

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 кронштейна переднего
сиденья легкового автомобиля

Студент

Д.С. Коршунов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

Аннотация

Быстрое изменение конструкции свариваемого изделия (а иногда и пробные выпуски), присущие современному автомобильному производству, требуют обеспечения максимальной гибкости производства без доработки его основных компонентов.

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.

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.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при изготовлении деталей кузова легкового автомобиля.

Abstract

The title of the graduation work is «Technology for assembling and welding the front seat bracket of a passenger car».

The aim of the work is improving the quality and performance of the Assembly and welding operation of the front seat bracket side assembly of a passenger car.

The graduation work consists of an explanatory note on 69 pages, introduction, including 22 figures, 20 tables, the list of 20 references including 4 foreign sources and the graphic part on 6 A1 sheets.

Resistance welding with the use of suspended welding pincers, used as a basic technology, is accompanied by significant costs of working time and defects, the correction of which requires additional time, electrical energy and welding materials. The design version of the technology involves the use of robotic welding, which will significantly reduce labor costs and improve the quality of welding.

The analysis of the design technology of repair welding for the presence of dangerous and harmful production factors is performed.

The calculated annual economic effect, taking into account capital investments, is 4.2 million rubles.

The results of the study showed that results of the final qualification work are recommended for use in the production of car body parts.

Содержание

Введение	6
1 Анализ состояния вопроса	9
1.1 Описание и анализ конструкции изделия	9
1.2 Сведения о материале изделия	11
1.3 Описание операция базового технологического процесса сборки и сварки изделия	13
1.4 Анализ схем применения промышленных роботов в производстве	18
1.5 Задачи выпускной квалификационной работы	22
2 Проектная технология сборки и сварки изделия	23
2.1 Описание средства автоматизации	23
2.2 Описание сварочной машины	25
2.3 Роботизированный технологический комплекс	29
2.4 Операции технологического процесса	31
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений	36
3.1 Технологическая характеристика объекта	36
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений	37
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	38
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	39
3.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта	41
3.6 Заключение по разделу	42
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений	43
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов ..	43

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	43
4.3 Расчет штучного времени	46
4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки . . .	50
4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам	57
4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений	61
Заключение по экономическому разделу	64
Заключение	65
Список используемой литературы	66

Введение

Контактная сварка получила широкое распространение в различных областях отечественной и мировой промышленности. Это объясняется возможностью автоматизации и механизации основных и вспомогательных операций. Также контактная сварка обладает высокой производительностью.

При получении соединений возможно возникновение большого числа дефектов, причинами появления которых можно признать несовершенство оборудования, неправильное выполнение сборочных и подготовительных операций. Чтобы при контактной сварке получить соединение надлежащего качества, следует добиться образования зоны взаимного расплавления, которая должна быть общей для свариваемых деталей [1, 2]. Размеры получаемой зоны (ядра сварной точки) должны соответствовать заданным согласно ГОСТ 15878-79. В этом случае обеспечивается достаточная прочность соединения.

Быстрое изменение конструкции свариваемого изделия (а иногда и пробные выпуски), присущие современному автомобильному производству, требуют обеспечения максимальной гибкости производства без доработки его основных компонентов. Наиболее оптимальным с этой точки зрения является использование ручного труда сварщика, который обеспечивает максимальную универсальность. Однако спецификой современного производства является резкое подорожание ручного труда по сравнению с другими способами производства и повышение его интенсивности. Это делает экономически и технологически нецелесообразным применение ручного труда квалифицированного сварщика на любой стадии производства.

Сложность в автоматизации сварки представляют изделия, включающие в себя соединения, выполняемые несколькими различными способами сварки, например, контактной и дуговой [3].

Применение серийно выпускаемых робототехнических комплексов (РТК) в автоматизированных системах управления дуговой сваркой позволяет повысить производительность и гарантировать необходимый уровень качества формирования сварных соединений. Поэтому разработки, направленные на поиск возможностей применения серийно изготавливаемых механических многозвенных манипуляторов сварочной горелки 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 кромками стыка и переменной геометрии всего стыкового соединения. Также в процессе сварки появляются дополнительные смещения в изделии, вызванные тепловыми деформациями и структурными превращениями в сварном шве, что в итоге затрудняет получение качественного сварного соединения.

Проблеме создания систем адаптивного управления сваркой МИГ /МАГ в настоящее время уделяется большое внимание за рубежом [4, 5]. Однако в полной мере задача не решена.

Типовой деталью, содержащей соединения, выполненные с применением дуговой и контактной сваркой, является кронштейн переднего сиденья легкового автомобиля.

Наблюдаемый в настоящее время мировой финансовый кризис является системным и начинает перерастать в экономический кризис, что сопровождается дальнейшим обнищанием населения и снижением его покупательной способности. Так же необходимо учесть девальвацию рубля как национальной валюты, что делает сверхдорогими импортные товары. Вот почему первоочередной задачей является «задача замещения», которая предусматривает замещение дорогих товаров их отечественными аналогами.

Усовершенствование технологии сварки деталей в массовом производстве, таком как автомобильная промышленность всегда актуально.

Снижение себестоимости автомобиля и трудоемкости его изготовления складываются из соответствующего снижения себестоимости и трудоемкости изготовления его частей. Поэтому необходимо добиваться максимального уменьшения затрат на изготовление каждой детали, каждого узла автомобиля с одновременным сохранением и улучшением качества и условий труда, что ведет к увеличению конкурентоспособности готового изделия на внутреннем и внешнем рынках и приносит прибыль предприятию.

Быстрое изменение конструкции свариваемого изделия (а иногда и пробные выпуски), присущие современному автомобилестроению, требуют обеспечения достаточной гибкости производства, позволяющей в максимально сжатые сроки обеспечивать изготовление новой продукции без доработки основных компонентов таких систем. Наиболее оптимальным с этой точки зрения является использование ручного труда сварщика, что обеспечивает возможность быстрой перенастройки на выпуск новых деталей. Однако резкое подорожание ручного труда, его малая производительность, а так же связанные с ним социальные обязательства перед работниками, делают такой способ производства экономически неэффективным по сравнению с другими способами производства. Поэтому весьма актуальной является цель выпускной квалификационной работы.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение качества и производительности на операции сборки-сварки кронштейна переднего сиденья бокового в сборе легкового автомобиля.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Описание и анализ конструкции изделия

Кронштейн переднего сиденья боковой в сборе легкового автомобиля (рис. 1.1) обеспечивает создание каркаса переднего пола легкового автомобиля, к нему крепится левое сиденье автомобиля. Также рассматриваемая деталь придаёт жесткость кузову автомобиля. В поперечном сечении изделие имеет коробчатую незамкнутую форму и состоит из следующих деталей:

- кронштейна переднего сиденья бокового (деталь 2116-6810032);
- заглушки кронштейна переднего сиденья бокового (деталь 2123-6810074);
- усилителя кронштейна переднего сиденья бокового (деталь 2116-6810037).

Общая длина изделия составляет 353 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. Возникновение этих нагрузок объясняется особенностями движения автомобиля. Также изделие может подвергаться вибрационным нагрузкам, величина и продолжительность воздействия которых зависит от состояния дорожного полотна. При возникновении нештатных ситуаций – ДТП с боковым ударом или переворачивание изделие будет удерживать переднее левое сиденье от перемещений.

Изделие при помощи сварки соединено с панелью пола передней и поперечиной пола передней левой. Нахлесточное соединение элементов детали толщиной происходит посредством простановки сварных точек контактной точечной сваркой в соответствии с ГОСТ 15878-79 (рис. 1.2, а) и дуговой механизированной сваркой в среде углекислого газа по ГОСТ 14771-76 (рис. 1.2, б).

