая содержит несколько сотен сварных точек, выполняемых контактной сваркой на подвесных клещах. К недостаткам данной технологии следует отнести зависимость производительности и качества сварки зависит от субъективных факторов работника, т.е. его добросовестности, квалификации, физического состояния. Кроме того, условия труда способствуют быстрой утомляемости работника, газы и мелкодисперсные частицы, выделяющиеся при сварке негативно влияют на его здоровье.

Таким образом, актуальной следует считать темы выпускной квалификационной работы – «Технология сборки и сварки панели кабины задней коммерческого автомобиля Лада 4x4».

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварочных работ при изготовлении панели кабины задней коммерческого автомобиля Лада 4x4.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Описание детали

Панель кабины задняя в сборе автомобиля «Лада 4x4» (рис. 1.1) предназначена для создания силового каркаса автомобиля, обеспечения жесткости панели крыши при опрокидывании автомобиля и снеговых нагрузках. Изделие в кузове приварено к боковинам. В поперечном сечении изделие имеет плоскую форму и состоит из следующих деталей: стойки задней панели кабины 1 (2 штуки), усилителя задней панели кабины верхнего 2, усилителя задней панели кабины среднего 3, панели кабины задней 4. Общая длина изделия составляет 1612 мм, высота 1154 мм.

Проектируемая эксплуатация изделия выполняется при температурах окружающего воздуха $-40^{\circ}\dots+40^{\circ}\text{C}$. В процессе эксплуатации изделие подвергается статическим и динамическим нагрузкам. В зависимости от состояния дорожного полотна возможны вибрационные нагрузки. С точки зрения пассивной безопасности при аварии автомобиля (фронтальный и боковой удары) изделие защищает салон от деформаций и проникновения в него посторонних предметов. Кроме того, в случае опрокидывания автомобиля панель кабины должна обеспечить сохранение жизненного пространства внутри автомобиля.

Панель кабины в сборе собирается и сваривается контактной точечной сваркой из четырех частей (рис. 1.1), общее число сварных точек составляет 114...126 штук. Такой разброс возникает вследствие того, что сварка производится вручную на подвесных клещах.

Перед тем, как выбрать способ автоматизации сварки данного узла, необходимо произвести его анализ на предмет целесообразности этой автоматизации (табл. 1.1).

По результатам анализа конструкции изделия – Панель кабины задняя в сборе легкового автомобиля следует признать, что эта деталь кузова в

целом соответствует приведённым требованиям. Поэтому при роботизации её сварки может быть получен положительный экономический эффект.

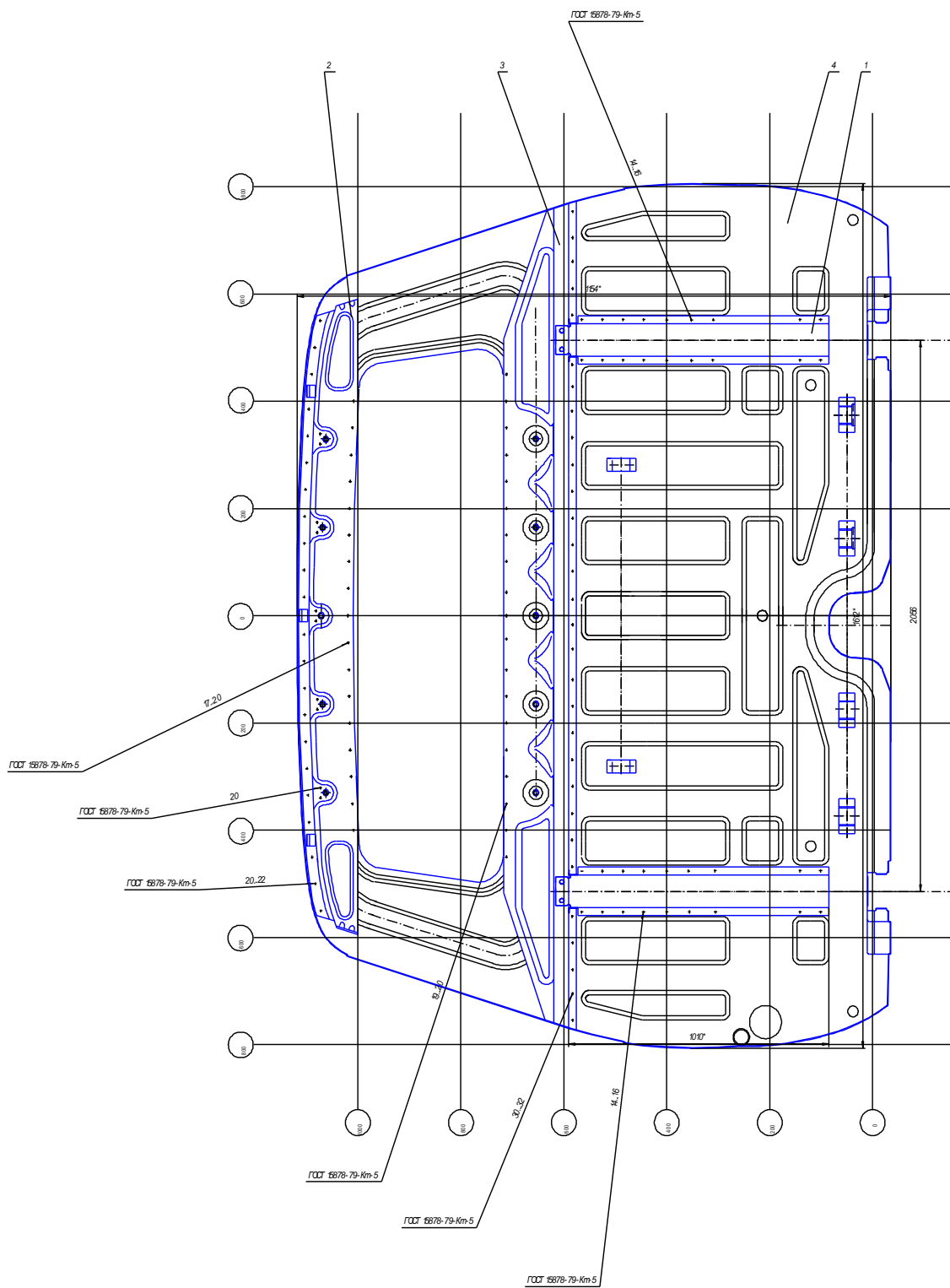


Рисунок 1.1 – Панель кабины задняя в сборе

Таблица 1.1 - Анализ целесообразности автоматизации сварки панели кабины задней в сборе автомобиля «Лада 4x4»

| Условие | Состояние | Вывод |
|--|---|-------------|
| Изделие должно изготавливаться из материалов, хорошо сваривающихся электрической контактной сваркой | Материал – сталь 08Ю, хорошо сваривается контактной сваркой | Выполняется |
| Сложное изделие должно быть рационально разделено на подузлы оптимальных габаритов с оптимальным расположением сварных швов | Все детали имеют один порядок габаритных размеров и массы, все сварные точки сгруппированы в несколько рядов | Выполняется |
| Изделие должно содержать минимальное число ранее приваренных (или прикрепленных другим способом) деталей, затрудняющих доступ электродов к местам сварки | Ранее приваренные к подузлам мелкие детали (скобы, гайки, кронштейны и т.д.) не затрудняют захват деталей, их позиционирование и сварку | Выполняется |
| 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.) | Выполнено конструктивно | Выполняется |
| Расстояние между двумя соседними точками сварного точечного шва (или соседними сварными швами) не должно быть менее 40—50 мм, так как при дальнейшем уменьшении этого расстояния требуется с целью сохранения качества сварных точек изменить значение сварочного тока для компенсации шунтирования тока через соседние точки (ряды точек) | Шаг между сварными точками составляет 50 мм, что соответствует ГОСТ 15878-79 | Выполняется |

1.2 Сведения о материале изделия

Заготовки выполняются из материала – сталь 08Ю. Это сталь конструкционная углеродистая качественная. Сталь 08Ю хорошо сваривается и обладает достаточной штампуемостью. Замены на другой материал не требуется.

Таблица 1.1 – Химический состав в % материала 08Ю

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------------------|---------------|
| Углерод | Кремний | Марганец | Никель | Сера | Фосфр | Хром | Аллюм. | Медь |
| С | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Al | Cu |
| менее 0,07 | менее 0,01 | предел 0,2... 0,35 | менее 0,06 | менее 0,025 | менее 0,02 | менее 0,03 | предел 0,02... 0,07 | менее 0.06 |

Таблица 1.2 – Механические свойства при T=20°C стали 08Ю

| | | | | |
|------------|------------|------------|--------|----------------------|
| σ_b | σ_T | δ_5 | ψ | КСУ |
| МПа | МПа | % | % | кДж / м ² |
| 255-350 | 205 | 34 | - | - |

Поставка рулонного проката возможна как катанной, так и с обрезной кромкой. При этом на кромке проката по результатам осмотра невооружённым глазом должны отсутствовать расслоения и торцевые трещины. Кромки у проката не должны быть загнуты на величину более 90°, также прокат не должен иметь скрученных и смятых концов. Металл листов для проката поставляется в дрессированном состоянии.

При приёмке листовой прокат следует подвергать испытанию на выдавливание (табл. 1.3). Полосу следует смазывать с обеих сторон слоем нейтральной смазки.

Таблица 1.3 – Требования к результатам испытания проката на выдавливание

| | |
|----------------------|--|
| толщина листа, мм | глубина сферической лунки не менее для категории вытяжки ВОСВ ОСВ СВ ВГ |
| 1,0 | 11,2 11,1 10,8 10,5 |

Таблица 1.4 – Механические свойства листового проката

| | | | | | |
|----------------------|----------------|--|--|--|--|
| категория вытяжки | марка стали | предел текучести σ_T , МПа не более | временное сопротивление σ_b , МПа | относительное удлинение, %, менее при толщине листа 0,5-1,5 мм | твёрдость по Роквеллу, HRB, не более |
| ВОСВ | 08Ю | 186 | 255-323 | 40 | 46 |
| ОСВ | 08Ю | 196 | 255-323 | 36 | 46 |
| СВ | 08Ю | 206 | 255-353 | 34 | 48 |

Увеличение содержания алюминия в стали 08Ю от 0,017 до 0,093% приводит к повышению прочностных свойств и измельчению зерна феррита.

При содержании в стали 0,07...0,09 % углерода и 0,005...0,008 % никеля оптимальное сочетание структуры, физических и механических свойств, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 9045-80 для высших категорий вытяжки, достигается при содержании алюминия 0,02...0,05 % и отжиге с двухступенчатым импульсным режимом нагрева.

В процессе отжига реализуются различные механизмы рекристаллизации: при низком содержании алюминия в стали (0,02...0,05%) - нитридный с торможением, при высоком (0,073...0,093%) - обычный по типу кипящей стали.

Прочностные свойства и размер зерна зависят от режима отжига во всем диапазоне изменения концентрации алюминия, пластические свойства и кристаллографическая текстура - только при низких содержаниях алюминия в стали.

1.3. Базовая технология сборки и сварки изделия

Заготовки со склада транспортируются на производственный участок цеха. Заготовки находятся в оборотной таре, откуда сварщик предварительно перемещает их на участок сборки-сварки (рис. 1.2). На участке заготовки складываются в специальную тару, расставленную вокруг сборочного кондуктора. Сварщик последовательно берёт из тары панель кабины заднюю, усилитель задней панели кабины средний, две стойки задней панели кабины, усилитель задней панели кабины верхний, укладывает их в кондуктор и производит сварку подвесными клещами.

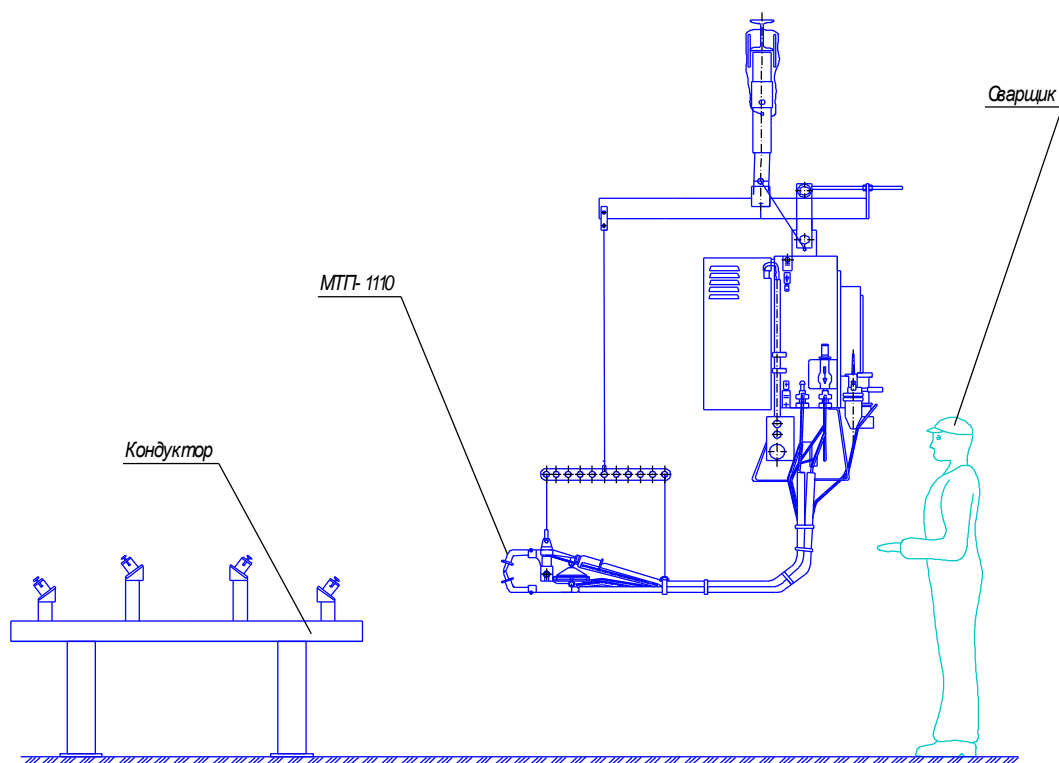


Рисунок 1.2 – Базовая технология сборки-сварки панели кабины

Количество проставляемых сварных точек, соединяющих детали узла следующее:

- панель кабины задняя и усилитель задней панели средний – 1 ряд – 30..32 точки, 1 ряд – 19...20 точек;
- панель кабины задняя и две стойки задней панели кабины – 4 ряда по 7...8 точек;
- панель кабины задняя и усилитель задней панели верхний – 1 ряд по 17...20 точек, 1 ряд по 20...22 точки.

