

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 контактной точечной сварки усилителя поперечины
панели задка автомобиля Лада Нива

Студент

М.А. Польшиков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.э.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент И.В. Дерябин

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

Тольятти 2022

Аннотация

Высокая производительность контактной точечной сварки обусловила её распространение в качестве основного технологического процесса при изготовлении кузовных деталей автомобиля. Даже с применением универсального сварочного оборудования (стационарные машины и подвесные клещи) и ручного труда этот способ сварки имеет самую высокую производительность по сравнению с другими способами сварки.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества контактной точечной сварки деталей кузова автомобиля на примере поперечины панели задка автомобиля Лада Нива.

В ходе выполнения работы решены задачи выбора средств автоматизации сборки и сварки рассматриваемого сварного узла, построения технологии автоматической сборки и сварки узла, проектирования узлов специального сварочного оборудования.

Изучение особенностей технологического процесса автоматической сборки и сварки изделия позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство.

Abstract

The title of the graduation work is «The technology of resistance spot welding of the amplifier of the cross member of the rear panel of the LadaNiva car».

The high productivity of resistance spot welding has led to its spread as the main technological process in the manufacture of car body parts. Even with the use of universal welding equipment (stationary machines and hanging pliers) and manual labor, this welding method has the highest productivity compared to other welding methods.

The aim of the work is to increase the productivity and quality of resistance spot welding of car body parts by the example of the cross member of the rear panel of a LadaNiva car.

In the the graduation paper the tasks of choosing the means of automating the assembly and welding of the welded assembly in question were solved. The construction of the technology for automatic assembly and welding of the assembly as well as the design of assemblies of special welding equipment are represented.

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

The calculated annual economic effect, taking into account capital investments, is 2,5 million rubles.

Содержание

Введение	6
1 Современное состояние изготовления деталей кузова автомобиля на примере типовой детали - поперечины панели задка автомобиля Лада Нива.	8
1.1 Описание изделия и условий его работы.	8
1.2 Сведения о материале изделия	12
1.3 Базовая технология сборки и сварки узла.	13
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	18
2 Проектная технология сборки и сварки поперечины панели задка.	19
2.1 Обоснование выбора схемы автоматизации сборки и сварки узла.	19
2.2 Выбор параметров режима сварки.	23
2.3 Электрическая схема контактной сварочной машины.	24
2.4 Компоновка многоэлектродной сварочной машины.	27
2.5 Технология автоматической сварки с применением многоэлектродной контактной сварочной машины.	30
3 Безопасность и экологичность технического объекта.	33
3.1 Технологическая характеристика объекта	33
3.2 Идентификация профессиональных рисков	34
3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков.	36
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	38
3.5 Обеспечение экологической безопасности производства	40
4 Экономическое обоснование предлагаемых решений.	42
4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов.	42
4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования. .	44

4.3 Расчет штучного времени	45
4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии.	46
4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям.	51
4.6 Расчёт показателей экономической эффективности.	53
Заключение	56
Список используемой литературы и используемых источников.	57

Введение

Высокая производительность контактной точечной сварки обусловила её распространение в качестве основного технологического процесса при изготовлении кузовных деталей автомобиля. Даже с применением универсального сварочного оборудования (стационарные машины и подвесные клещи) и ручного труда этот способ сварки имеет самую высокую производительность по сравнению с другими способами сварки.

Правильность протекания процесса контактной точечной сварки определяется её качеством, критериями которого являются геометрические размеры зоны взаимного расплавления [17], [18], [20], [22]. Достаточная прочность сварного соединения обеспечивается при получении ядра сварной точки с размерами согласно ГОСТ 15878-79 [4], [7], [12].

В настоящее время актуальным остаётся вопрос повышения эффективности технологических процессов в массовом производстве. При этом повышение эффективности автомобилестроительного производства в значительной степени определяется возможностью снижения его себестоимости, которая складывается из стоимости производства составных частей кузова автомобиля. В связи с этим становится необходимым повышение производительности изготовления деталей кузова автомобиля без ухудшения прочностных свойств получаемых сварных соединений и качества изготовления детали в целом.