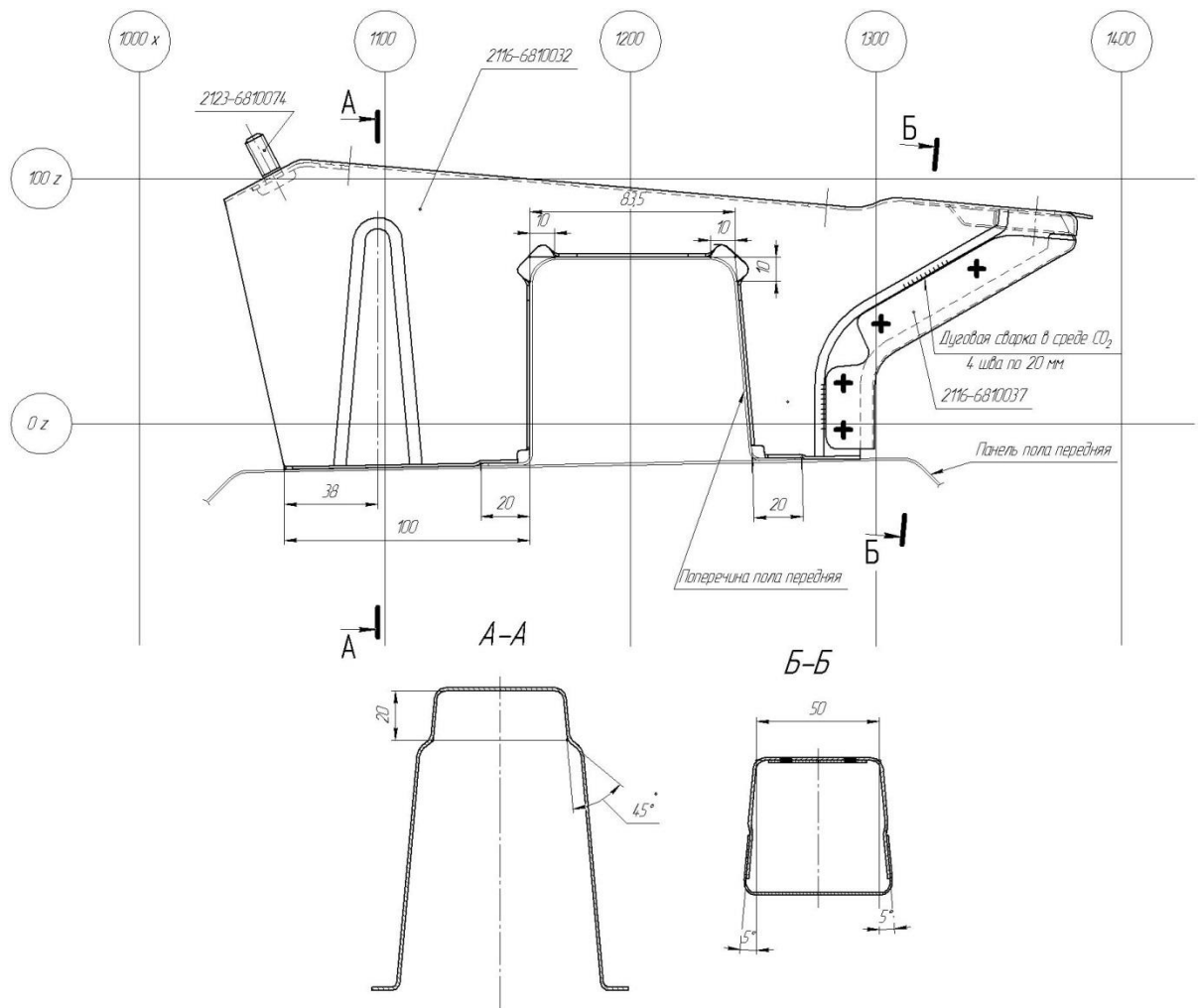


Рисунок 1.1 – Кронштейн переднего сиденья боковой в сборе автомобиля

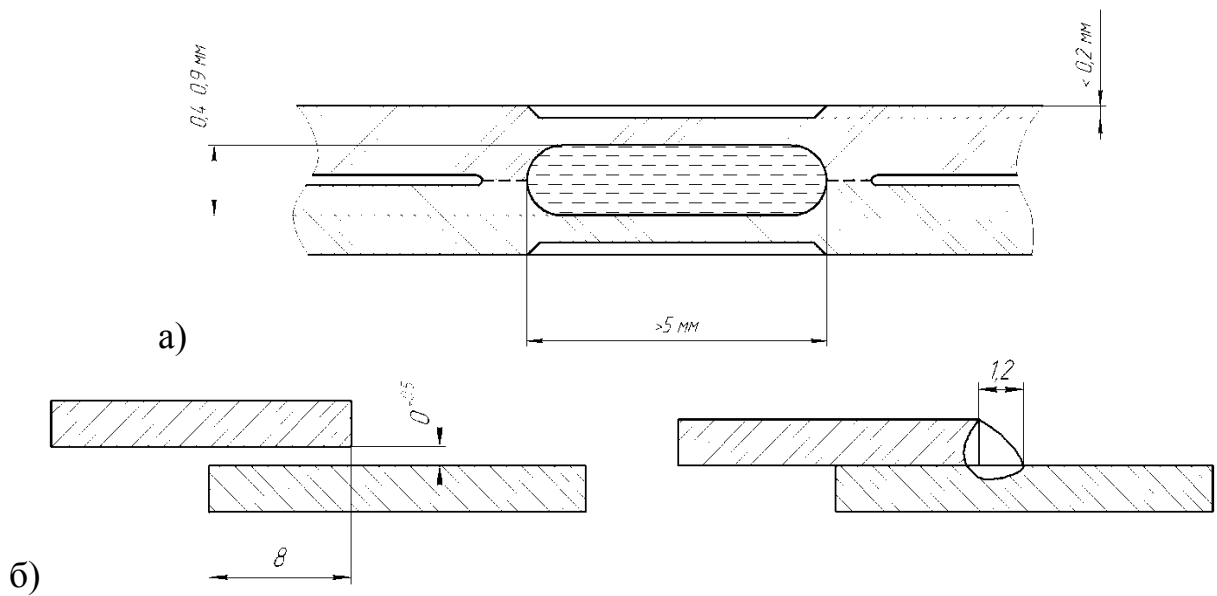


Рисунок 1.2 – Требуемые геометрические размеры сварной точки (а) и сварного шва (б)

К изделию, сварка которого будет вестись с применением современных средств автоматизации и роботизации, могут быть предъявлены следующие требования [6]:

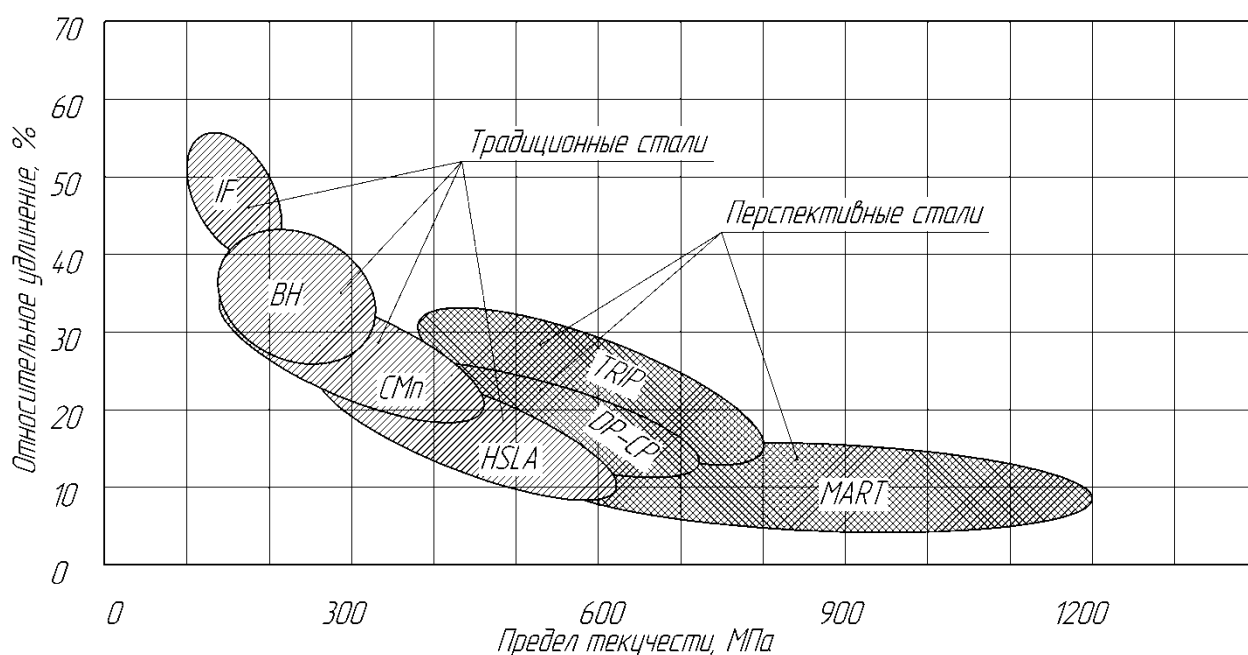
- 1) Изделие должно изготавливаться из материалов, хорошо сваривающихся используемыми видами сварки;
- 2) Сложное изделие должно быть рационально разделено на подузлы оптимальных габаритов с оптимальным расположением сварных швов;
- 3) Изделие должно содержать минимальное число ранее приваренных (или прикрепленных другим способом) деталей, затрудняющих доступ к местам сварки;
- 4) Изделие должно иметь минимальное число сварных соединений на лицевых поверхностях изделия;
- 5) Минимальная величина нахлестки (при нахлесточном соединении деталей) должна быть выдержана в строго определенных пределах (в зависимости от толщины и марки свариваемого материала).

По результатам анализа конструкции изделия - Кронштейн переднего сиденья боковой 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.

1.2 Сведения о материале изделия

Для выполнения заготовок рассматриваемого изделия применяются штамповки из перспективной высокопрочной стали DP 300/500. В таком обозначении буквы «DP» – показывают класс стали в соответствии с международной классификации: двухфазная сталь. Цифры «300» – показывают минимальное значение предела текучести (σ_T) в мега паскалях: 300 МПа. Цифры «500» – показывают значение минимального временного сопротивления (σ_B) в мега паскалях: 500 МПа.

Если сравнивать рассматриваемую сталь DP 300/500 с низколегированной высокопрочной сталью, которая будет иметь такой же предел текучести (σ_T), то будет обнаружено следующее. Рассматриваемая двухфазная сталь DP 300/500 будет иметь больший коэффициент деформационного упрочнения (k), относительное удлинение (δ) и предел прочности на разрыв (σ_B) (рис. 1.3).