Всего 114...126 сварных точек.

В качестве контактной сварочной машины применяется подвесная сварочная машина МТП-1110 (рис. 1.3). Машина МТП-1110 обладает следующими техническими характеристиками (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Технические характеристики подвесной контактной сварочной машины МПТ-1110

| № | Параметр | Значение параметра |
|---|--|-----------------------|
| 1 | Номинальный вторичный ток, А | 8000 |
| 2 | Номинальный длительный вторичный ток, А | 3600 |
| 3 | Номинальная потребляемая мощность, кВА | 90 |
| 4 | Производительность при сварке низкоуглеродистой стали 0,5+0,5 мм, св/мин | 165 |
| 5 | Число ступеней регулирования вторичного напряжения | 4 (номинальная 3-я) |
| 6 | Толщина свариваемых листов, мм | От 0,5+0,5 до 1,5+1,5 |

В комплекте с машиной МПТ-1110 применяются сварочные клещи КТП-8-1 (рис. 1.4), которые состоят из двух рычагов 5 и 9, шарнирно связанных между собой осью 8. Электрододержатели 2 и 3 с электродами 1 устанавливаются в гнездах рычагов и закрепляются с помощью сухарей 10 и болта 4. Сварочное усилие на электродах (250 даН) создается пневматическим диафрагменным приводом 7 одностороннего действия, а возврат осуществляется пружиной, установленной внутри привода. Клещи к тросу подвески крепятся за винт 6. Машина комплектуется водохлаждаемым токоведущим кабелем сечением 200 мм².

При сварке применяются жесткие режимы (таблица 1.6).

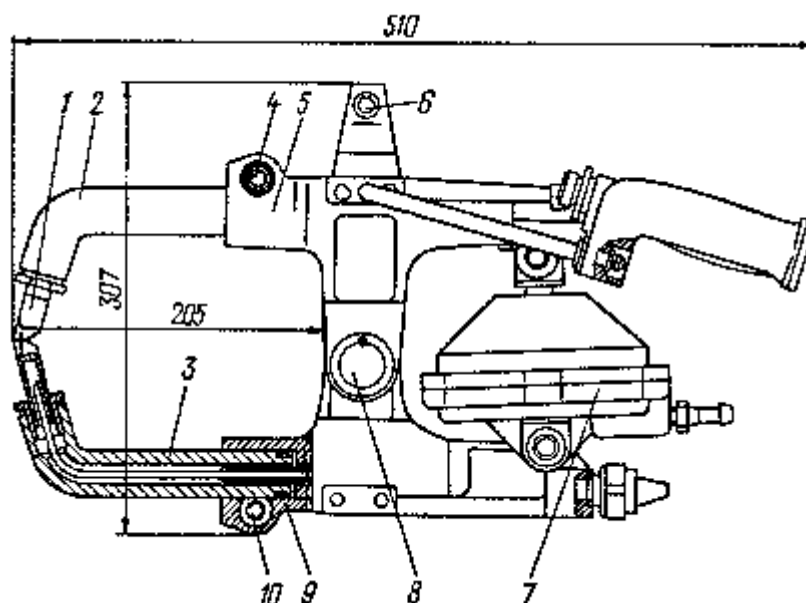


Рисунок 1.3 – Сварочные клещи типа КТП-8-1

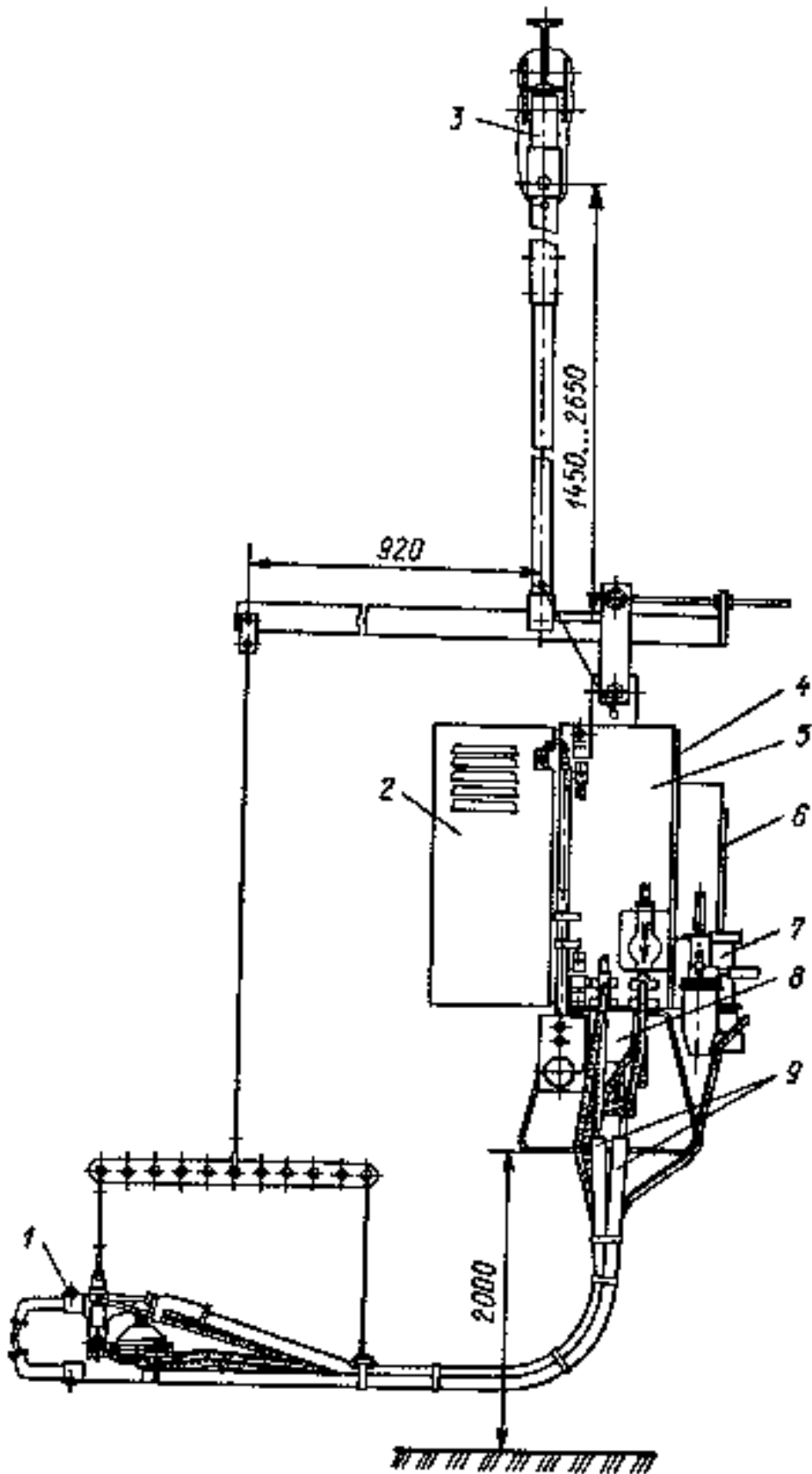


Рисунок 1.4 – Машина сварочная типа МТП-1110

Таблица 1.6 – Параметры режима контактной точечной сварки, применяемые при сварке на подвесных клещах деталей толщиной 1+1 мм

| № | Наименование параметра | Значение параметра |
|---|---------------------------------------|--------------------|
| 1 | Диаметр сварочного электрода, мм | 5 |
| 2 | Величина сварочного тока, А | 8000 |
| 3 | Время протекания сварочного тока, сек | 0,12...0,14 |
| 4 | Сварочное давление, кН | 2,3...2,8 |

После выполнения контактной точечной сварки следует визуально проконтролировать изделие. Сварные точки должны иметь потемнение в месте сварки, вмятину и цвета побежалости вокруг места сварки. В случае возникновения непроваров в месте сварки не будет наблюдаться потемнение и цвета побежалости. Также следует проверить сварные точки на отсутствие прожогов. Прожоги и визуально обнаруживаемые непровары не допускаются.

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.

Для сборки деталей под контактную сварку применяют сборочный кондуктор, который включает в себя стол, установочную плиту, базовые опоры и прижимы. Установочная плита зафиксирована горизонтально на столе. На установочной плите крепятся базовые опоры с ложементами для деталей. Прижимы приводятся в движение при помощи пневмоцилиндров.

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. Способы автоматизации и механизации базовой технологии

Перед тем, как предложить способ автоматизации сварки изделия, необходимо произвести анализ существующих решений и на основе выбранного способа разработать новую технологию сборки и сварки панели кабины задней в сборе.

В настоящее время на производстве применяются следующие способы автоматизации сварки листовых деталей кузова автомобиля:

- 1) сварка на стационарных контактных машинах с применением механизированных и автоматизированных приспособлений;
- 2) сварка на многоэлектродной контактной точечной машине;
- 3) использование промышленного робота с закреплённым на конце манипулятора сварочными клещами;
- 4) роботизированное позиционирование свариваемых деталей относительно электродов стационарной контактной сварочной машины.

Сварка на стационарных контактных машинах (рис. 1.5) не потеряла своей актуальности. За счёт применения механизированных приспособлений возможно проведение сварки деталей с большими массой и габаритами. Механизированные приспособления снабжаются пневматическим или гидравлическим приводом, толкателями и съёмниками деталей. Работа механизированных приспособлений происходит согласованно с работой

транспортных систем. Зачастую механизированное приспособление позволяет выполнять и сборку изделия, т.е. является кондуктором. При этом существенно повышается производительность сборки и сварки, улучшаются условия труда сварщика, улучшается качество выполнения сварочных работ за счёт повышения точности расположения сварных точек и правильной фиксации деталей перед сваркой.

При выполнении контактной рельефной и контактной точечной сварки повышение производительности и качества работ достигается за счёт применения различного типа поворотных столов. При этом появляется возможность выполнения загрузки деталей вне пределов зоны сварки, помещение собранной детали в зону сварки и последовательное позиционирование деталей относительно электродов сварочной машины. Наиболее сложными узлами в таких устройствах считается механизм разворота стола. На поворотном столе крепится сварочная оснастка и само изделие. Такие приспособления устанавливаются на машинах общего применения. Недостатками такого подхода являются: низкая производительность, затруднительность сварки в труднодоступных местах, высокая стоимость оборудования таких линий и абсолютная невозможность перенастройки под другую деталь, если данные контактные машины не обеспечивают качественную сварку по каким-то технологическим показателям.

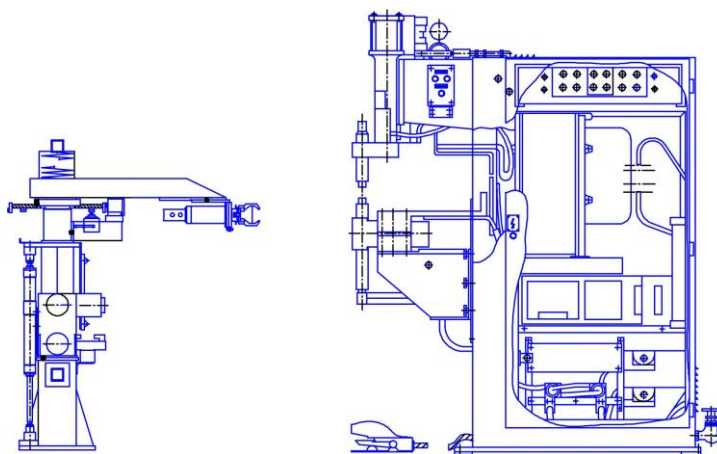


Рисунок 1.5 – Сварка на стационарных контактных машинах с использованием механизированных и автоматизированных приспособлений

Многоэлектродные точечные и шовные машины (рис. 1.6) – могут считаться одной из разновидностей комбинированных сварочных машин. Зачастую в таких механизированных являются операции загрузки деталей, сборки деталей перед сваркой, позиционирования деталей относительно сварочных электродов и сварка. Контактная сварка с использованием многоэлектродных машин отличается высокой производительностью. Применительно к рассматриваемому узлу использование многоэлектродной машины тем более обосновано, что количество сварных точек превышает 100 штук, и все они расположены либо в одной плоскости, либо на параллельных плоскостях, что упрощает конструкцию МТМ и позволяет получить значительны выигрыш в производительности. Однако недостатками применения МТМ являются: невозможность активного контроля качества по одной точке, сложность организации зачистки сварочных электродов, высокая стоимость и металлоёмкость оборудования. Тем более, что для одновременной сварки ста точек потребуется около 25 сварочных трансформаторов, что существенно усложнит конструкцию МТМ и её обслуживание на производстве.