Типовой деталью автомобиля, технологический процесс изготовления которой требует усовершенствования, является усилитель поперечины панели задка автомобиля Лада Нива. Базовый технологический процесс предусматривает сварку с применением подвесных сварочных клещей. При этом положительные стороны от применения универсального сварочного оборудования (высокая универсальность и возможность быстрой переналадки на сварку обновлённых деталей) перевешивается недостатками применения ручного труда сварщика. К этим недостаткам следует отнести,

во-первых, низкую производительность, которая связана с тяжёлым ручным трудом и необходимостью проведения манипуляций массивными сварочными клещами. Во-вторых, в качестве недостатка применения ручного труда и подвесных сварочных клещей следует назвать низкую стабильность качества выполнения сварных точек, которая связана с нестабильным вводом свариваемых деталей между электродами сварочных клещей, перекосом электродов и детали, неполной выборкой зазоров.

В настоящее время ручной труд становится более дорогостоящим, что объясняется ростом издержек на выполнение социальных обязательств работодателя перед работником. Поэтому повышение эффективности современного сварочного производства лежит в области построения безлюдных предприятий. К таким типам производства относятся автоматические линии на базе специализированных сварочных машин и промышленных роботов [6], [7], [9].

На основании вышеизложенного следует признать актуальной целью выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества контактной точечной сварки деталей кузова автомобиля на примере поперечины панели задка автомобиля Лада Нива.

Достижение поставленной цели планируется за счёт применения современных достижений в области автоматизации сварочного производства.

Объектом исследования является технологический процесс контактной точечной сварки деталей кузова автомобиля.

Предметом исследования являются современные средства автоматизации контактной точечной сварки в массовом производстве.

1 Современное состояние изготовления деталей кузова автомобиля на примере типовой детали - поперечины панели задка автомобиля Лада Нива

1.1 Описание изделия и условий его работы

Типовой деталью кузова автомобиля является поперечина панели задка, внешний вид и расположение сварных точек на котором показаны на рисунке 1.

Назначение детали – усиление кузова автомобиля при ударе сзади. Деталь представляет собой сварной узел коробчатой формы. В состав сварного узла входит четыре детали. Первая деталь (№ 5601452) - усилитель поперечины панели задка, вторая деталь (№ 5601454) - надставка усилителя поперечины панели задка. Сварка двух этих деталей друг с другом происходит посредством простановки 10 сварных точек. Третья и четвертая детали (№ 5601456 и № 5601457) – две заглушки, соединение которых с деталями происходит путём простановки 18 сварных точек.

Эксплуатация детали происходит вместе с кузовом при перепаде температур в диапазоне от -40 до +40 °С. Срок эксплуатации детали совпадает со сроком эксплуатации всего кузова, а сама эксплуатация происходит в условиях действия статических и динамических нагрузений. Также из-за неровностей дорожного покрытия на деталь могут действовать вибрационные нагрузки. Рассматриваемый сварной узел не содержит лицевых поверхностей и не подвергается действию коррозионных сред.

Соединение четырёх деталей происходит посредством постановки 28 сварных точек. Первые 10 сварных точек выполняются по отбортовке на деталях № 5601452 и № 5601454. Ещё 18 сварных точек выполняются по 9 с каждой стороны при приварке заглушек (детали № 5601456 и № 5601457).