IF – повышенной штампуемости; *BH* – термоупрочняемая сталь; *CMn* – марганцевистая сталь; *HSLA* – низколегированная сталь повышенной прочности; *DP* – двухфазная сталь; *CP* – многофазная сталь; *TRIP* – трансформируемая сталь повышенной прочности; *Mart* – мартенситная сталь

Рисунок 1.3 – Прочностные и пластические характеристики сталей повышенной прочности (AHSS) по отношению к традиционным сталям

Микроструктура стали DP 300/500 будет содержать ферритную фазу (характеризуется низкой твёрдостью, позволяет повысить штампуемость заготовок) [7, 8]. В этом случае «мягкий» феррит, который может входить в состав стали до 80% придает стали повышенные пластические свойства, которые проявляются в состоянии поставки. В результате штамповки происходит объёмная пластическая деформация материала заготовки, при этом возникает концентрация деформационных напряжений в ферритной

фазе, что вызывает высокую степень деформационного упрочнения материала. Таким образом, сталь DP 300/500 сочетает в себе высокую степень деформационного упрочнения и высокое относительное удлинение. Это позволяет получить очень высокий предел прочности в сравнении с конструкционными низколегированными высокопрочными сталями.

Двухфазная сталь DP 300/500 обладает ещё одним преимуществом по сравнению с традиционными сталями. У стали DP 300/500 проявляется упрочнение при отжиге и повышенное дисперсионное твердение при термообработке.

Таблица 1.1 – Типовой химический состав стали DP 300/500 [7]

С	Si	Mn	P	S	Al	Ni+Cr+Mo	Cu	B
макс.	макс.	макс.	макс.	макс.	мин.	макс.	макс.	макс.
0,15	0,6	2,5	0,04	0,015	0,010	1,5	0,20	0,005

Как видно из табл. 1.1, в стали DP 300/500 имеются элементы, которые ухудшают свариваемость: фосфор (P), сера (S), медь (Cu), никель (Ni), хром (Cr) и молибден (Mo).

1.3 Описание операция базового технологического процесса сборки и сварки изделия

Перед сборкой и сваркой изделия выполняют транспортировку и складирование заготовок детали на производственном участке. Запас заготовок хранится в оборотной таре, из которой сварщик по мере расходования заготовок берёт новые заготовки и перемещает на участок сварки. На участке сварки заготовки помещают в специальную тару, которая расставлена вокруг сборочного кондуктора. Сварщик извлекает из тары детали по одной и укладывает каждую деталь в соответствующие ложементы кондуктора. После сборки все детали фиксируются в ложементах при помощи пневматических прижимов. Включение пневматических прижимов

выполняется по команде от кнопок двурукого включения (что исключает случайное срабатывание пневматического прижима и травмирование персонала). После фиксации контролируют геометрию собранного изделия.

После сборки изделия в кондукторе выполняется контактная точечная сварка 14 точек. При этом сварщик позиционирует электроды сварочных клещей в местах, где необходимо проставить сварную точку и нажимает кнопку включения сварки.

Сварка выполняется на жёстких режимах (табл. 1), указанные значения параметров режима позволяют получать геометрию сварной точки в соответствии с требованиями ГОСТ 15878-79.

Таблица 1.2 – Принятые по базовой технологии значения параметров режима контактной точечной сварки изделия

№	Наименование параметра	Значение параметра
1	Диаметр сварочного электрода, мм	5...6
2	Величина сварочного тока, А	9000...10000
3	Время протекания сварочного тока, сек	0,14...0,16
4	Усилия сжатия электродов, кН	3,0...4,0

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.

Изделия после контактной сварки укладывают в обратную тару. По мере наполнения обратной тары сваренными деталями её перевозят с участка контактной сварки на участок дуговой сварки. На участке дуговой сварки выполняют 4 сварных шва, длина каждого шва составляет 20 мм (рис. 1.1).

Значения параметров режима дуговой сварки приведены в табл. 1.2, эти параметры обеспечивают формирование сварного соединения в соответствии с требованиями по ГОСТ 14771-76. В качестве сварочных материалов используется омеднённая сварочная проволока Св08Г1С \varnothing 0,8 мм.

Таблица 1.3 – Принятые по базовой технологии значения параметров режима механизированной сварки в углекислом газе

№	Наименование параметра	Значение параметра
1	Катет шва, мм	1,2
2	Диаметр сварочной проволоки, мм	0,8
3	Число слоёв	1
4	Сварочный ток, А	80...120
5	Напряжение дуги, В	18...22
6	Вылет, мм	8...12
7	Расход газа на 1 слой, л/мин	6...8

Контактную точечную сварку выполняют подвесными сварочными клещами S 5861 (рис. 1.4), изготавливаемые концерном ARO (Франция).

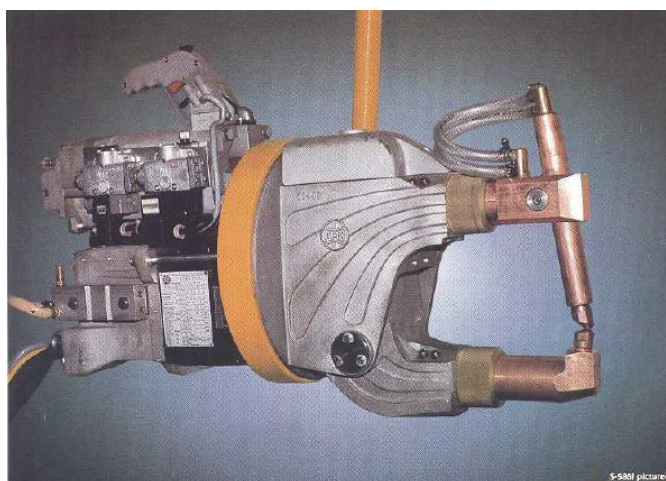


Рисунок 1.4 – Клещи сварочные S 5861

Для сборки деталей под контактную сварку применяют сборочный кондуктор (рис. 1.5), 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.

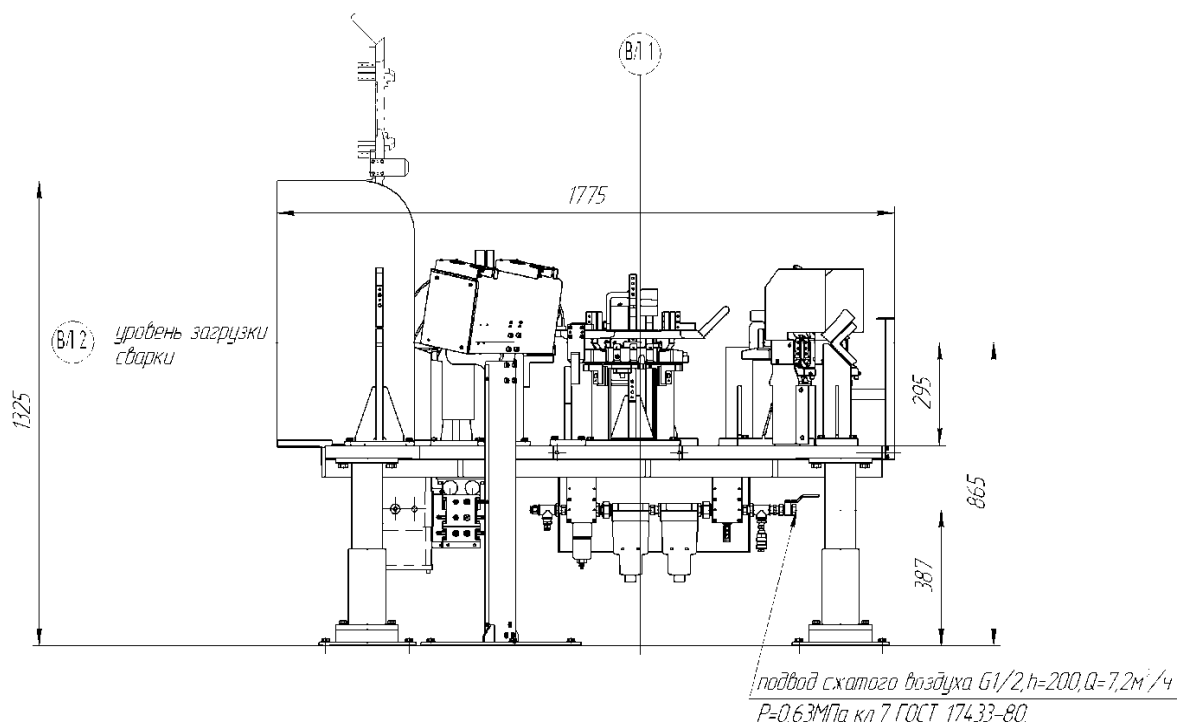


Рисунок 1.5 – Приспособление для сборки под контактную точечную сварку

Выполнение швов на изделии механизированной дуговой сваркой в углекислом газе происходит с применением стандартного или специализированного сварочного оборудования. После сборки деталей и их фиксирования контактной точечной сваркой выполняют дуговую сварку 4 швов, используя шланговый полуавтомат Origo MIG (рис. 1.6, рис. 1.7).

Сварочные полуавтоматы Origo MIG позволяют неизменно получать стабильное качество сварного шва при условии правильного выбора параметров режима.