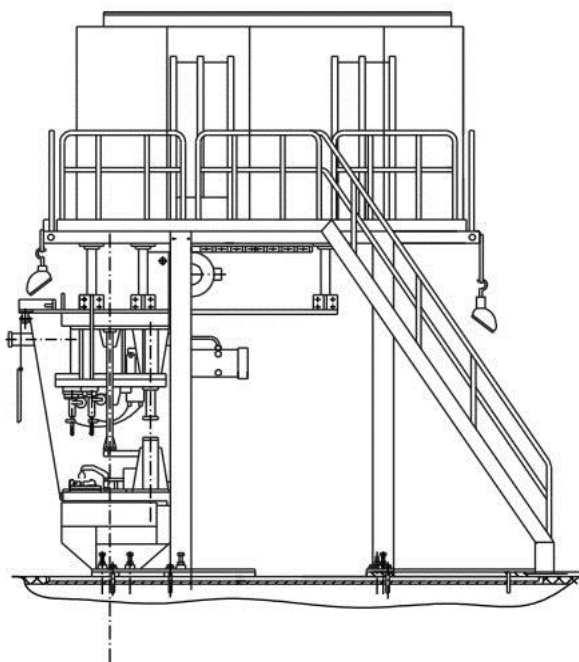


Рисунок 1.6 – Многоэлектродная контактная точечная сварочная машина

Использование промышленного сварочного робота (рис. 1.7) 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. Однако они обладают высокой стоимостью и сложностью, затруднена сварка деталей больших толщин из-за ограничения веса сварочного трансформатора, крепящегося на манипуляторе. Поскольку сварочные клещи обладают значительной (порядка 45 кг) массой, то это приводит к повышенному износу осей и сервоприводов манипулятора. Кроме того, в данной детали необходимо варить 126 сварных точек, причём последовательная сварка приводит к затягиванию цикла и снижению производительности, а параллельная сварка несколькими роботами приводит к неоправданному увеличению себестоимости производства. К тому же узел собирается из четырех деталей, что существенно усложняет цикл сварки одним или несколькими роботами при данной компоновке. Расположение различных групп сварных точек требует использование нескольких типов сварочных клещей, что обуславливает одновременное использование нескольких роботов и так же усложняет цикл работы РТК.

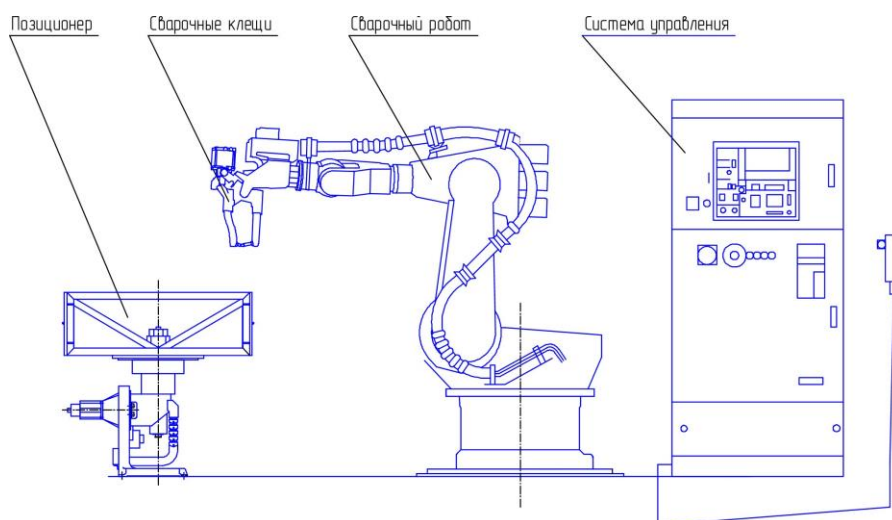


Рисунок 1.7 – Использование сварочного робота с закрепленными на конце манипулятора сварочными клещами

Выходом из описанных ранее трудностей является использование робота в качестве кантователя, когда сварку производят на стационарной машине (рис. 1.8). 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.

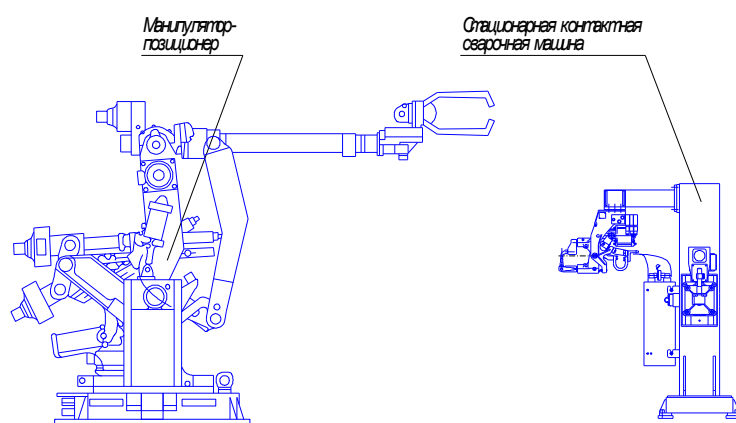


Рисунок 1.8 – Использование автоматического кантователя при контактной сварке

Исходя из вышесказанного, в качестве средства автоматизации применим роботизированную автоматическую линию, составленную на основе сварочных групп (стационарных контактных машин) и позиционирующих манипуляторов. Предварительную простановку нескольких точек (прихватку свариваемых деталей) производим на роботе с закрепленным на конце манипулятора сварочными клещами.

1.5 Задачи выпускной квалификационной работы

Рассмотренная технология сварки изделия включает в себя операции контактной точечной сварки. На основании выполненного анализа состояния вопроса можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, последовательное выполнение которых позволит достигнуть цели, поставленной во введении:

- 1) составить технологию роботизированной контактной сварки узла;
- 2) предложить средства автоматизации технологии (промышленный робот, программируемые сварочные позиционеры);
- 3) произвести планировку роботизированного технологического комплекса для сборки-сварки и составить циклограмму его работы;
- 4) произвести анализ опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих предложенную технологию и предусмотреть меры защиты от них.

2 Проектный технологический процесс роботизированной сварки изделия

2.1 Назначение 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 обжата и приложения ковочного усилия.

Ориентировочные режимы сварки низкоуглеродистых сталей определяем по номограмме (рис. 2.1). Выбираем жёсткий режим сварки с использованием электрода диаметром рабочей поверхности 5 мм. Тогда режимы сварки будут следующими:

Ток сварки – 8...8,5 кА;

Время сварки – 0,10...0,12 сек;

Усилие на электродах – 2,5...3,0 кН

В предлагаемой технологии токи шунтирования практически отсутствуют, поэтому вторичный ток принимаем равным сварочному (8...8,5 кА).

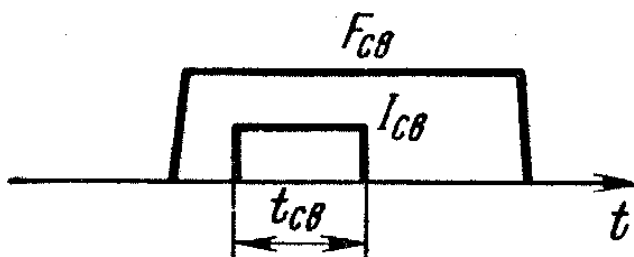


Рисунок 2.1 – Циклограмма контактной точечной сварки тонколистовых деталей из низкоуглеродистой стали

2.2 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.

На таком крупном промышленном производстве, как АО «АвтоВАЗ» электроды для контактной точечной сварки изготавливаются по внутрепроизводственным стандартам. Для многоэлектродных контактных точечных машин возможно применение электродов, изготовленных по РД 54.13.08-00 (рис. 2.2). В этом документе указаны типоразмеры пальчиковых быстросменных электродов для многоэлектродных контактных сварочных машин. В настоящее время мировой производитель автомобилей перешёл на использование электродов колпачковой конструкции. Такие электроды более просты в изготовлении, требуют меньше материалов. Изготовленные методом выдавливания, они не требуют операции высверливания охлаждающего канала, т.е. нет расхода дорогостоящей меди в стружку. На основании мирового опыта можно предложить свой типоразмер электродов РД 54.13.08-00-М (рис. 2.3), которые заменяют соответствующие электроды из старого стандарта. Помимо снижения себестоимости производства такие электроды обладают на 50% большей стойкостью за счёт улучшенного теплоотвода в электрододержатель.

Для сварки данной детали толщиной 1,0 мм применим электрод из ряда 854-0827-7001-М...854-0827-7003-М.

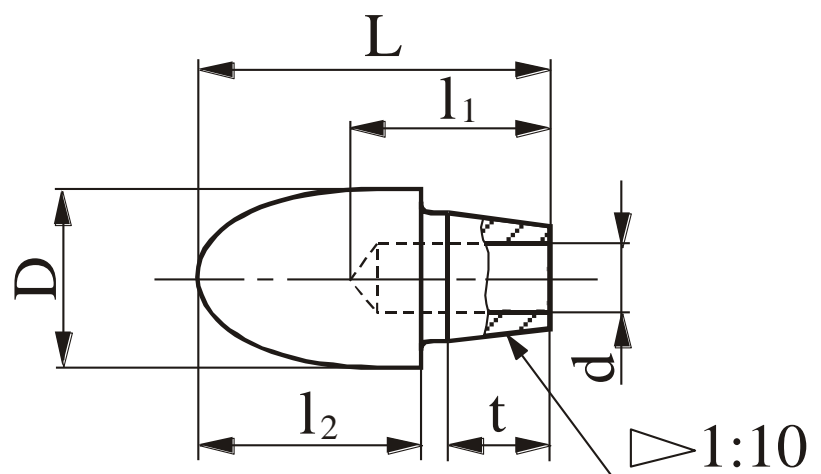


Рисунок 2.2 – Размеры сварочных электродов
в соответствии с РД 54.13.08-00

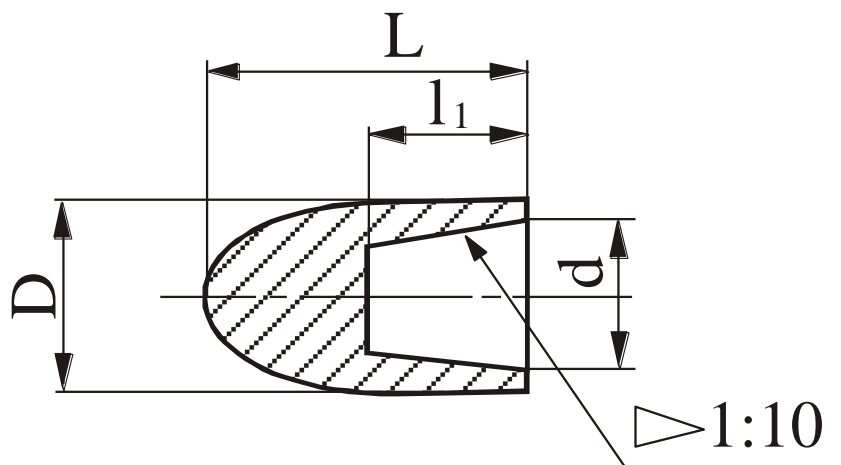


Рисунок 2.3 – Размеры сварочных электродов
в соответствии с РД 54.13.08-00-М

Таблица 2.1 – Размеры сварочных электродов
в соответствии с РД 54.13.08-00

| Обозначение | L | l ₁ | l ₂ | t | D | d |
|---------------|------|----------------|----------------|----|----|-----|
| 854-0827-7001 | 14 | 9 | 6 | 7 | 13 | 6,5 |
| 854-0827-7002 | 19 | 11 | 11 | 7 | 13 | 6,5 |
| 854-0827-7003 | 24 | 13 | 17 | 7 | 13 | 6,5 |
| 854-0827-7004 | 20,5 | 12 | 12 | 8 | 15 | 7 |
| 854-0827-7005 | 25,5 | 15 | 17 | 8 | 15 | 7 |
| 854-0827-7006 | 30,5 | 15 | 22 | 8 | 15 | 7 |
| 854-0827-7007 | 22,5 | 14 | 13 | 10 | 16 | 7,5 |
| 854-0827-7008 | 27,5 | 14 | 18 | 10 | 16 | 7,5 |
| 854-0827-7009 | 32,5 | 19 | 23 | 10 | 16 | 7,5 |
| 854-0827-7010 | 37,5 | 19 | 28 | 10 | 16 | 7,5 |

Таблица 2.2 – Размеры сварочных электродов
в соответствии с РД 54.13.08-00-М

| Обозначение | L | l_1 | D | d |
|-----------------|----|-------|----|----|
| 854-0827-7001-М | 14 | 9,5 | 16 | 12 |
| 854-0827-7002-М | 14 | 9,5 | 16 | 12 |
| 854-0827-7003-М | 14 | 9,5 | 16 | 12 |
| 854-0827-7004-М | 16 | 9,5 | 16 | 12 |
| 854-0827-7005-М | 16 | 9,5 | 16 | 12 |
| 854-0827-7006-М | 16 | 9,5 | 18 | 12 |
| 854-0827-7007-М | 20 | 9,5 | 18 | 12 |
| 854-0827-7008-М | 20 | 9,5 | 18 | 12 |
| 854-0827-7009-М | 20 | 9,5 | 22 | 12 |
| 854-0827-7010-М | 20 | 9,5 | 22 | 12 |

2.3. Разделение сварных точек на группы

Для того, чтобы разработать процесс роботизированной автоматической сварки и правильно подобрать оборудование, необходимо распределить сварные точки на узле между группами сварки. Это позволит разнести во времени сварку различных узлов на автоматической линии и значительно сократить сварочный цикл.