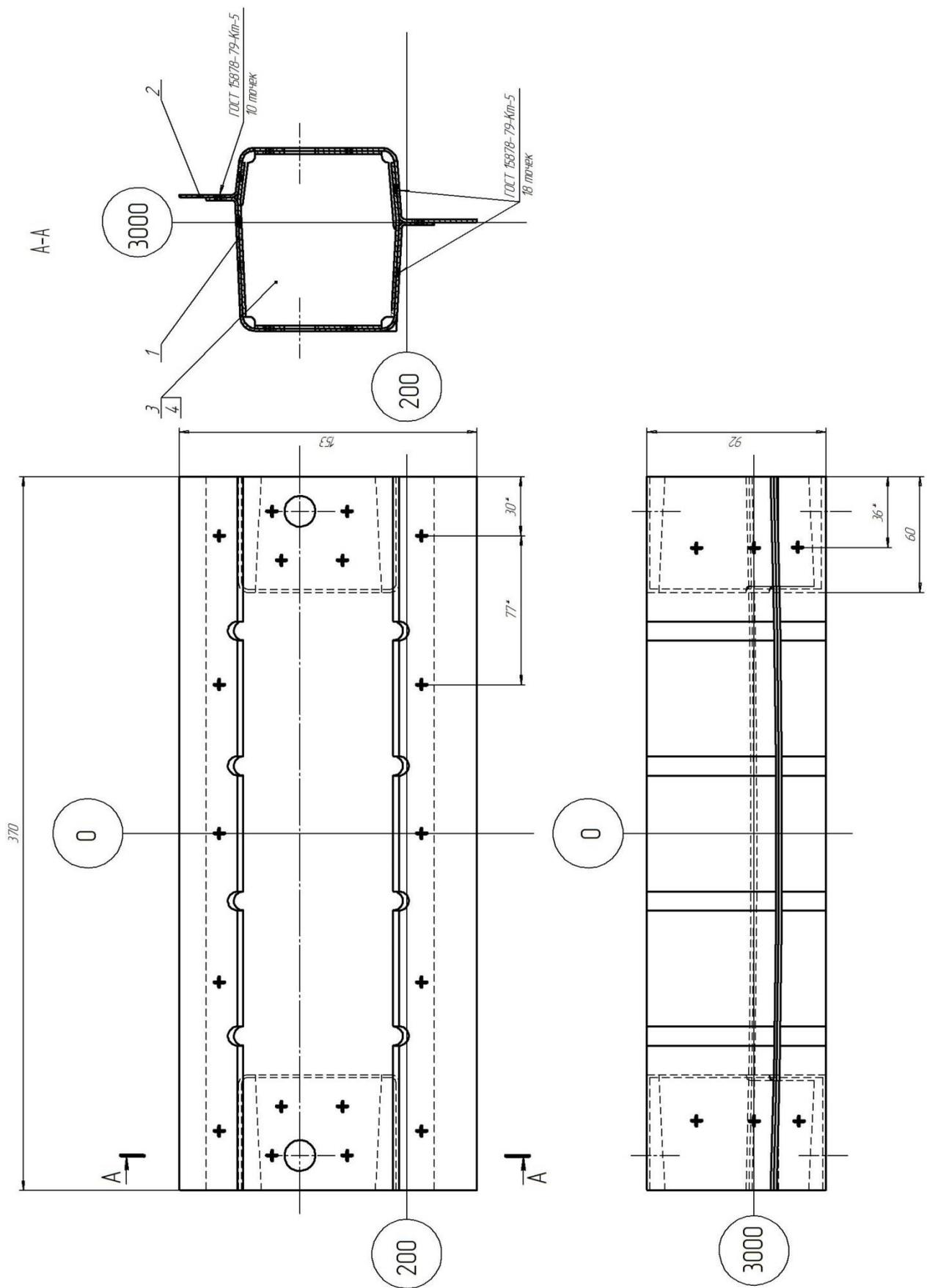


Рисунок 1 – Усилитель поперечины панели задка

Толщина свариваемых деталей составляет 1 мм. Исходя из требований ГОСТ 15878-79 размеры точечно сварного соединения, представленного на рисунке 2, следующие: минимальный диаметр ядра сварной точки – 5 мм, максимальная глубина вмятины – 0,2 мм, глубина проплавления детали должна быть в пределах 0,2...0,8 мм.

Требование к минимальному диаметру ядра сварной точки (5 мм) обусловлено необходимостью получения прочного соединения, прочность контактной точечной сварки зависит от диаметра ядра сварной точки. В соответствии с литературными данными диаметр ядра 5 мм на толщине деталей 1 мм позволяет получить прочность на разрыв не менее 385 Мпа [16], [19], [21].

Требование к глубине вмятины обусловлено тем, что вмятина косвенным образом может свидетельствовать о качестве сварной точки, при величине вмятины более 0,2 мм возможно выдавливание сварной точки и получение непровара.

Глубина проплавления в диапазоне от 0,2 до 0,8 мм обеспечивает необходимую прочность сварной точки. При меньшей глубине проплавления возможно получение непровара, при большей глубине проплавления возможен выплеск сварной точки и катастрофическая потеря её прочности.