В комплекте поставки ESAB Origo MIG включены:

- подставка для газового баллона;
- крепежная цепь для баллонов;
- газовый шланг длиной 1,5 м;
- сетевой кабель длиной 5 м с вилкой;
- обратный кабель длиной 3,5 м с зажимом;

- ведущий ролик 0,8-1,0 мм в сборе для проволок из углеродистой стали, из коррозионно-устойчивой стали и для порошковых проволок;
- сварочная горелка PSF 250 3м.

Таблица 1.4 - Технические характеристики ESAB Origo MIG

Наименование параметра	Origo Mig C240 Pro	Origo Mig C240s Pro	Origo Mig C170	Origo Mig C200	Origo Mig C250
Питание от сети переменного тока (В/Гц)	400...415 50/60 230/50...60	400...415 50/60 230/50...60	400...415 50/60	400...415 50/60	230/400...415 50/60
Максим. ток при ПВ 30% (А)	240	240	170	200	250
Максим. ток при ПВ 60% (А)	170	170	130	150	190
Максим. ток при ПВ 100% (А)	130	130	100	120	150
Скорость подачи проволоки (м/мин)	1,9...19	1,4...19	1...17	1...17	1...17
Напряжение холостого хода (В)	14...32	14...32	15,5...30,6	16...31,8	15...37
Масса, кг	103	100	63,5	72,5	82



Рисунок 1.6 – Сварочные полуавтоматы Origo MIG C240 PRO C170 / C200 / C250

Особенностями полуавтоматов ESAB Origo MIG является:

- наличие прочного оцинкованного корпуса и возможность установки дополнительного воздушного фильтра, что позволяет выполнять эксплуатацию сварочного оборудования в тяжелых условиях;

- широкий диапазон регулирования значений параметров режима сварки (напряжение и ток), что обеспечивает универсальность применения полуавтоматов;

- наличие двух выходов с различной индуктивностью, что позволяет использовать сварочный полуавтомат при различных условиях сварки.

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. Так же следует отметить тяжёлые и вредные условия труда при дуговой сварке, выполнение которой вручную так же значительно снижает производительность и стабильность качества изготавливаемых деталей.

1.4 Анализ схем применения промышленных роботов в производстве

Современное промышленное производство позволяет применять несколько форм организации роботизированных операций. Эти формы следует рассмотреть, чтобы выбрать оптимальный состав роботизированной линии, которая будет использована при сварке рассматриваемой детали.

Первый вариант – применение роботов при единичном обслуживании технологического оборудования (рис. 1.7). При использовании этого

варианта следует взять автономно действующий или встроенный в оборудование промышленный робот. В число минимальных задач, которые могут быть решены с применением такого роботизированного технологического комплекса, входят: 1 – автоматизация подготовительных и сборочных операций; 2 – связь с информационными и транспортными потоками основного производства. Одной из разновидностей схемы с единичным обслуживанием технологического оборудования является производство, где несколько промышленных роботов обслуживают группу машин, при этом число машин меньше числа промышленных роботов. Такие схемы применяются в производстве литья под давлением, штамповке листовых деталей, сборке и сварке простых деталей.



1 – промышленный робот; 2 – конвейер; 3 – основное технологическое оборудование

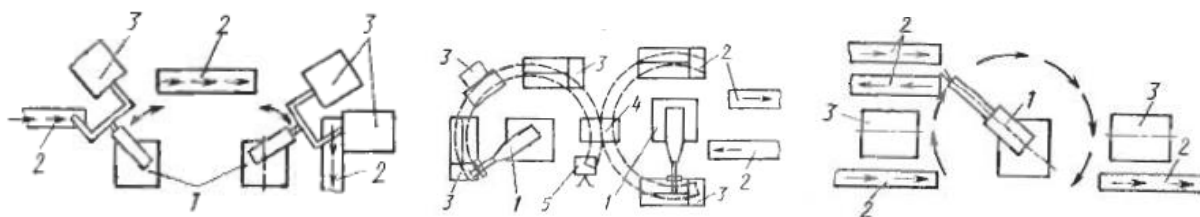
Рисунок 1.7 – Схема применения промышленных роботов с единичным обслуживанием оборудования

Второй вариант – применение роботов при групповом обслуживании технологического оборудования (рис. 1.8). При такой схеме организации роботизированного производства возможно линейное, линейно-параллельное или круговое расположение элементов оборудования. При этом возможно как работа одного промышленного робота, так и согласованная работа нескольких промышленных роботов. Во втором варианте выполняется межстаночное транспортирование заготовок от одного поста сварки к другому. Круг задач, решаемых с использованием данной схемы организации роботизированного производства, значительно расширяется: появляется возможность диспетчирования работы технологического оборудования, которое входит в состав роботизированного комплекса, становится

возможным управление элементами транспортной системы и дополнительными механизмами.

Одной из разновидностей указанной схемы является роботизированное производство, в котором группа станков обслуживается несколькими промышленными роботами, при этом число станков превышает число промышленных роботов. В этом случае появляется возможность не только изменять последовательность операций при обработке деталей, но существенно сократить простои основного технологического оборудования.

Следует помнить, что гибкость производства в роботизированном комплексе обеспечивается при условии создания межоперационных заделов, которые позволят пропускать или изменять отдельные операции при обработке деталей. Промышленные роботы должны обеспечивать независимую доставку деталей к станкам.



1 – промышленный робот; 2 – конвейер; 3 – основное технологическое оборудование

Рисунок 1.8 – Схема применения промышленных роботов при групповом обслуживании технологического оборудования

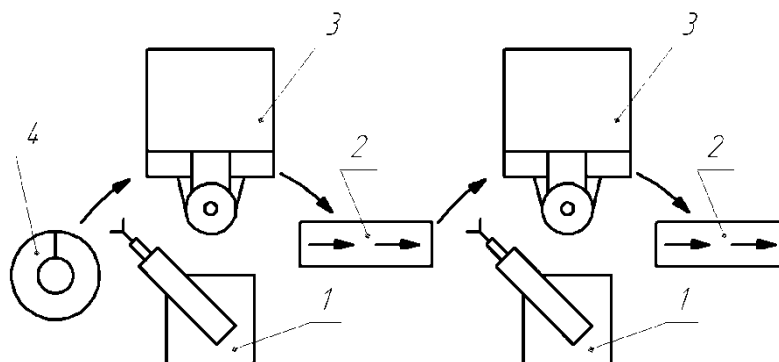
Третий вариант – применение промышленных роботов при индивидуальном выполнении основных технологических операций (рис. 1.9). Такими операциями могут быть сварка, окраска, сборка и т.п., они могут быть выполнены как технологическим, так и универсальным промышленным роботом. Роботизированный комплекс или роботизированная линия включает в себя вспомогательные и транспортные механизмы различного рода, комплект ориентирующих устройств. Контроль работы этих механизмов и устройств осуществляется системой программного управления робота.



1 – промышленный робот; 2 – конвейер; 3 – основное технологическое оборудование;
4, 5 и 6 – магазины с заготовками

Рисунок 1.9 – Схема применения промышленных роботов при индивидуальном выполнении основных технологических операций

В рамках выполнения выпускной квалификационной работы предложим схему применения роботов в промышленном производстве с групповым обслуживанием технологического оборудования (рис. 1.10).



1 - промышленный робот; 2 - конвейер; 3 - основное технологическое оборудование;
4 - магазин с заготовками, деталями или инструментами

Рисунок 1.10 – Обработка деталей с постоянной последовательностью операций

В этой схеме обработка деталей производится в неизменной последовательности выполнения операций, для обслуживания оборудования применяются однопрограммные роботы. Таким образом, между технологическими операциями (контактная точечная сварки и дуговая сварка в защитном газе) не будет задела и возможности их пропуска, т.е. связь будет жёсткой. Это несколько уменьшит универсальность роботизированного технологического комплекса, но упростит его устройство и программирование. При построении такого комплекса необходимо решить задачу подачи заготовок на фиксированные позиции. Передачу деталей от одной технологической позиции к другой будет выполняться непрерывным

конвейером или роботом. Предложенная схема позволит обеспечить последовательное выполнение нескольких сварочных операций над деталью, а так же добавлять необходимые компоненты к детали на каждой сварочной операции.

1.5 Задачи выпускной квалификационной работы

На основании выполненного анализа состояния вопроса можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, последовательное выполнение которых позволит достигнуть цели, поставленной во введении:

- 1) составить технологию автоматизированной контактной и дуговой сварки детали;
- 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 Проектная технология сборки и сварки изделия

2.1 Описание средства автоматизации

Для автоматизации загрузки заготовок в зону сварки необходимо подобрать стандартный промышленный робот из ряда уже существующих и используемых на предприятиях. Для этого зададимся начальными условиями поиска:

- 1) Масса перемещаемых деталей (грузоподъемность) – порядка 5 кг (масса изделия 1 кг и масса захватного устройства не более 4 кг).
- 2) Максимальный вылет – для позиционирования деталей конструктивно примем, что вылет робота должен быть не менее 500 мм.
- 3) Точность позиционирования – исходя из анализа чертежа детали примем точность позиционирования $\pm 0,1$ мм.
- 4) Количество осей подвижности – исходя из критериев современного рынка роботов и особенностей сборки деталей примем количество осей для вспомогательного робота – 6 шт.

Для дальнейшего выбора робота необходимо проанализировать существующие крупные фирмы-роботопроизводители, способные поставлять качественную продукцию установленных выше характеристик.