В данном дипломном проекте предусмотрим следующую последовательность простановки сварных точек (рис. 2.4):

- 1) прихватка деталей узла – выполняется на сварочном кондукторе несколькими роботами с закрепленными на конце манипулятора сварочными клещами. Это позволит жестко закрепить в кондукторе сразу все четыре детали и зафиксировать их относительно друг друга путем простановки нескольких точек.
- 2) группа сварных точек №1 – всего 33 штуки (сварка усилителя задней панели кабины среднего 3 и панели кабины задней 4) – выполняется на стационарной сварочной машине с использованием манипулятора робота в качестве позиционера;
- 3) группа сварных точек №2 – всего 34 штуки (сварка усилителя задней панели кабины верхнего 2 и панели кабины задней 4) – выполняется на

стационарной сварочной машине с использованием манипулятора робота в качестве позиционера;

4) группы сварных точек №3 и №4 – всего 42 штуки (сварка стойки задней панели кабины 1, доварка усилителя задней панели кабины среднего 3 и панели кабины задней 4) – выполняется на стационарной сварочной машине с использованием манипулятора робота в качестве позиционера.

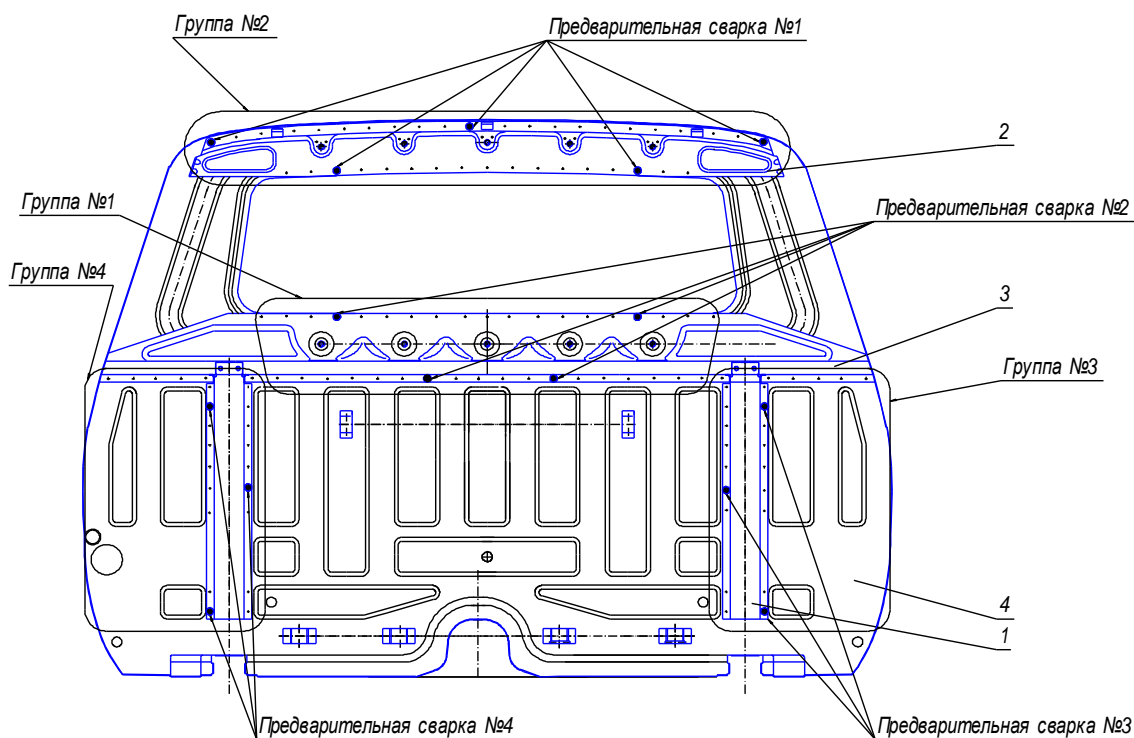


Рисунок 2.4 – Простановка сварных точек на панели кабины задней

2.4. Проектирование участка роботизированной сварки

2.4.1 Разбиение участка на составляющие зоны

В данном выпускной квалификационной работе предусмотрено четыре составляющих участка роботизированной автоматической линии:

- 1) участок предварительной сварки;
- 2) участок сварки группы №1;
- 3) участок сварки группы №2;

4) участок сварки групп №3 и №4.

Далее проектируем каждый участок в отдельности и собираем в единую линию.

На участке предварительной сварки происходит простановка точек групп «Предварительная сварка №1», «Предварительная сварка №2», «Предварительная сварка №3» и «Предварительная сварка №4». При этом группы предварительной сварки №1 и №2 выполняются роботом KR125/3 (KUKA, Германия) с С-образными сварочными клещами ARO, а группы предварительной сварки №3 и №4 выполняются роботом KR125/3 (KUKA, Германия) с Х-образными сварочными клещами ARO.

На линии сварки в качестве позиционеров применим промышленные роботы KR 30/2, оснащенные магнитными схватами.

2.4.2 Описание робота KR125/3 и вариантов манипуляторов

Промышленный робот KR 125/3 предназначен для выполнения следующих функций (другие функции могут выполняться роботом при условии консультаций с производителем):

- точечная сварка;
- дуговая сварка;
- обслуживание прессов;
- лазерная сварка и резка;
- плазменная резка;
- паллетирование;
- загрузка-разгрузка оборудования.

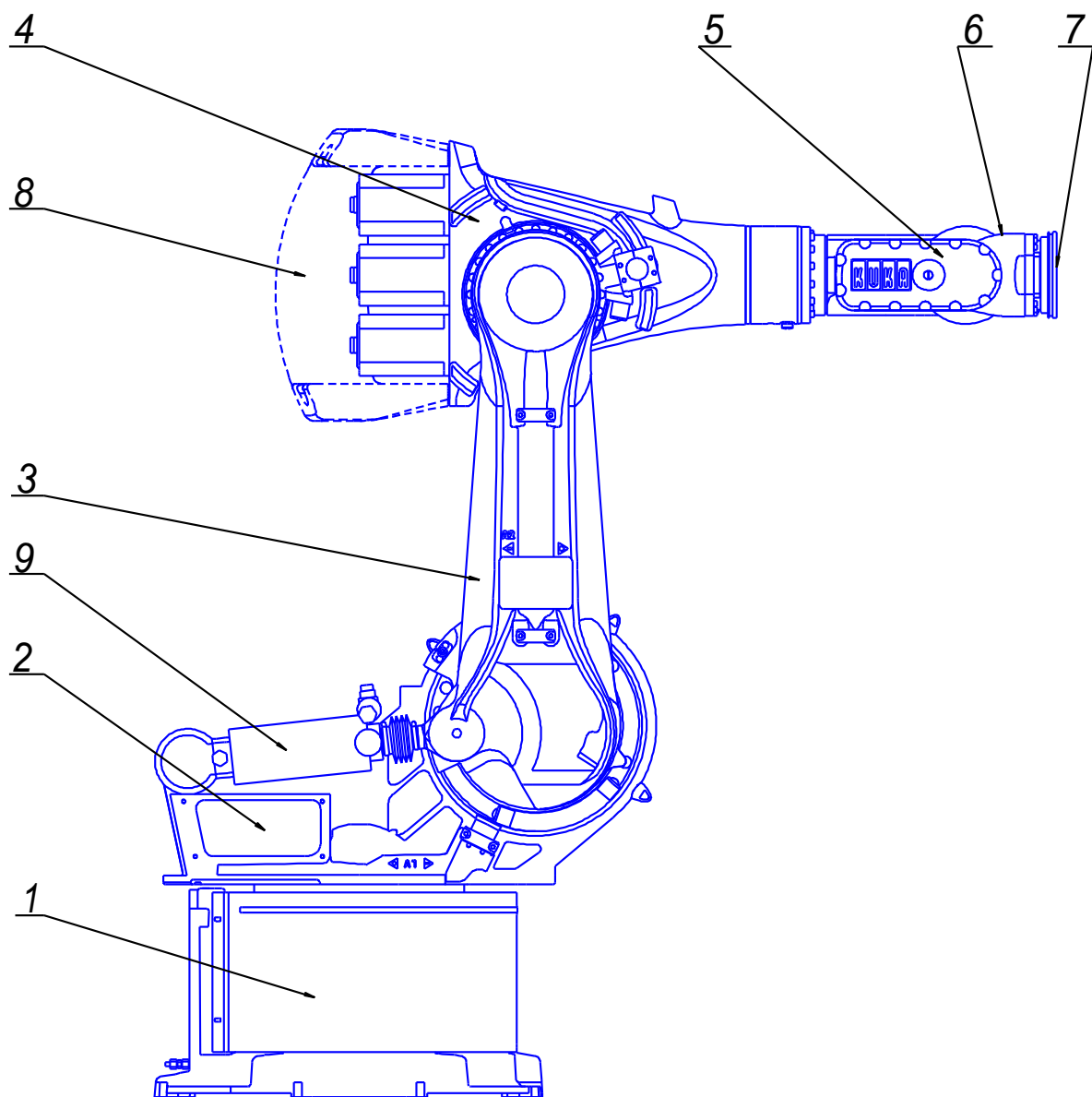
Робот состоит из системы управления KRC-2 (на базе процессора Intel PENTIUM) и манипулятора. Манипулятор KR 125/3 построен по принципу KUKA Famulus и имеет следующий состав. Базисное основание (рис. 2.5, поз. 1) является опорой карусели (рис. 2.5, поз. 2), которая при помощи поворотного соединения имеет возможность вращаться относительно

основания. В корпусе основания имеются штепсельные разъемы, служащие для подвода питания к двигателям и передачи управляющих сигналов. Связь штепсельных разъемов с электрическими цепями подвижной части манипулятора осуществляется двумя кабельными спиралями, расположенными внутри базисного основания. Коромысло (рис. 2.5, поз. 3) установлено в карусели (поз. 2) и дает возможность поворота вокруг оси карусели. Коромысло служит опорой для основания руки (рис. 2.5, поз. 4). В верхней части коромысла расположен привод третьей оси, в нижней части две кабельные спирали, обеспечивающие подвод питания к двигателям и передачу управляющих сигналов. Нижняя часть корпуса коромысла имеет проушины для присоединения штока гидроцилиндра узла уравнивания. В основании руки (рис. 2.5, поз. 4) крепится центральная часть руки (рис. 2.5, поз.5), в которой закреплена кисть (рис. 2.5, поз. 6) и фланец для крепления рабочего инструмента (рис. 2.5, поз. 7).

Таблица 2.3 – Технические характеристики манипулятора KR125/3

| Характеристика | Размерность | Значение |
|---|-------------|-----------|
| Грузоподъёмность | кг | 125 |
| Дополнительная нагрузка на основание руки | кг | 120 |
| Количество осей | шт. | 6 |
| Повторяемость движений | мм | $\pm 0,2$ |
| Вес манипулятора без контроллера | кг | 975 |
| Скорость перемещения по осям: | | |
| A1 | | 101 |
| A2 | | 101 |
| A3 | %с | 101 |
| A4 | | 157 |
| A5 | | 170 |
| A6 | | 239 |

Для компенсации динамических масс, возникающих на A2, манипулятор оснащен замкнутой гидравлической системой уравнивания (рис. 2.5, поз. 9) и противовесом (рис. 2.5, поз. 8).



1 – базисное основание; 2 – карусель; 3 – коромысло; 4 – основание руки;
 5 – центральная часть руки; 6 – кисть; 7 – фланец для крепления инструмента

Рисунок 2.5 – Манипулятор KR125/3

На участке предварительной сварки применим два варианта построения манипулятора робота. Первый вариант – робот с С-образными клещами, второй вариант – робот с Х-образными клещами.

Первый вариант – робот с С-образными клещами (рис. 2.6) представляет собой конструкцию из манипулятора, собранного по модульному принципу и закрепленными на его конце варочными клещами ARO. Такой манипулятор состоит из базисного основания 1, карусели 2,

системы вывешивания 3, коромысла 4, основания руки 5, локтя 6, кисти 7, на которой расположен фланец для крепления инструмента 8, механизм крепления клещей 9 и сами клещи 10, по корпусу манипулятора проложен гибкий токоподвод 11.

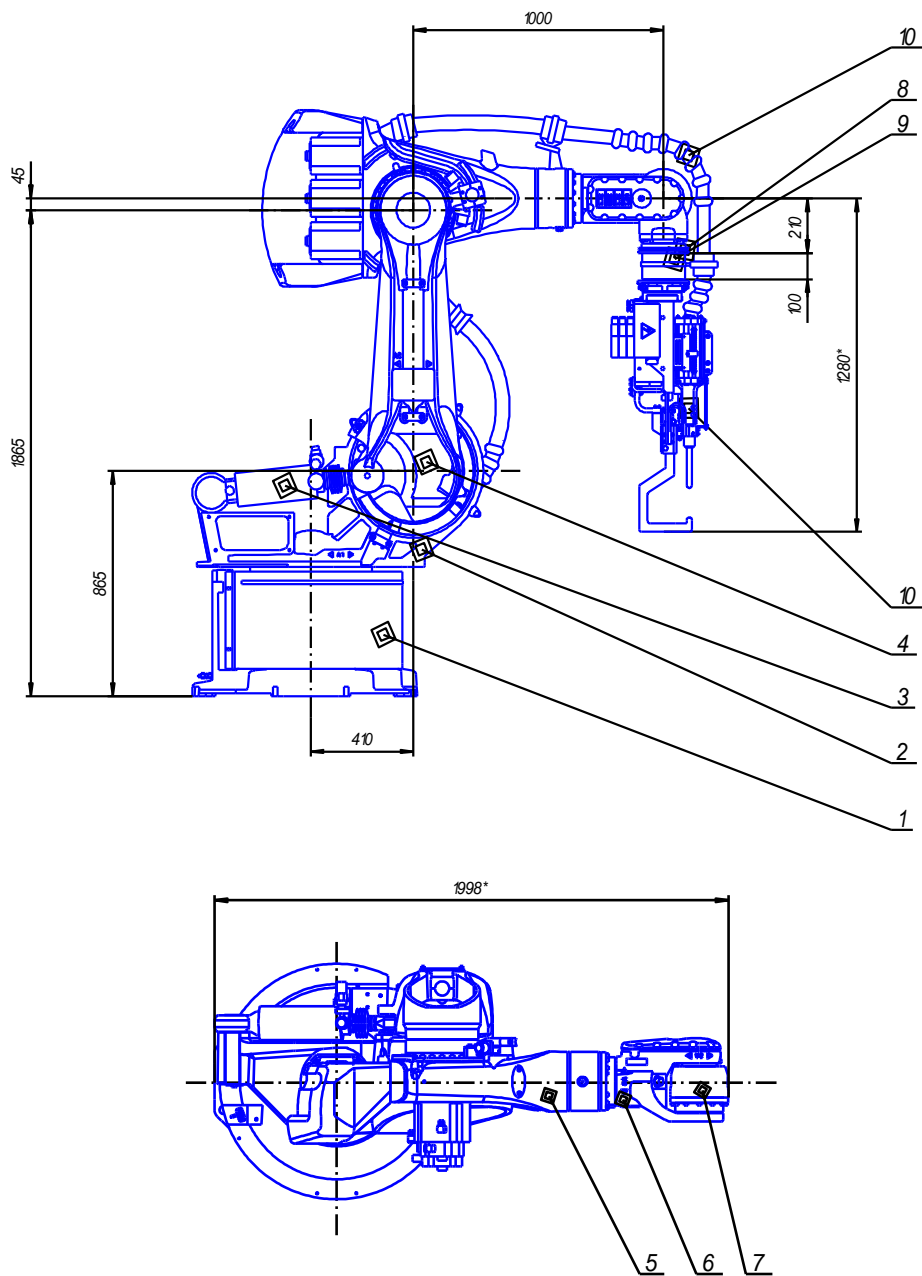


Рисунок 2.6 – Манипулятор комплектации №1 с С-образными сварочными сервоклещами

Второй вариант – робот с Х-образными сварочными клещами (рис. 2.7) представляет собой собранный из модулей манипулятор в составе базисного основания 1, карусели 2, системы вывешивания 3, коромысла 4, основания