Таблица 2.1 – Роботы KUKA, малый класс

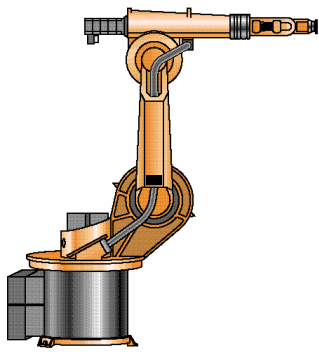
	KR 6/2	KR 15/2	KR 15 L6/2	
Грузоподъемность, кг	6	15	6	
Максимальное линейное перемещение, мм	1570	1570	1863	
Точность повторения операций, мм	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	
Вес, кг	205	222	224	

Таблица 2.2 – Технические характеристики ПР фирмы STAUBLI

Модель	RX60	RX90	RX130	RX170
Грузоподъёмность на номинальной скорости, кг	2,5	6	12	30
Максимальное линейное перемещение, мм	665	985	1360	1835
Точность повторения операций, мм	±0,02	±0,02	±0,03	±0,04
Вес, кг	44	111	238	721

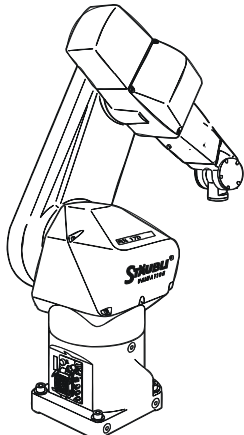
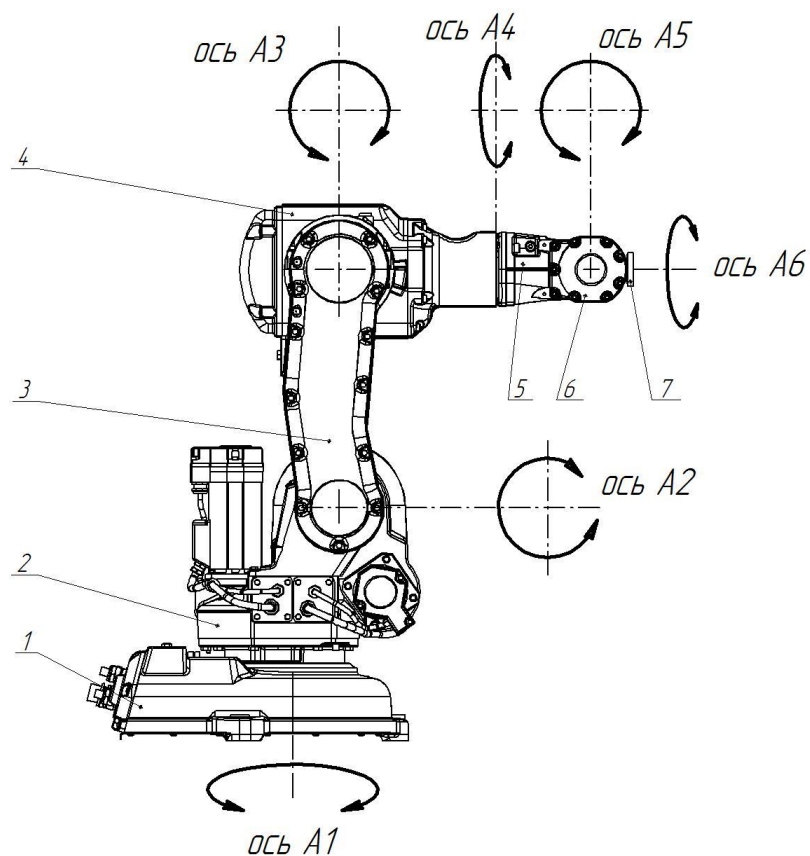


Таблица 2.3 – Технические характеристики ПР фирмы MOTOMAN

	EA1900	UP6	UP50	UP 200	ES165
Грузоподъёмность, кг	3	6	50	200	165
Максимальное линейное перемещение, мм	1893	1373	2046	2446	2651
Точность повторения операций, мм	±0,08	±0,08	±0,07	±0,2	±0,2
Вес, кг	285	130	550	1350	1230

Остановим свой выбор на новейшей разработке фирмы АВВ (табл. 2.4) – малогабаритном универсальном роботе IRB140. Базисное основание (рис. 2.1, поз. 1) является опорой карусели (рис. 2.1, 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.



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

Рисунок 2.1 – Строение манипулятора ПР IRB140 (ABB)

2.2 Описание сварочной машины

Сварочная машина для сборки и сварки кронштейна сиденья разработана на базе С-образного пресса.

Машина рассчитана на эксплуатацию в закрытом помещении при температуре воздуха не ниже 16 градусов Цельсия, в условиях нормальной влажности.

Технические характеристики машины:

- Тип машины – сварочная на базе С-образного пресса
- Количество постов сварки – 1
- Количество циклов сварки – 8
- Установленная мощность, кВА – 40
- Количество сварочных трансформаторов – 6

- Напряжение питания, В – 380
- Мощность цепи управления, кВт – 1
- Привод исполнительных механизмов машины – пневматический
- Давление воздуха в системе, кгс/см² - 6
- Охлаждение – водяное
- Масса машины, кг – 1400

Конструктивно машина состоит из следующих основных узлов (рис. 2.2):

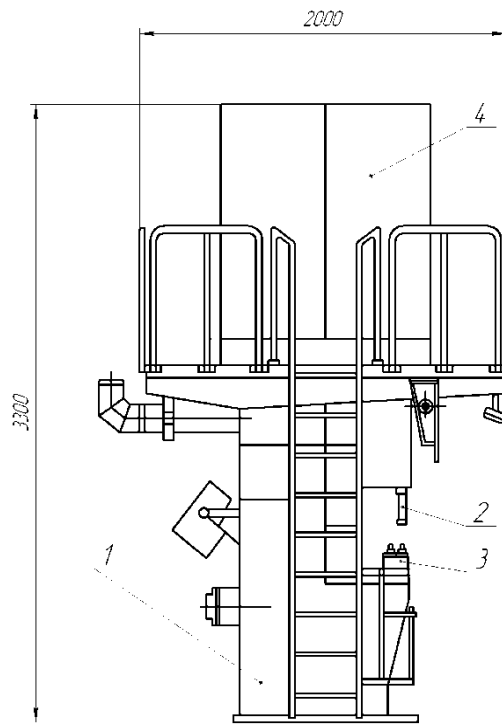
- Пресс С-образный (1)
- Оснастка верхняя (2)
- Оснастка нижняя (3)
- Каркас
- Электрооборудование (4)
- Система охлаждения

В качестве прессы принят С-образный пресс типа SF-102 (Япония) (рис. 2.3), имеющий следующие характеристики:

- вылет верхней консоли А - 305 мм;
- габаритные размеры - 2455x1244x1710 мм;
- размеры стола - 1220x710 мм;
- закрытая высота а - 1067 мм;
- ход стола b - 203 мм;
- максимальное усилие при сварке - 91 кН;
- максимальное усилие подъёма стола - 18 кН;
- число ходов в минуту - 30.

На прессе монтируется каркас со сварочной оснасткой, на антресоли прессы расположены шкафы электрооборудования, пневмопанель.

Оснастка верхняя представляет собой два закреплённых пневматических сварочных пистолета. Оснастка нижняя представляет собой подвижный стол, на котором закреплена контрэлектродная плита с ложементами и прижимами.



1 – пресс С-образный; 2 – оснастка верхняя; 3 – оснастка нижняя;
4 – шкаф для электрооборудования

Рисунок 2.2 - Многоточечная контактная сварочная машина для сварки кронштейна сиденья автомобиля (2000 х 1200 х 3300 мм)

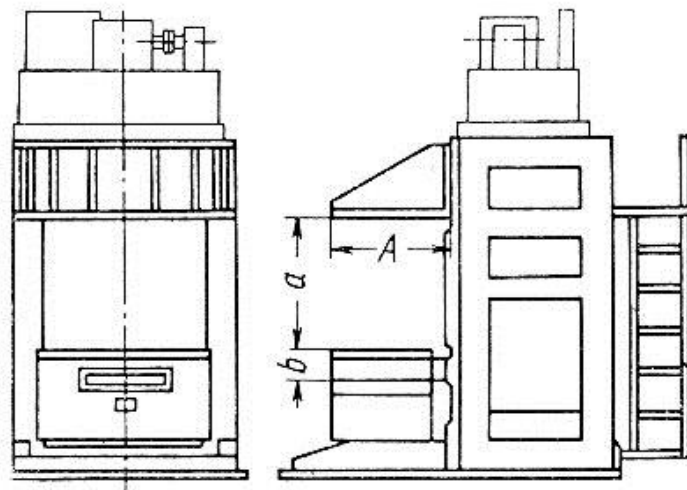
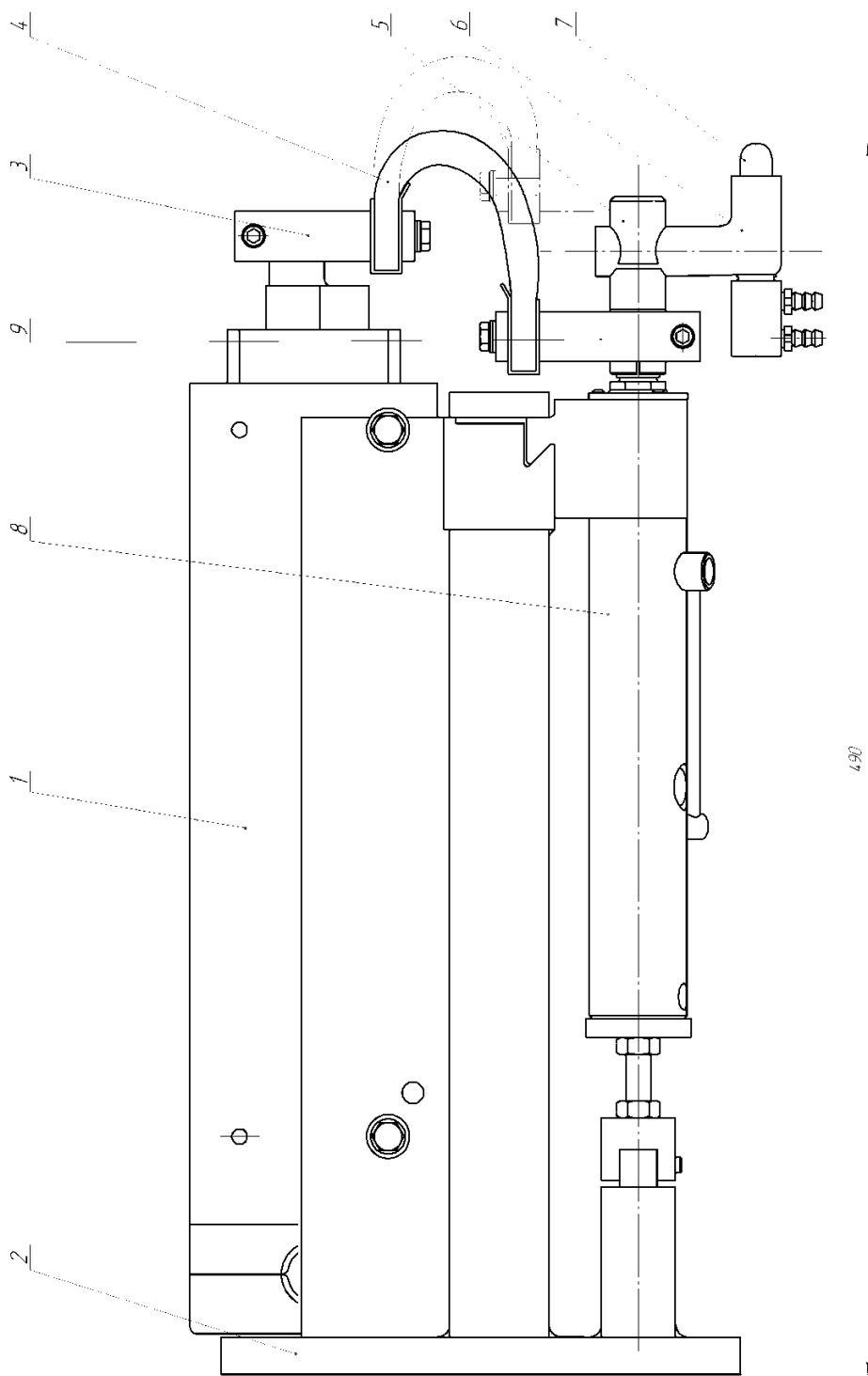


Рисунок 2.3 – Пресс С-образный



1 – сварочный трансформатор; 2 – упор; 3 – плита неподвижная; 4 – шина гибкая; 5 – свеча; 6 – электрододержатель; 7 – электрод; 8 – пневмоцилиндр; 9 – плита подвижная

Рисунок 2.4 – Электродная сварочная группа

Поскольку токоподвод к свариваемым деталям принят односторонний, то для осуществления сварки применим электродную сварочную группу (рис. 2.4), в состав которой входят: сварочный трансформатор 1 (генерирует сварочный ток), упор 2 (осуществляет фиксирование пневмоцилиндра относительно трансформатора); плита неподвижная 3 (осуществляет передачу тока от вторичного витка трансформатора к гибкой шине), шина гибкая 4 (передает сварочный ток к подвижным частям контура – поите подвижной 9); свеча 5 (служит для закрепления электродной группы на штоке пневмоцилиндра); электрододержатель 6 (передает сварочный ток и усилие на электрод 7); пневмоцилиндр 8 (служит для создания сварочного усилия). Электрододержатель 6 имеет возможность вращения относительно оси штока пневмоцилиндра, что позволяет изменять шаг между точками и уменьшить его до 20 мм, как этого требует конструкция свариваемого узла.

2.3 Роботизированный технологический комплекс

Роботизированный технологический комплекс (рис. 2.5) для сборки и сварки изделия включает в себя: промышленный робот IRB-140 (1); сварочную машину (2); шкаф управления (3); транспортёр-накопитель (4); ограду (5); тару оборотную (6); тележку (7); стационарную стойку со сварочной горелкой (8).

Для обеспечения безопасности персонала при программировании РТК шкаф управления установлен таким образом, чтобы при манипуляциях с ним во-первых, оператор (и шкаф тоже) не оказался в рабочей зоне робота, а во-вторых, чтобы обеспечить оператору свободный просмотр программируемого робота и сварочной машины. Размещение обслуживающего рабочего, который закладывает заготовки на транспортёр-накопитель, выполнено таким образом, чтобы он ни при каких условиях не оказался в рабочей зоне робота. Ограда снабжена калитками, через которые

возможен доступ на территорию комплекса. При этом открытие любой калитки приводит к остановке работы комплекса.

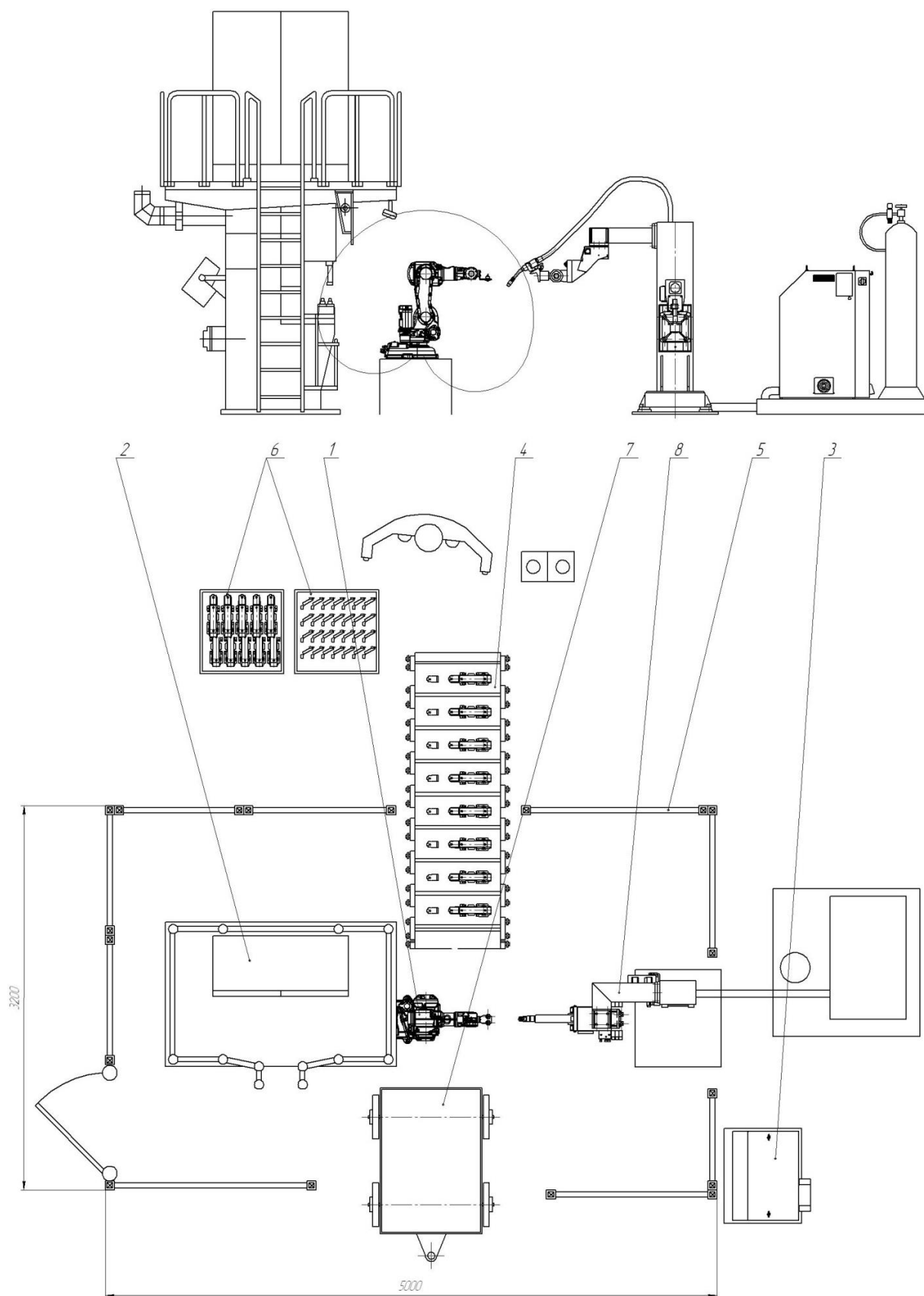


Рисунок 2.5 – Роботизированный технологический комплекс

Комплекс работает согласно циклограмме следующим образом. Одновременно с работой робота и сварочной машины оператор закладывает заготовки на транспортёр-накопитель, после чего нажимает кнопку «Пуск» двурукого включения. После нажатия кнопки и при условии, что обе заготовки с другого конца уже взяты роботом, транспортёр-накопитель делает одно перемещение. Если не выполняется хотя бы одно из условий, то транспортёр-накопитель стоит на месте, ожидая, когда поступит команда на его перемещение.