руки 5, локтя 6, кисти 7, на которой расположен фланец для крепления инструмента 8, механизм крепления клещей 9 и сами клещи 10, по корпусу манипулятора проложен гибкий токоподвод 11. Сам манипулятор закреплен на модуле линейного перемещения KL1500/2 (KUKA). В данном дипломном проекте принимаем длину направляющего рельса 5000 мм.

Таблица 2.4 – Технические характеристики модулей линейного перемещения KUKA

| Тип | Грузоподъёмность, кг | Максимальный вылет, мм | Количество осей, шт. | Точность позиционирования, ± мм | Масса робота, кг | Способ установки | | Назначение | | | | | | |
|-----------|----------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------|-----------------|----------------|-------------------------|--|--------------------------------|----------------|------------------------------|
| | | | | | | Напольный | Подвесной | Точечная сварка | Дуговая сварка | Лазерная сварка и резка | Вспомогательные технологические операции | Погрузочно-разгрузочные работы | Паллетирование | Покраска, нанесение покрытий |
| KL 250 | 250 | Система линейного перемещения | | 0,2 | В зависимости от длины рельса | + | + | - | + | + | + | + | + | + |
| KL 1500/2 | 1500 | | | | | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

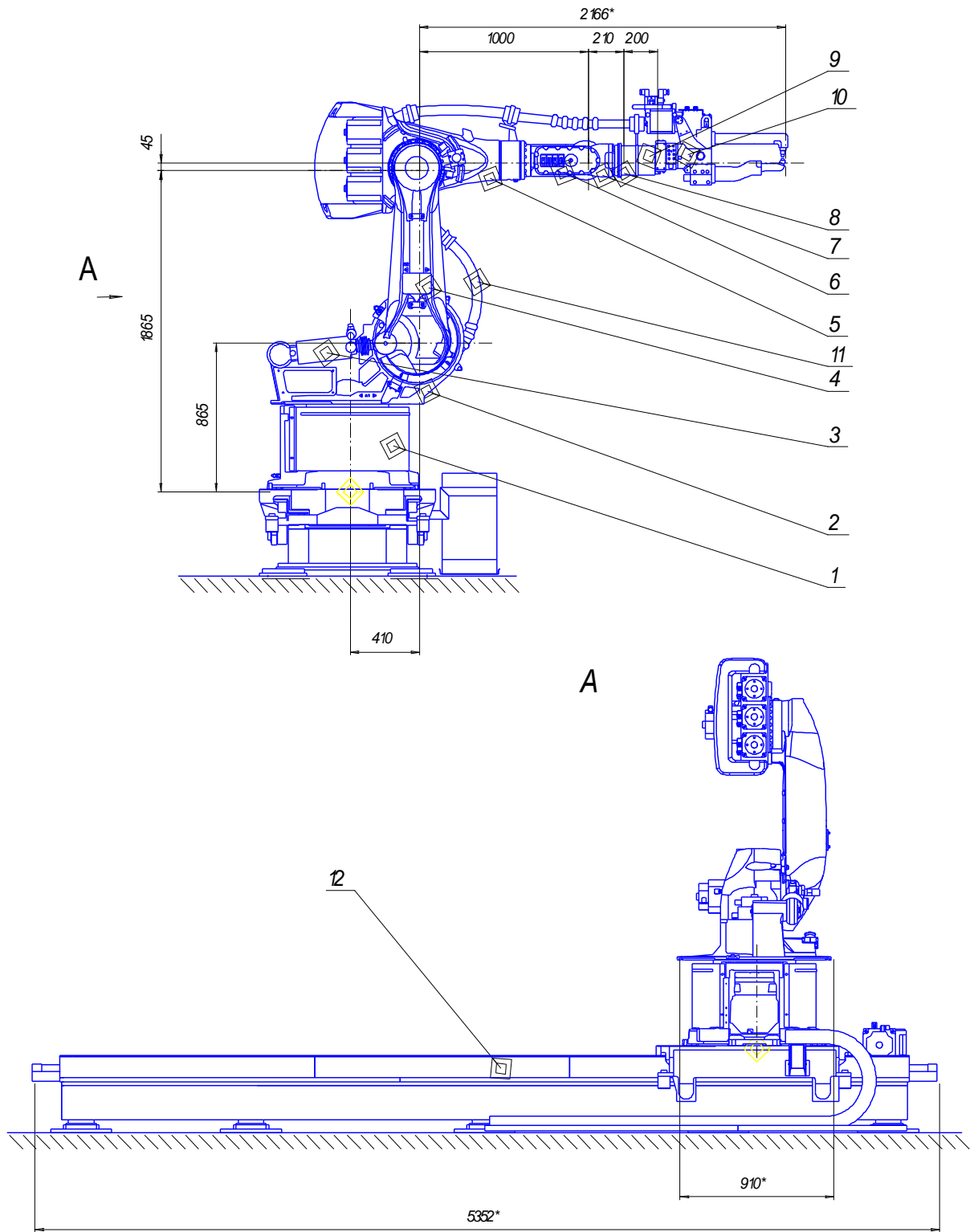


Рисунок 2.7 – Манипулятор комплектации №2 с X-образными сварочными сервоклещами

2.4.3. Описание участка предварительной сварки

Участок для предварительной сварки (рис. 2.8) состоит из двух роботов KR125/3 комплектации № 1 (поз. 1) и №2 (поз. 2). Манипулятор робота комплектации №1 установлен на модуле линейного перемещения KL 1500/2, который позволяет ему совершать глобальное поступательное перемещение относительно свариваемого узла, закрепленного на механизме разворота оснастки (поз. 5). Такое поступательное перемещение необходимо для исключения перекрытия рабочих зон манипуляторов №1 и №2 и для обеспечения возможности подвода сварочных клещей с обеих сторон свариваемого узла.

Комплекс работает следующим образом: оператор последовательно берет из накопительной тары (поз. 7) детали узла и укладывает их на транспортёр-накопитель (поз. 8), который перемещает детали в сторону второго оператора, производящего сборку узла в кондукторе на механизме разворота оснастки (поз. 5) и его фиксацию. Манипулятор робота №1 совершает глобальное поступательное перемещение в сторону детали (крайнее положение) и производит предварительную сварку точек группы №4, после этого манипулятор перемещается на середину рельса и производит простановку сварных точек группы №3. После этого манипулятор отходит в крайнее дальнее положение, и сварку продолжает манипулятор робота №2, который проставляет точки группы предварительной сварки №1 и №2. Всего на операции предварительной сварки производится простановка 15 сварных точек. Одновременно с простановкой сварных точек оператор производит закладку деталей узла в кондуктор, расположенный на второй половине узла разворота оснастки. После того, как робот №2 закончил сварку, узел разворота оснастки позиционирует деталь относительно оператора, который снимает его и перекладывает на линию сварки.

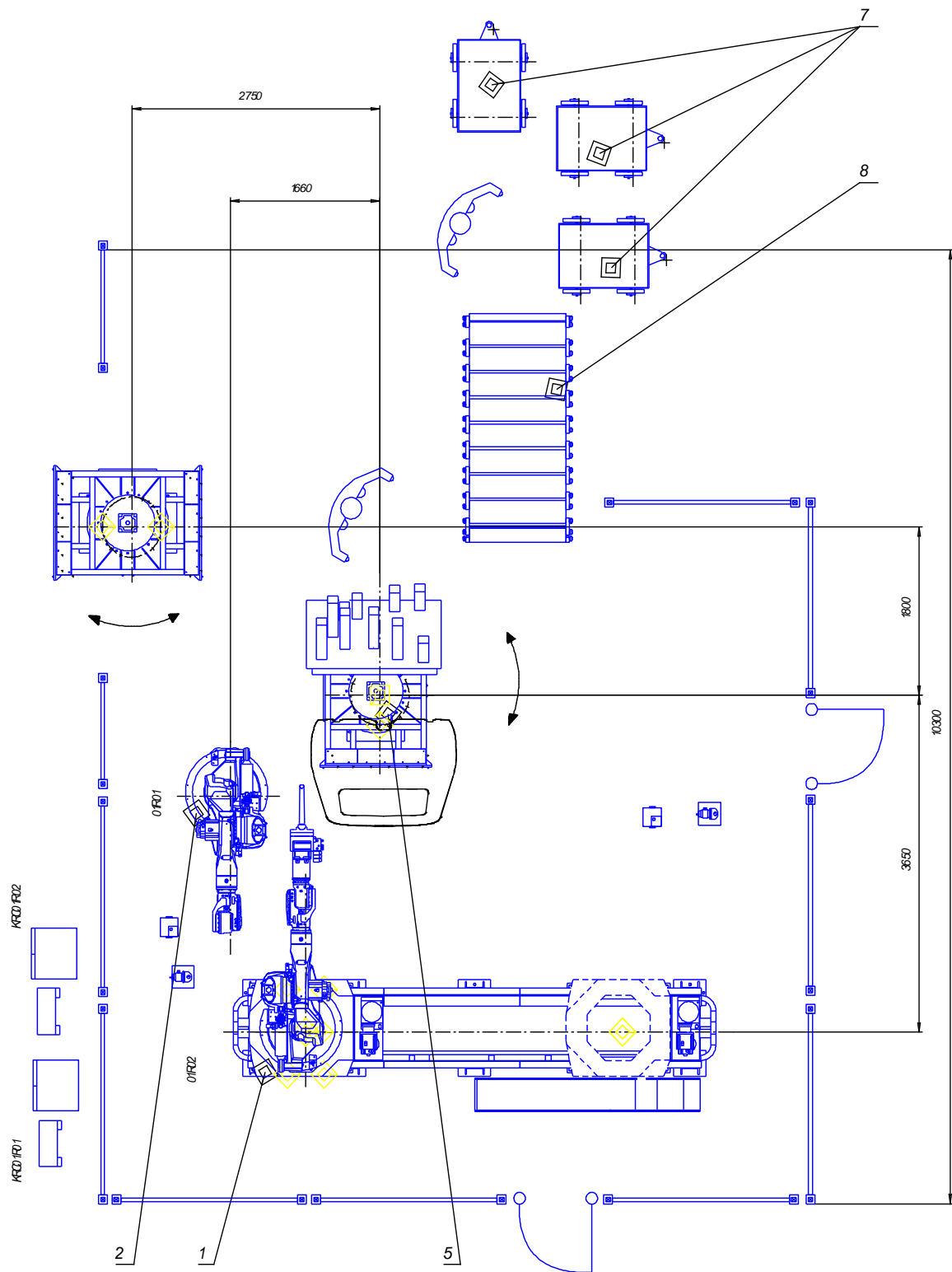


Рисунок 2.8 – Участок предварительной сварки

2.4.4 Описание робота KR 30/2

Манипулятор робота KR30/2 собирается по модульной технологии из следующих составных компонентов (рис. 2.9): базисного основания 1, карусели 2, коромысла 3, основания руки 4, локтя 5, кисти 6, на конце которой находится фланец для крепления инструмента 7. Серводвигатели осуществляют перемещения манипулятора по 6-и осям подвижности.

Назначение манипулятора KR 30/2 в данной автоматической линии – позиционировать свариваемые детали относительно электродов сварочных групп и передавать их на следующий пост сварки.

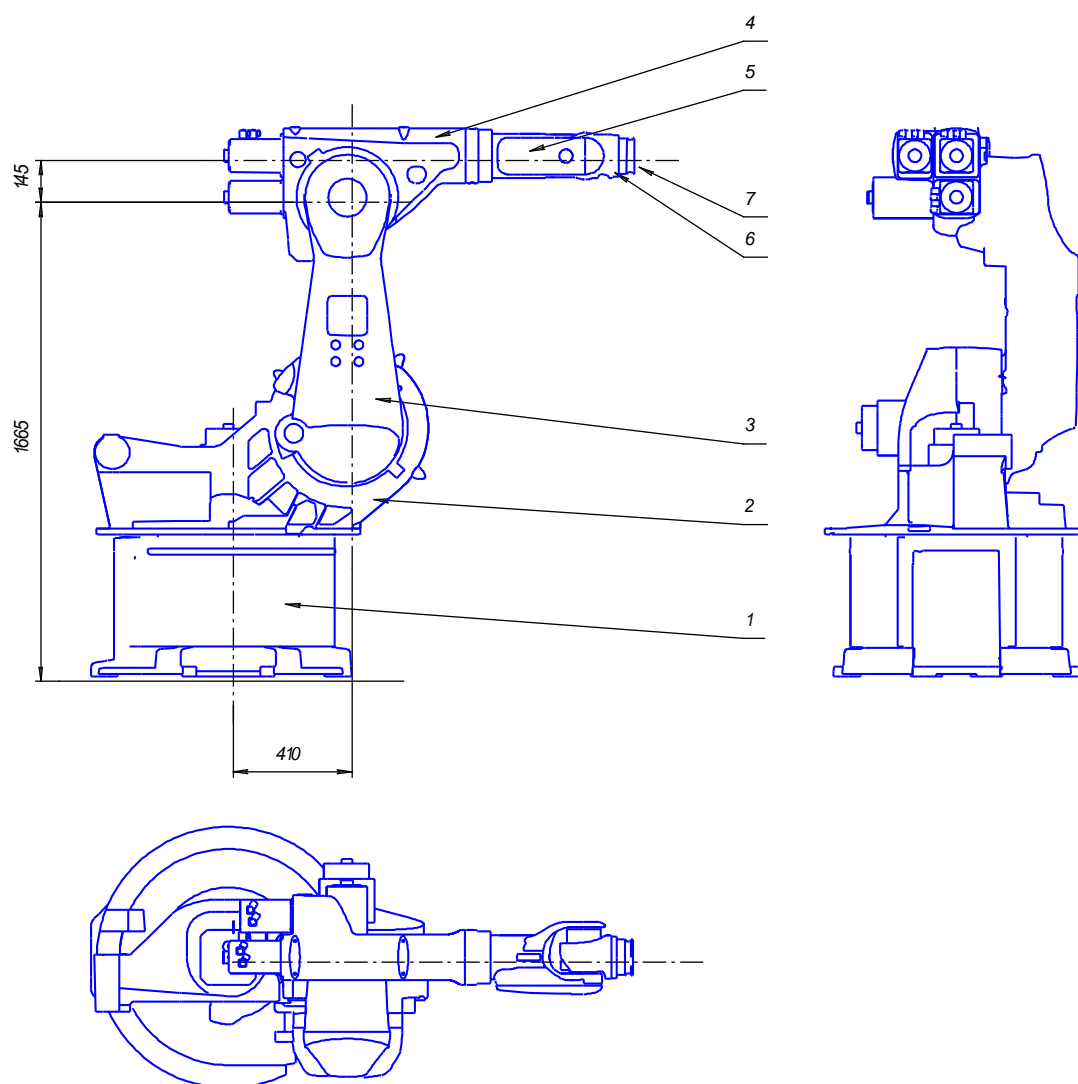


Рисунок 2.9 – Манипулятор KR30/2

Таблица 2.5 – Технические характеристики KR 30/2

| Грузоподъёмность, кг | Максимальный вылет, мм | Количество осей, шт. | Точность позиционирования, ± мм | Масса робота, кг | Способ установки | | Назначение | | | | | | |
|----------------------|------------------------|----------------------|---------------------------------|------------------|------------------|-----------|-----------------|----------------|-------------------------|--|--------------------------------|----------------|------------------------------|
| | | | | | Напольный | Подвесной | Точечная сварка | Дуговая сварка | Лазерная сварка и резка | Вспомогательные технологические операции | Погрузочно-разгрузочные работы | Паллетирование | Покраска, нанесение покрытий |
| 30 | 2041 | 6 | 0,15 | 867 | + | + | - | + | + | + | + | + | + |

2.4.5 Описание сварочных групп

Группа сварки предназначена для простановки сварных точек на деталях, которые позиционирует манипулятор; вспомогательная функция группы сварки – автоматическая зачистка сварочные электродов по мере их износа.

Группа сварки построена следующим образом (рис. 2.10). Сварочные клещи 1 закреплены на поперечине 3, которое скреплено болтами со стойкой 2. Стойка 2 крепится на полу при помощи основания 4. Относительно стойки 2 от электродвигателя 7 может совершать вращательное движение плечо 5, на котором закреплена зачистная машинка 6. На стойке закреплён сварочный трансформатор 8, который гибкими токоподводами соединён со сварочными клещами.

После отработки четырех циклов сварки происходит автоматическая зачистка электродов сварочной машины. При этом плечо 5 поворачивается относительно стойки 2 на прямой угол так, что зачистная машинка попадает между электродами сварочных клещей. Подается команда на сжатие

электродов без пропуска тока, фреза, вращающаяся в зачистной машинке, восстанавливает геометрию рабочей поверхности электродов.

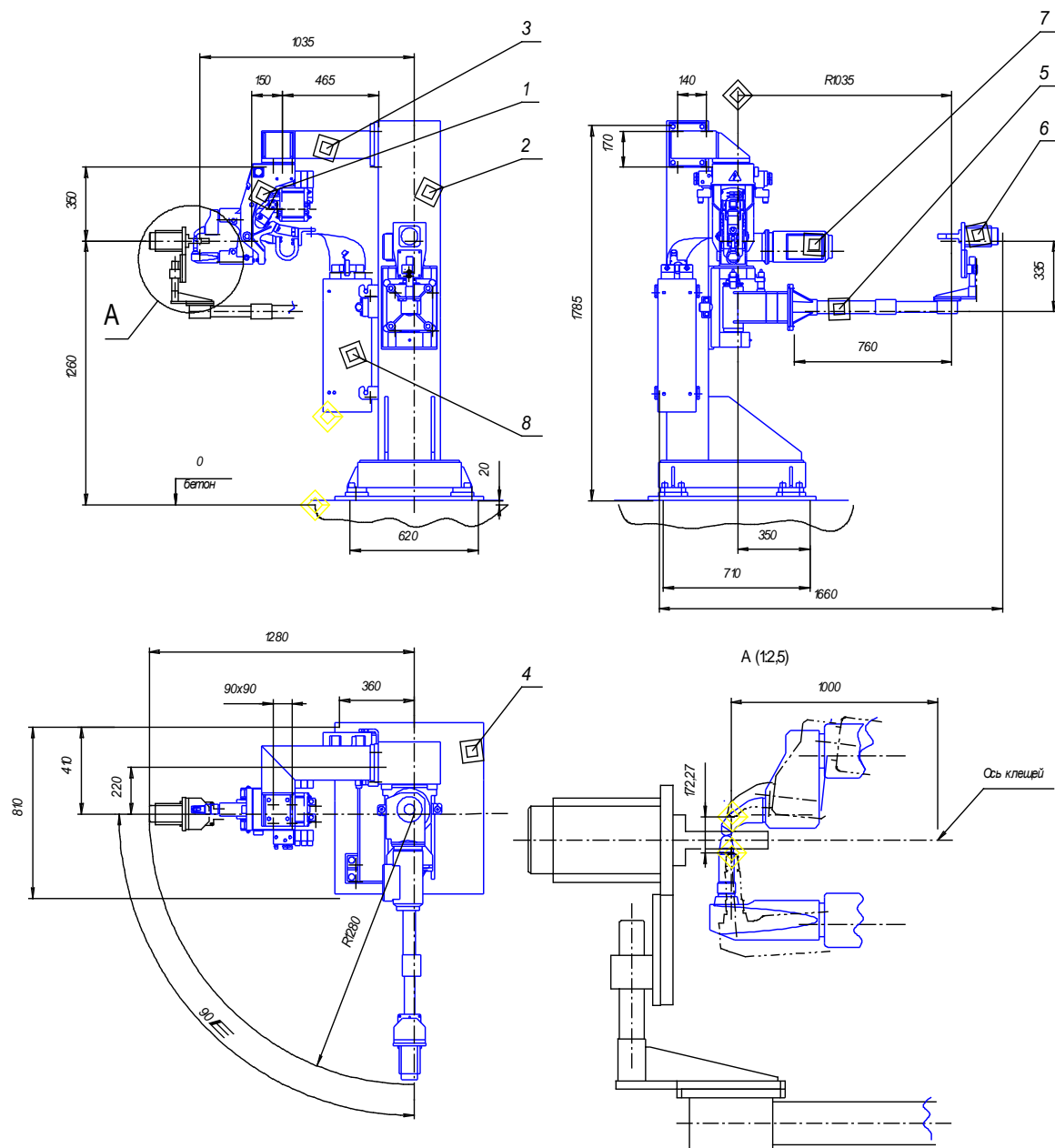


Рисунок 2.10 – Группа сварки

2.4.6 Описание автоматической линии по сборке-сварке панели кабины задней ВАЗ 2345

Роботизированная автоматическая линия (рис. 2.11) для сборки и сварки панели кабины задней ВАЗ 2345 включает в себя следующие составляющие компоненты:

| Поз. | Наименование | Количество, шт. |
|------|--|-----------------|
| 1 | Робот KR125/3 комплектации №1 | 1 |
| 2 | Робот KR125/3 комплектации №2 | 1 |
| 3 | Робот KR30/2 в комплекте с магнитным схватом | 3 |
| 4 | Группа сварки | 3 |
| 5 | Узел разворота оснастки | 4 |
| 6 | Ограда | 1 |
| 7 | Тара оборотная | 4 |
| 8 | Транспортёр-накопитель | 1 |

Работа линии происходит по циклограмме (рис. 2.12). За начало цикла работы линии принят одновременный разворот всех её механизмов поворота оснастки. При этом напротив каждого робота оказывается новая деталь, готовая к дальнейшей сварке. В целях уменьшения цикла линии на ней проходит одновременная сварка на четырёх участках:

- прихватки деталей;
- сварка группой №1;
- сварка группой №2;
- сварка группой №3.

По окончании сварки манипулятор 02R03 сбрасывает деталь в тару оборотную. Полный цикл работы линии составляет 18 секунд. При этом коэффициент загрузки рабочего не превышает 0,4 – это обеспечивает комфортные условия его работы и низкую утомляемость.