С другого конца транспортёра-накопителя робот берёт одну заготовку, и помещает её на ложементы сварочной машины, происходит фиксирование заготовки в ложементах сварочной машины. После этого робот берёт с транспортёра вторую заготовку и перемещает её на ложементы сварочной машины, происходит фиксирование второй заготовки в ложементах сварочной машины. После этого происходит сварка. После сварки робот забирает сваренную деталь из ложементов сварочной машины и позиционирует её относительно стационарно размещённой сварочной горелки, при этом производится простановка четырёх сварных швов. Далее робот сбрасывает сваренную деталь в тележку. По мере заполнения тележки сваренными деталями её заменяют на пустую тележку.

2.4 Операции технологического процесса

Подготовка поверхностей свариваемых деталей происходит в моечной машине 1...1,5% раствором кальцинированной соды при температуре воды 80 °С. Далее производится просушка подогретым до 150...200 °С сжатым воздухом (рис. 2.6).

Заготовки со склада ПДБ (производственно-диспетчерское бюро) цеха транспортируются на производственный участок. Далее детали оператором укладываются на транспортёр-накопитель, при этом точность укладки

деталей на транспортёр достигается за счёт использования ложементов (рис. 2.7).

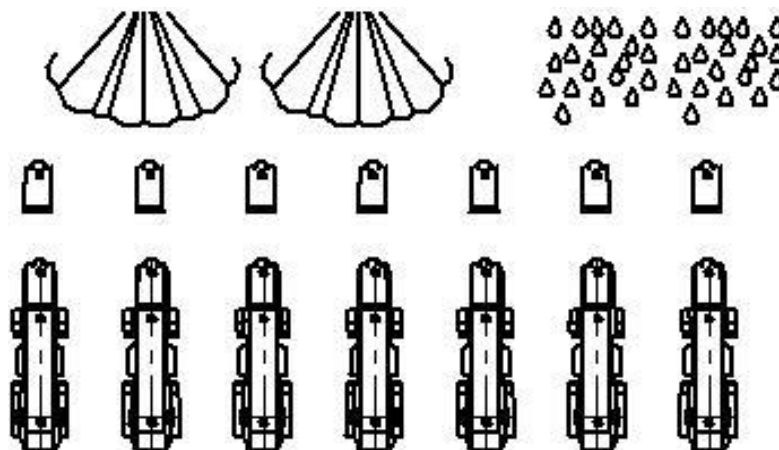


Рисунок 2.6 – Подготовка деталей к сварке

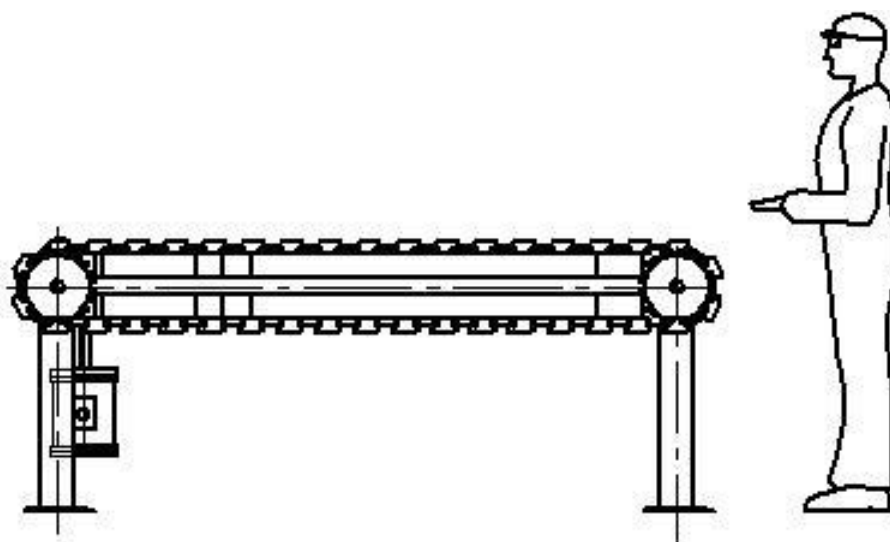


Рисунок 2.7 – Загрузка деталей на транспортёр-накопитель

Детали перемещаются по транспортёру к роботу, где они захватываются и переносятся в зону сварки (рис. 2.8). Происходит укладка деталей на ложементы сварочной машины: линейная скорость перемещения робота 0,7 м/с; точность позиционирования 0,3 мм. Фиксирование детали пневмоприжимами сварочной оснастки: давление воздуха 0,4...0,5 атм, усилие зажатия 3...4 кН.

Далее производится контактная точечная сварка восьми точек (рис. 2.9):

- ток сварки 9,7...15,5 кА;
- время сварки 0,12...0,14 сек;
- усилие сварки 3,0...3,6 кН.

Далее робот переносит деталь в зону стационарно установленной сварочной горелки. Происходит сварка четырёх швов (рис. 2.10):

- ток сварки 120...145 А;
- напряжение дуги 18...22 В;
- скорость сварки 40 80 м/ч;
- диаметр проволоки Св08ГС 1,0 мм.

Далее происходит сброс детали в тару накопительную (рис. 2.11).