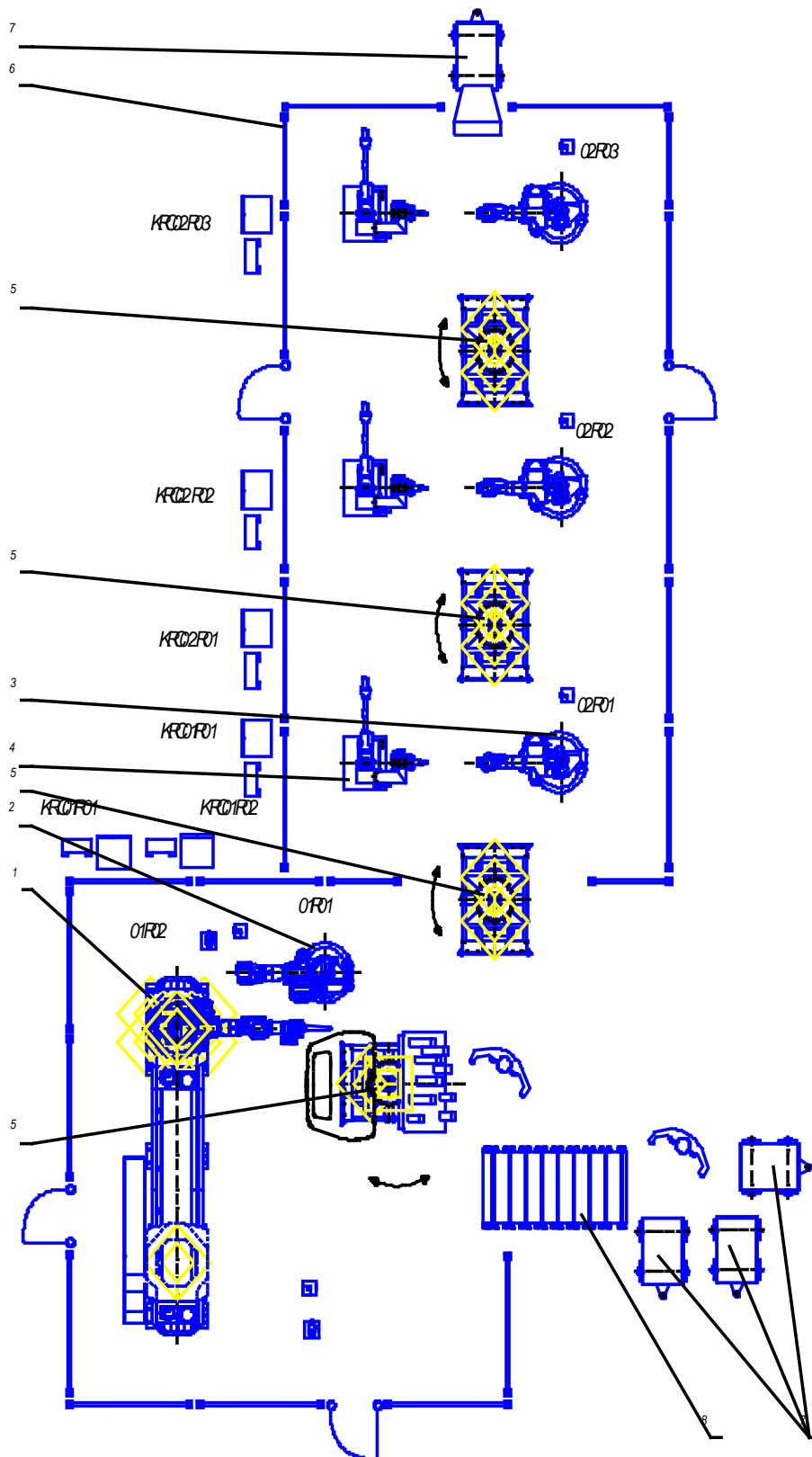


Рисунок 2.11 – Участок сборки и сварки панели кабины задней ВАЗ 2345

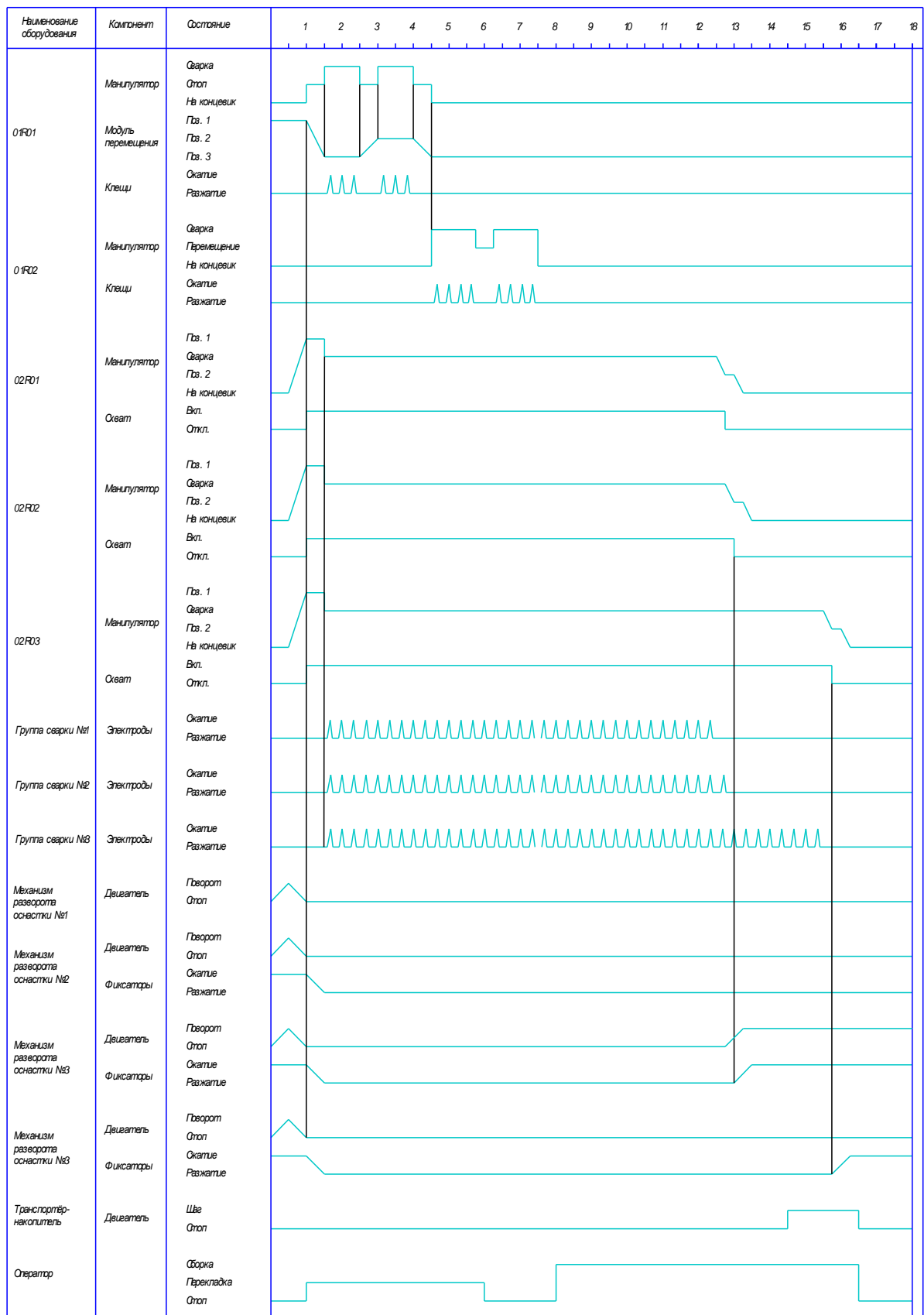


Рисунок 2.12 – Циклограмма работы участка по сборке и сварке панели кабины задней ВАЗ 2345

2.5 Технологический процесс сборки и сварки изделия

Заготовки со склада ПДБ (производственно-диспетчерское бюро) цеха транспортируются на производственный участок. Заготовки находятся в оборотной таре, откуда оператор укладывает их на транспортёр-накопитель. При этом не допускается перекоса деталей, детали должны укладываться в строгой последовательности: панель кабины задняя, усилитель кабины верхний, усилитель кабины средний, стойки задней панели. Транспортёр перемещает детали в сторону второго оператора, который снимает детали с транспортёра и укладывает их в кондуктор. После этого нажимается кнопка «Пуск», и механизм разворота оснастки поворачивается на 180° , при этом узел напротив роботов участка предварительной сварки, а напротив оператора - узел с прихваченными деталями, который он перекладывает на механизм поворота оснастки участка сварки. В это же время роботы участка предварительной сварки проставляют сварные точки согласно циклограммы (рис. 2.14). Режимы сварки приняты следующие: ток – 8...8,5 кА, время сварки – 0,1...0,12 сек, сварочное усилие – 2,5...3,0 кН. Всего на участке предварительной сварки проставляется 15 точек. Одновременно с предварительной сваркой проходит сварка деталей на сварочных группах. Участок сварки работает автоматически по циклограмме (рис. 2.12). Режимы сварки приняты следующие: ток – 8...8,5 кА, время сварки – 0,1...0,12 сек, сварочное усилие – 2,5...3,0 кН. Всего на участке предварительной сварки проставляется 109 точек. После сварки изделие по склизу опускается в накопительную тару, которая заменяется по мере наполнения.

Одно изделие 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.

3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

3.1 Технологическая характеристика объекта

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологии контактной сварки деталей кузова автомобиля. Контактная сварка с применением подвесных варочных клещей, применяемая в качестве базовой технологии, сопровождается значительными затратами рабочего времени и дефектов, исправление которых требует дополнительных затрат времени, электрической энергии и сварочных материалов. Проектный вариант технологии предполагает применение роботизированной сварки.

В связи с этим следует выполнить анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, что позволит оценить безопасность проектной технологии и сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

| Наименование выполняемых работ и операций проектного процесса | Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса | Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса | Вспомогательные материалы |
|---|---|---|--|
| 1. Подготовка к сварке | Слесарь-сборщик | Камера помывочная, камера сушильная, тара обратная | Раствор кальцинированной соды, сжатый воздух |
| 2. Загрузка деталей в сборочное приспособление | Сварщик-роботист | Транспортёр-накопитель, тара обратная, кондуктор | Сжатый воздух, рукавицы |
| 3. Сварка | Сварщик-роботист | Кондуктор, робот сварочный, источник питания | Сжатый воздух, рукавицы |
| 4. Контроль качества | Дефектоскопист | Зубило, молоток, дефектоскоп | Ветошь, кисточка, масло |

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

| Выполняемые в соответствии с проектной технологией работы | Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни | Источник представляющей угрозу негативного фактора |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1. Подготовка к сварке | <ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны | Камера помывочная, камера сушильная, тара оборотная |
| 2. Загрузка деталей в сборочное приспособление | <ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны | Транспортёр-накопитель, тара оборотная, кондуктор |
| 3. Сварка | <ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны | Кондуктор, робот сварочный, источник питания |
| 4. Контроль качества | <ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны | Зубило, молоток, дефектоскоп |

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 3.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

| Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни | Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора | Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов |
|---|---|--|
| 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 труб 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 | - |
| 5. Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья. | Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения | - |

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

| Наименование участка | Наименование оборудования | Классификация по виду горящего вещества | Наименование основных опасных факторов пожара | Наименование вторичных опасных факторов пожара |
|--|---|--|--|---|
| Участок, на котором осуществляется контактная сварка | Камера помывочная, камера сушильная, тара оборотная, транспортёр-накопитель, кондуктор, робот сварочный, источник питания, зубило, молоток, дефектоскоп | 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, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения. |

Таблица 3.5 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

| | | | | | | | |
|--|--|--|---|---|--|---|--|
| 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 применяющихся при пожаре | 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 3.6 – 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. | Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами. | На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр. |

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.7 – 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 |
|---------------------------------------|--|--|--|---|
| Роботизированная сварка | Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки, контрольные операции | Выделяемые при сварке газообразные частицы | Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения. | Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный. |

Таблица 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

| Наименование технического объекта | Сварка |
|---|---|
| Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду. | Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при горении дуги. |
| Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду. | Контроль утечек в гидросистеме приспособления и незамедлительное их устранение. |
| Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу | Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости. |

3.6 Заключение по разделу

В рамках выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы выполнялась выявление негативных факторов, сопровождающих предлагаемые технологические решения, и их оценка на предмет отрицательного влияния на рабочий персонал и окружающую среду.

Произведён поиск путей устранения или уменьшения опасных и вредных производственных факторов, установлено, что стандартные средства защиты позволяют достигнуть требуемого уровня безопасности и санитарии производства в условиях осуществления проектного технологического процесса.

В ходе анализа экологичности предложенных технических решений установлено, что проведение процесса сварки сопровождается ущербом окружающей среде. При этом негативное воздействие оказывается на воздушную среду (атмосферу), водную среду (гидросферу), так и на литосферу.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологи контактной сварки деталей кузова автомобиля. Контактная сварка с применением подвесных варочных клещей, применяемая в качестве базовой технологии, сопровождается значительными затратами рабочего времени и дефектов, исправление которых требует дополнительных затрат времени, электрической энергии и сварочных материалов. Проектный вариант технологии предполагает применение роботизированной сварки, которая позволит существенно уменьшить трудовые затраты и повысить качество сварки. Расчёт будем вести, оценивая эффективность от роботизации контактной сварки конкретной детали

Таблица 4.1 – Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса

| Наименование экономического показателя | Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя | Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов | Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии | |
|--|---|---|--|----------------------|
| | | | Базовая технология | Проектная технология |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа | $K_{см}$ | - | 2 | 2 |
| Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций | P_p | | IV | IV |
| Утверждённая часовая тарифная ставка работника | $Cч$ | Р/час | 150 | 150 |
| Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы | $K_{вн}$ | - | 1,1 | 1,1 |

Продолжение таблицы 4.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|---------------|-------------------------|--------|---------|
| Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы | Кдоп | % | 12 | 12 |
| Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате | Кд | - | 1,88 | 1,88 |
| Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды | Ксн | % | 34 | 34 |
| Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию | На | % | 21,5 | 21,5 |
| Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию | На.пл. | % | 5 | 5 |
| Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса | S | м ² | 20 | 60 |
| Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса | Цпл | Р/м ² | 30000 | 30000 |
| Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса | Сзксп | (Р/м ²)/год | 2000 | 2000 |
| Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы | Кт -з | % | 5 | 5 |
| Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж | Кмонт Кдем | % | 3 | 5 |
| Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса | Цоб | Руб. | 300000 | 1000000 |
| Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь | Кпл | - | 3 | 3 |

Продолжение таблицы 4.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|------|--------|------|------|
| Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса | Муст | кВт | 10 | 30 |
| Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса | Цэ-э | Р/ кВт | 4,7 | 4,7 |
| Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса | КПД | - | 0,9 | 0,9 |
| Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений | Ен | - | 0,33 | 0,33 |
| Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов | Кцех | - | 1,5 | 1,5 |
| Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов | Кзав | - | 1,15 | 1,15 |

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Объём фонда времени, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см}, \quad (4.1)$$

где $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены в часах;

D_p – общее число рабочих дней в календарном году;

$D_{п}$ – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году;

$T_{п}$ – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день;

$K_{см}$ – количество рабочих смен.

После подстановки в формулу (4.1) численных значений соответствующих переменных, получим:

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

Расчёт эффективного фонда времени работы сварочного оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам может быть определён с использованием формулы:

$$F_3 = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – процент планируемых потерь рабочего времени.

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_3 = 4418 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 4108 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет штучного времени

Оценку штучного времени для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з}, \quad (4.3)$$

где $t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{МАШ}}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{ВСП}}$ – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ВСП}} = 10\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОБСЛ}} = 5\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОТЛ}} = 5\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{П-З}} = 1\%$ от $t_{\text{МАШ}}$.

После подстановки в формулу (4.3) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$t_{\text{шт.баз}} = 0,25 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,3 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,08 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,1 \text{ ч.}$$

Расчёт годовой программы проведения сварочных работ согласно рассматриваемого технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним по формуле:

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

где $F_{\text{Э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время в часах, которое затрачивает работник на одно изделие по базовому и проектному вариантам технологии;

После подстановки в формулу (4.4) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$П_{Г.\text{баз.}} = 4108/0,3 = 13700 \text{ изделий за год};$$

$$П_{Г.\text{проектн.}} = 4108/0,1 = 41080 \text{ изделий за год}.$$

Дальнейшие расчёты по определению экономической эффективности предлагаемых решений будем проводить исходя из годовой программы $П_{Г}=40000$ изделий в год.

Требуемое в этом случае количество сварочного оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

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

где $П_{Г}$ – годовая программа – принятое ранее количество изделий, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$Fэ$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

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

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{0,3 \cdot 40000}{4108 \cdot 1,03} = 2,8$$

$$n_{РАСЧ.пр} = \frac{0,1 \cdot 40000}{4108 \cdot 1,03} = 0,95$$

На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить три единицы технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр} \quad (4.6)$$

где $n_{расч}$ – полученное согласно (4.5) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$n_{\text{пр}}$ – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$K_{зб} = 2,8/3 = 0,93$$

$$K_{зп} = 0,95/1 = 0,95$$

4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки

При ремонтной сварке поршней используются сварочные материалы. Базовая технология сварки предусматривает применение контактной точечной сварки с применением подвесных сварочных клещей. Проектная технология сварки предусматривает применение роботизированной контактной точечной сварки. Затраты на сварочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$M = C_{\text{м}} \cdot N_{\text{р}} \cdot K_{\text{т-з}}, \quad (4.7)$$

где $C_{\text{м}}$ – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ;

$K_{\text{т-з}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы.

После подстановки в формулу (4.7) численных значений по стоимости сварочных электродов, сжатого воздуха и охлаждающей воды, получим:

$$M_{\text{б}} = 24 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{пр}} = 24 \text{ руб.}$$

Объем фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$.

Объём $Z_{\text{осн}}$ основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $C_{\text{ч}}$ – утверждённая часовая тарифная ставка работника;

$K_{\text{д}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате.

После подстановки в формулу (2.8) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 150 \cdot 0,3 \cdot 1,88 = 85 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 150 \cdot 0,1 \cdot 1,88 = 28 \text{ руб.}$$

Объём $Z_{\text{доп}}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $K_{\text{доп}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 85 \cdot 12 / 100 = 10 \text{ рубля},$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 28 \cdot 12 / 100 = 3 \text{ рублей},$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 85 + 10 = 95 \text{ рублей},$$

$$\PhiЗП_{\text{проектн.}} = 28 + 3 = 31 \text{ рублей.}$$

Объём $O_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $K_{\text{сн}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды.

После подстановки в формулу (4.10) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$O_{\text{сн баз.}} = 95 \cdot 34 / 100 = 32 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сн проектн.}} = 31 \cdot 34 / 100 = 11 \text{ руб.}$$

Объём $Z_{\text{об}}$ финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $A_{\text{об}}$ – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$P_{\text{э-э}}$ – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

Финансовые потери на амортизацию оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100} \quad (4.12)$$

где $Ц_{об}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

N_a – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

$t_{МАШ}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$F_э$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.12) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{об. б.} = \frac{300000 \cdot 21,5 \cdot 0,3}{4108 \cdot 100} = 5 \text{ рублей,}$$

$$A_{об. пр} = \frac{10000000 \cdot 21,5 \cdot 0,1}{4108 \cdot 100} = 52 \text{ рублей}$$

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы:

$$P_{э-э} = \frac{M_{УСТ} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{э-э}}{КПД} \quad (4.13)$$

где $M_{УСТ}$ – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$C_{\text{э-э}}$ – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса

После подстановки в формулу (4.13) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{\text{э-эб}} = \frac{10 \cdot 0,3 \cdot 4,7}{0,9} = 16 \text{ рублей,}$$

$$P_{\text{э-эпр}} = \frac{30 \cdot 0,1 \cdot 4,7}{0,9} = 16 \text{ рублей,}$$

$$Зоб_{\text{баз.}} = 5 + 16 = 21 \text{ руб.,}$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 52 + 16 = 68 \text{ руб.}$$

Финансовые потери на амортизацию площадей, задействованных при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{пл}} \cdot Na_{\text{пл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт.}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}, \quad (4.14)$$

где $Na_{\text{пл}}$ – принятое значение нормы амортизации площади;

$C_{\text{пл}}$ – цена приобретения площадей.

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{\text{ПЛБ}} = \frac{30000 \cdot 20 \cdot 5 \cdot 0,3}{4108 \cdot 100} = 2$$

$$A_{\text{ПЛПР}} = \frac{30000 \cdot 60 \cdot 5 \cdot 0,1}{4108 \cdot 100} = 2$$

Финансовые потери на эксплуатацию площадей, задействованных при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

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

где $C_{\text{ЭКСПЛ}}$ – расходы на содержание площадей

S – площадь, занятая под оборудование.

После подстановки в формулу (4.15) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{\text{ПЛБ}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 0,3}{4108} = 3,$$

$$P_{\text{ПЛБ}} = \frac{2000 \cdot 60 \cdot 0,1}{4108} = 3.$$

Финансовые потери на эксплуатацию и содержание площадей, задействованных при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$З_{\text{пл}} = P_{\text{пл}} + A_{\text{пл}}, \quad (4.16)$$

После подстановки в формулу (4.16) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$З_{\text{ПЛБаз.}} = 2 + 3 = 5 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{ПЛПроектн.}} = 2 + 3 = 5 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{тех}}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \text{ФЗП} + \text{Осс} + З_{\text{об}} + З_{\text{пл}} \quad (4.17)$$

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 24 + 95 + 32 + 21 + 5 = 177 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 24 + 31 + 11 + 68 + 5 = 139 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.18) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 177 + 1,5 \cdot 85 = 177 + 128 = 305 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 139 + 1,5 \cdot 28 = 139 + 42 = 181 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{зав}}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.19) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{ЗАВБаз.} = 305 + 1,15 \cdot 85 = 305 + 98 = 403 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 181 + 1,15 \cdot 28 = 181 + 32 = 213 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу (табл. 4.2).

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

| ПОКАЗАТЕЛИ | Услов. обозн. | Калькуляция., руб | |
|--|---------------|-------------------|----------|
| | | Базовый | Проектн. |
| 1. Затраты на материалы | М | 24 | 24 |
| 2. Объём фонда заработной платы | ФЗП | 95 | 31 |
| 3. Отчисления на соц. нужды | Осн | 32 | 11 |
| 4. Объём финансовых затрат на технологическое оборудование | Зоб | 21 | 68 |
| 5. Объём финансовых затрат на технологические площади | Зпл | 5 | 5 |
| 6. Величина технологической себестоимости | Стех | 177 | 139 |
| 7. Объём цеховых расходов | Рцех | 128 | 42 |
| 8. Величина цеховой себестоимости | Сцех | 305 | 181 |
| 9. Объём заводских расходов | Рзав | 98 | 32 |
| 10. Величина заводской себестоимости | Сзав | 403 | 213 |

4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

Значение $K_{общ}$ капитальных затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{ОБЩЕ} = K_{ОББ} = n \cdot Ц_{ОБ.Б} \cdot K_{З.Б.}, \quad (4.20)$$

где K_3 – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}}$ – остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования;

n – ранее полученное количество единиц технологического оборудования, для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам.

Величину $\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}}$ остаточной стоимости технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}}$ – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

$T_{\text{СЛ}}$ – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту;

N_A – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию.

После подстановки в формулу (4.20) и (4.21) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Баз.}} = 200000 - (200000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 71000 \text{ рублей,}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 3 \cdot 71000 \cdot 0,93 = 198100 \text{ рублей}$$

Величину $K_{\text{ОБЩ.ПР}}$ общих капитальных затрат для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОПР}}, \quad (4.22)$$

где $K_{\text{ОБ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$K_{\text{ПЛ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в производственные площади, задействованные для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$K_{\text{СОП.ПР}}$ – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии.

Объём $K_{\text{ОБ.ПР}}$ капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = C_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}}. \quad (4.23)$$

После подстановки в формулу (2.23) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = 10000000 \cdot 1,05 \cdot 0,95 = 9975000 \text{ руб.}$$

Объём $K_{\text{СОП}}$ сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

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

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

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

Затраты $K_{\text{ДЕМ}}$ на демонтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж.

После подстановки в формулу (4.25) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 200000 \cdot 0,05 = 10000 \text{ руб.}$$

Затраты $K_{\text{МОН}}$ на монтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по проектному варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж.

После подстановки в формулу (4.26) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{МОНТ}} = 10000000 \cdot 0,05 = 500000 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.24) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{СОП}} = 10000 + 500000 = 510000 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.22) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{Общ.Пр}} = 9975000 + 510000 = 10485000 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{Доп}}$ дополнительных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{Доп}} = K_{\text{Общ.Пр}} - K_{\text{Общ.Б.}} \quad (4.27)$$

После подстановки в формулу (4.24) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{Доп}} = 10485000 - 198100 = 10286900 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{уд}}$ удельных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{\Pi_{\Gamma}}, \quad (4.28)$$

где Π_{Γ} – принятое значение годовой программы.

После подстановки в формулу (4.28) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{удБаз.}} = 198100/40000 = 5 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 10485000 /40000 = 262 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчётное определение показателей экономической и эффективности предлагаемых решений

Снижение Δt трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{ШТ}} = \frac{t_{\text{ШТБ}} - t_{\text{ШТПР}}}{t_{\text{ШТБ}}} \cdot 100\% . \quad (4.29)$$

После подстановки в формулу (4.29) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{\text{ШТ}} = \frac{0,3 - 0,1}{0,3} \cdot 100\% = 67\% .$$

Повышение Π_T производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{ШТ}}}{100 - \Delta t_{\text{ШТ}}} . \quad (4.30)$$

После подстановки в формулу (4.30) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 67}{100 - 67} = 203\% .$$

Снижение $\Delta C_{\text{ТЕХ}}$ технологической себестоимости труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.31)$$

После подстановки в формулу (4.31) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{177 - 139}{177} \cdot 100\% = 21\%$$

Условно-годовую экономию $\text{Пр}_{\text{ож}}$ (ожидаемую прибыль) при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} \quad (4.32)$$

После подстановки в формулу (4.32) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (403 - 213) \cdot 40000 = 7600000 \text{ руб.}$$

Срок $T_{\text{ок}}$ окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уГ}}} \quad (4.33)$$

После подстановки в формулу (4.33) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$T_{ок} = \frac{10286900}{7600000} = 1,3$$

Годовой экономический эффект $\mathcal{E}_г$ в сфере при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\mathcal{E}_г = \mathcal{E}_{уг} - E_n \cdot K_{доп} \quad (4.34)$$

После подстановки в формулу (4.34) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\mathcal{E}_г = 7600000 - 0,33 \cdot 10286900 = 4205000 \text{ руб.}$$

Заключение по экономическому разделу

Базовый вариант технологии с применением контактной точечной сварки подвесными клещами сопровождается значительными затратами трудового времени получением дефектов и необходимостью переварки. В проектном варианте технологии предложено использовать роботизированную контактную точечную сварку. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать сварные соединения без дефектов.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность предлагаемых решений: уменьшается трудоемкость на 67 %, увеличивается производительность труда на 203 %, уменьшается технологическая себестоимость на 21 %.

Внедрение предлагаемых решений в производство позволяет получить условно-годовую экономию в размере 7,6 млн. рублей.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 4,2 млн. рублей. Затраты на капитальные вложения, которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены за 1,3 года.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о высокой эффективности предложенных решений, которые должны быть внедрены в производство.

Заключение

В работе поставлена цель – повышение производительности и качества сварочных работ при изготовлении панели кабины задней коммерческого автомобиля Лада 4x4.

Базовый вариант технологии с применением контактной точечной сварки подвесными клещами сопровождается значительными затратами трудового времени получением дефектов и необходимостью переварки. Обзор возможных способов организации сварочного производства деталей кузова автомобиля был выполнен с анализом таких способов, как сварка подвесными сварочными клещами с использованием сборочного кондуктора, сварка на специализированной многоэлектродной сварочной машине, роботизированная сварка с закреплёнными на работе сварочными клещами, позиционирование свариваемого изделия относительно стационарно размещённых сварочных клещей.

На основании выполненного анализа обоснована эффективность применения роботизированной контактной точечной сварки.

В ходе выполнения анализа состояния вопроса выполнена постановка задач на выпускную квалификационную работу: 1) составить технологию роботизированной контактной сварки узла; 2) предложить средства автоматизации технологии (промышленный робот, программируемые сварочные позиционеры); 3) произвести планировку роботизированного технологического комплекса для сборки-сварки и составить циклограмму его работы.

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

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 4,2 млн. рублей.

С учётом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что поставленная цель выпускной квалификационной работы достигнута.

Список используемой литературы

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 повышения стабильности качества / А. С. Климов. – М.: Физматлит, 2011. – 216 с.
4. Шаповалов, Е.В. Современные методы и средства неразрушающего контроля сварного соединения, выполненного контактной точечной сваркой / Е.В. Шаповалов, Р.М. Галаган, Ф.С. Клишар, В.И. Запара // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2013. – № 1. – С. 10–21.
5. Шаповалов, Е.В. Применение роботизированной сварки в условиях возмущающих факторов / Е.В. Шаповалов, В.В. Долиненко, В.А. Коляда [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 7. – С. 46–51.
6. Research on a triline laser vision sensor for seam tracking in welding: Robotic welding, intelligence and automation / Zengwen Xiao, T.-J. Tarn et al. // LNEE. – 2010. – V. 88. – P. 139–144.
7. Moon H. S. Development of adaptive fill control for multitorch multipass submerged arc welding / H. S. Moon, R. J. Beattie // Int J Adv Manuf Technol. – 2002. – Vol. 19. – P. 867–872.
8. Климов, А.С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке : учебное пособие / А.С. Климов, Н.Е. Машнин. – Санкт-Петербург : Лань, 2017. – 236 с.
9. 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.
10. Горячий, Д.В. Технология изготовления автомобильных узлов / Д.В. Горячий. – М.: Машиностроение, 1990. – 367 с.

11. 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.
12. Судник, В.А. Имитация контактной точечной сварки сталей с помощью программного обеспечения SPOTSIM / В.А. Судник, В.А. Ерофеев, Р.А. Кудинов [и др.] // Сварочное производство. – 1998. – № 8. – С. 3–8.
13. Ерофеев, В.А. Компьютерная имитация контактной точечной сварки листов с покрытиями / В.А. Ерофеев, Р.В. Логвинов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2008. – Вып. 3. – С. 63–70.
14. Масленников, А.В. Компьютерное моделирование условий обеспечения коррозионной стойкости соединений при контактной точечной сварке / А.В. Масленников, В.А. Ерофеев. Сварка и диагностика. – 2009. – № 5. – С. 14–18.
15. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.
16. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.
17. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
18. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
19. Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.
20. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.