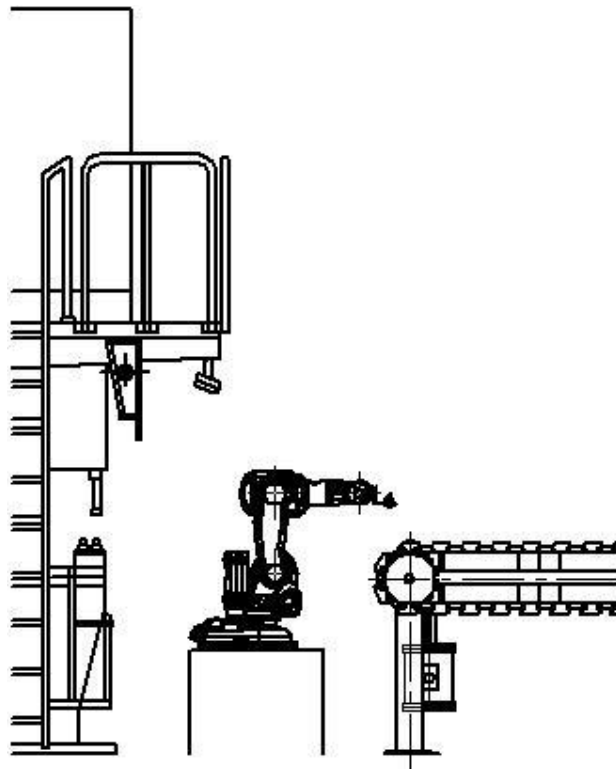


Рисунок 2.8 - Захват заготовок роботом

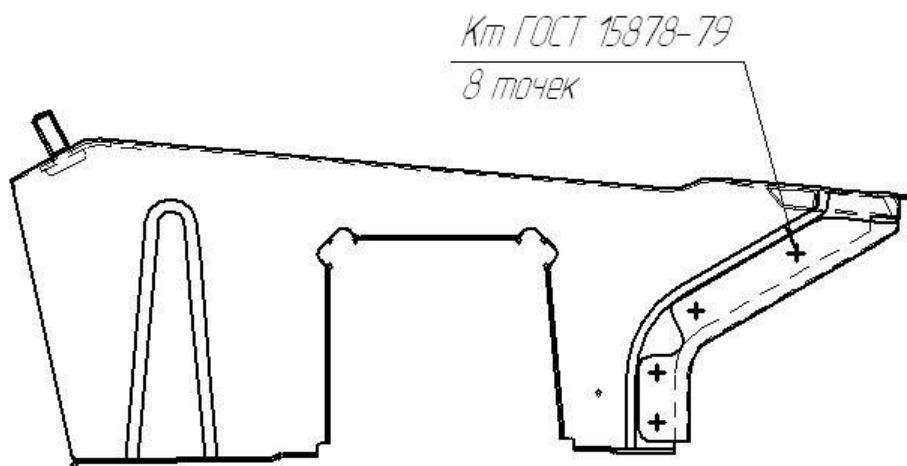


Рисунок 2.9 – Места простановки сварных точек

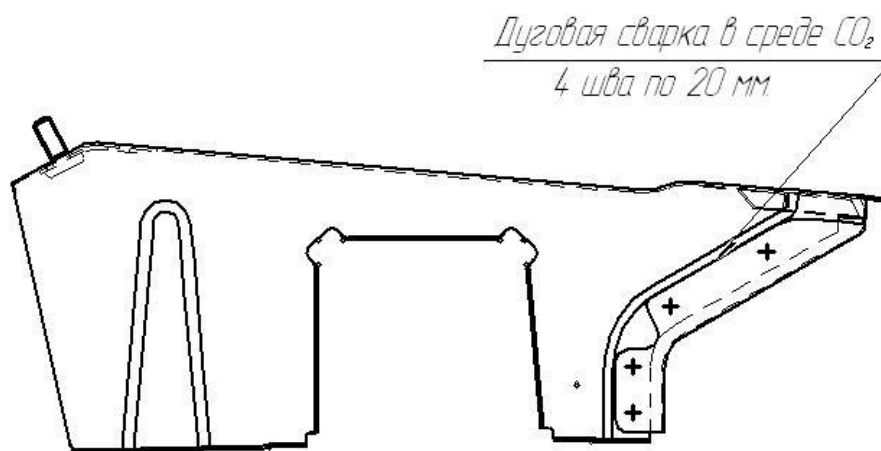


Рисунок 2.10 – Места простановки сварных швов

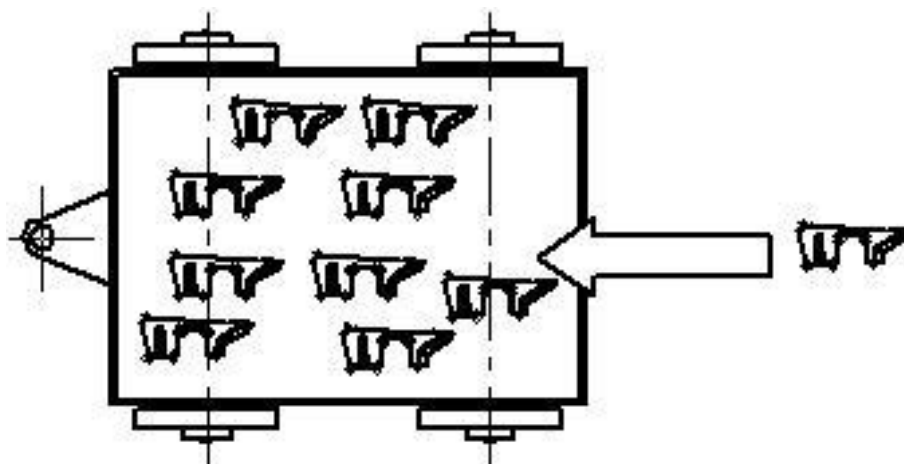


Рисунок 2.11 – Сброс деталей в накопительную тару

Далее производится контроль качества (рис. 2.12).

Визуальный контроль качества сварного соединения 100%:

- наличие теплового следа сварных точек,
- глубина вмятины не более 0,15 мм

Разрушающий контроль качества 0,1% от партии:

- разрушение должно происходить по основному металлу;
- разрыв сварных точек не допускается

Проверка геометрии изделия 1% от партии (отклонения от базовых поверхностей калибра не более 0,5 мм)

Ультразвуковой контроль качества 5% от партии:

- соответствие сигнала акустической эмиссии заданному

Визуальный контроль сварных швов 100%:

- трещины и прожоги не допускаются,
- максимальная глубина подреза - 5% от толщины свариваемых деталей,
- максимальная длина непровара 5% от длины шва.

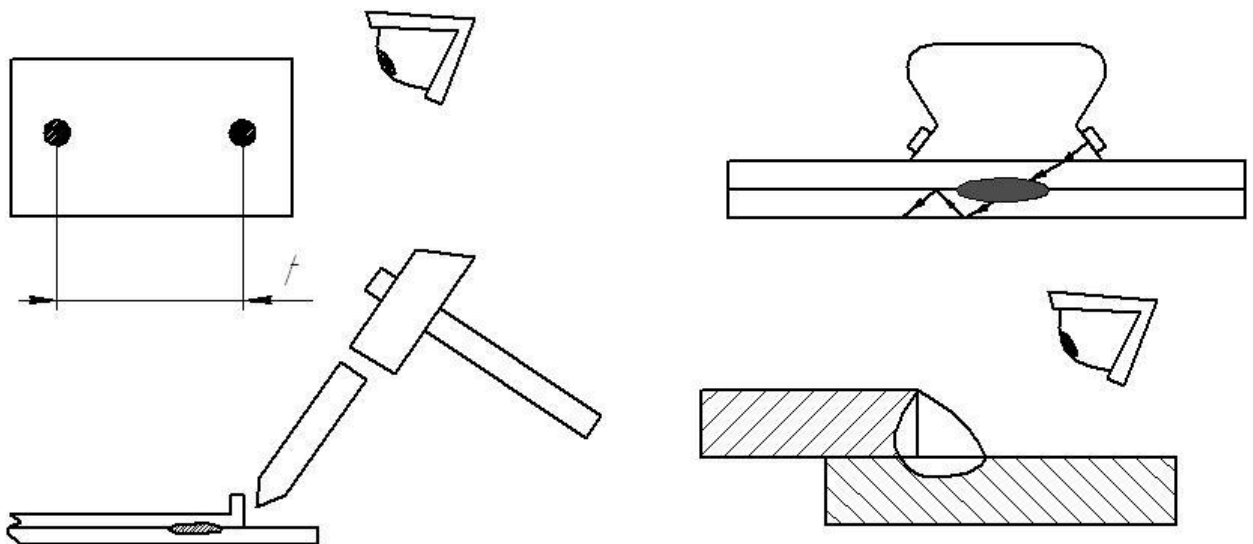


Рисунок 2.12 – Контроль качества сварки

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 представляющего 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

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка призваны обеспечить защиту от пожара работников предприятия, а также имущество предприятия. Согласно классификации пожаров по виду горючего материала и учетом производственной ситуации следует классифицировать возможный пожар как пожар класса Е: горение веществ и материалов под напряжением электрического тока. В таблице 3.4 выполним анализ основных и вторичных опасных факторов возможного пожара.

Участок, на котором планируются к внедрению разработанные технические предложения, с учетом класса возможного пожара (Е) необходимо укомплектовать техническими средствами, обеспечивающими защиту от возможного пожара работников и имущества предприятия. Перечень средств для комплектования производственного участка отразим в таблице 3.5.

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

Также для полноценной защиты работников и имущества предприятия необходимы организационные мероприятия. Перечень мероприятий для обеспечения защиты производственного участка отразим в таблице 3.6.

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:

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

где $t_{\text{шт}}$ – 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 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:

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

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:

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

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

Дальнейшие расчёты по определению экономической эффективности предлагаемых решений будем проводить исходя из годовой программы $П_{\text{Г}}=40000$ 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:

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

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

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

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

K_{BH} – 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;

$n_{пр}$ – 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:

$$Kзб = 2,8/3 = 0,93$$

$$K_{зп} = 0,95/1 = 0,95$$

4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки

При сварке деталей кузова автомобиля 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:

$$M = C_m \cdot N_p \cdot K_{т-з}, \quad (4.7)$$

где C_m – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ;

$K_{т-з}$ – 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:

$$M_B = 24 \text{ руб.}$$

$$M_{ПР} = 24 \text{ руб.}$$

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

Объём $Z_{осн}$ 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:

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

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

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

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

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

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

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:

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

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

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:

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

где $C_{\text{об}}$ – 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;

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

F_3 – 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:

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

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

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

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

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

$Ц_{\text{э-э}}$ – 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:

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

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

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

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

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

$$A_{\text{пл}} = \frac{Ц_{\text{пл}} \cdot \text{На}_{\text{пл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}, \quad (4.14)$$

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

$Ц_{\text{пл}}$ – 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:

$$P_{ПЛ} = \frac{C_{ЭКСПЛ} \cdot S \cdot t_{шт}}{F_9}, \quad (4.15)$$

где $C_{ЭКСПЛ}$ – расходы на содержание площадей
 S – площадь, занятая под оборудование.

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

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

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

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

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

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

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

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

Значение $C_{ТЕХ}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

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

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:

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

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

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	З _{пл}	5	5
6. Величина технологической себестоимости	С _{тех}	177	139
7. Объём цеховых расходов	Р _{цех}	128	42
8. Величина цеховой себестоимости	С _{цех}	305	181
9. Объём заводских расходов	Р _{зав}	98	32
10. Величина заводской себестоимости	С _{зав}	403	213

4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

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

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

где $K_{\text{з}}$ – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

$Ц_{\text{ОБ.Б}}$ –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:

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = K_{\text{ОБ.ПР}} + K_{\text{ПЛ.ПР}} + K_{\text{СОП.ПР}}, \quad (4.22)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$K_{МОНТ}$ – 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:

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

где P_{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 качества и производительности на операции сборки-сварки кронштейна переднего сиденья бокового в сборе легкового 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.

На основании выполненного анализа состояния вопроса были сформулированы и решены задачи выпускной квалификационной работы:

1) составить технологию автоматизированной контактной и дуговой сварки детали; 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.

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.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при изготовлении деталей кузова легкового автомобиля.

Список используемой литературы

1. Кочергин, К. А. Контактная сварка / К.А. Кочергин. – Л.: Машиностроение, 1987. – 240 с.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Fonstein, N.M. Advanced High Strength Sheet Steels Physical Metallurgy, Desgn, Processing and Properties // Switzerland: Springer International Publishing 2015. 392 p.
8. Erişir E., Gürkan O. Effect of Intercritical Annealing Temperature on Phase Transformations in Medium Carbon Dual Phase Steels // Journal of Materials Engineering and Performance. 2014. – №. 3. – P 1055–1061.
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.