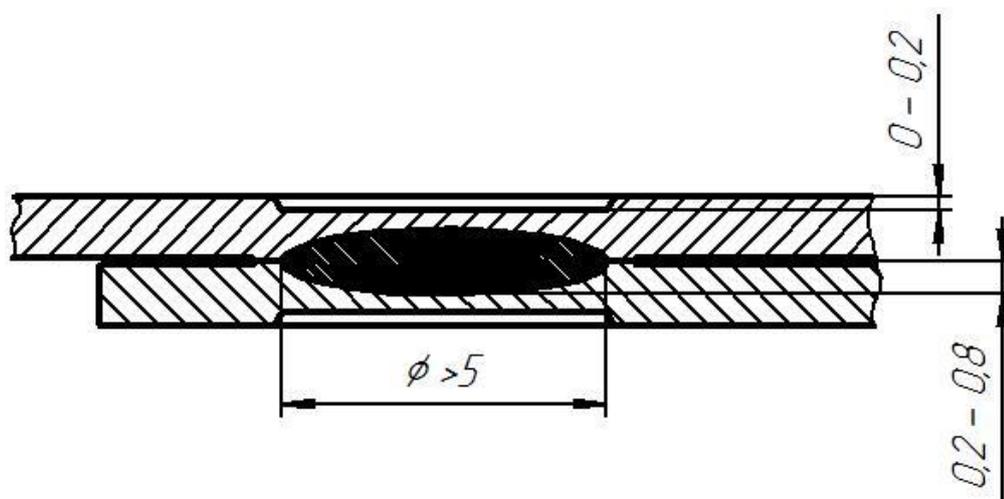


Рисунок 2 – Требования к геометрии сварной точки согласно ГОСТ 15878-79

Автоматизация сварки конкретной детали в условиях массового производства возможна при условии выполнения следующих требований [8].

Первое требование относится к материалу, из которого изготавливается рассматриваемая деталь – материал детали должен хорошо свариваться с применением рассматриваемых способов сварки. Материалом детали служит сталь 08ЮП, которая хорошо сваривается с применением контактной точечной сварки.

Второе требование относится к конструкции изделия, которая должна предусматривать рациональную разбивку на подузлы, которая обеспечивает простоту подвода сварочного инструмента и выполнение сварных соединений. Это требование выполняется.

Третье требование относится к наличию на свариваемой детали ранее приваренных элементов. На рассматриваемой детали ранее приваренных элементов нет, значит данное требование выполняется.

Четвёртое требование относится к особенностям сборки заготовок перед сваркой. Базы фиксации заготовок перед сваркой должны совпадать с базами фиксации при изготовлении деталей и при сборке в узле. Это условие выполняется, конструкция рассматриваемого узла позволяет это сделать.

Пятое требование относится к наличию на лицевых поверхностях сварных соединений, число которых должно быть минимальным. В рассматриваемом узле отсутствуют лицевые поверхности, значит, требование полностью выполняется.

Шестое требование относится к возможности беспрепятственного подвода сварочных электродов к поверхности деталей, угол подвода должен быть не менее 82° . Оптимальным считается угол подвода сварочных электродов, равный 90° . Данное условие применительно к рассматриваемому сварному узлу соблюдено.

Седьмое требование относится к расстоянию. Между сварными точками, которое во избежание шунтирования сварочного тока должно быть не менее задаваемого по ГОСТ 15878-79. Это условие также выполняется.

1.2 Сведения о материале изделия

Элементы рассматриваемого сварного узла изготавливаются из стали 08ЮП. Эта сталь является конструкционной углеродистой качественной, сварка её возможна без ограничений и не требует проведения предварительного подогрева и термической обработки при условии, что толщина свариваемых заготовок не превышает 30 мм. В рассматриваемой детали толщина заготовок составляет 1 м, поэтому предварительного подогрева и последующей термической обработки не требуется.

Сталь 08ЮП применяется при изготовлении кузовных деталей, она хорошо штампуется. Содержание химических элементов в стали 08ЮП приведено в таблице 1. Механические свойства стали 08ЮП представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 08ЮП [14], [15]

C	P	Al	Mn	Si	S
0,07 %	<0,02 %	0,2...0,7 %	0,35 %	0,3 %	<0,02 %

Таблица 2 – Механические свойства стали 08ЮП [14], [15]

твёрдость по Бринеллю	Ударная вязкость, - 40 °С	Относительное сужение	Относительное удлинение при разрыве	Предел текучести	Предел кратковременной прочности
НВ	KCU	γ	δ_5	σ_T	σ_B
1180	73-108 Дж/см ²	60 %	36 %	174 МПа	360 МПа

Рассматриваемая сталь обладает хорошей свариваемостью, поэтому дополнительных мероприятий по повышению свариваемости не предусматривается.

Кроме того, комплекс механических свойств позволяет утверждать, что замены рассматриваемой стали на другую сталь проводить нет целесообразности. При построении проектной технологии автоматической сварки рассматриваемого узла сталь 08ЮП оставим без изменения.

1.3 Базовая технология сборки и сварки узла

Базовая технология сборки и сварки узла предусматривает применение ручной сварки подвесными клещами. На сварочный участок заготовки в оборотной таре поступают со склада. Сварщик вручную берёт каждую заготовку из соответствующей оборотной тары и укладывает её на опорные элементы кондуктора, выполняет фиксацию заготовок при помощи прижимов. Перемещая сварочные клещи, сварщик позиционирует электроды, размещая их над тем местом, где по чертежу должна находиться сварная точка. Далее сварщик нажимает на педаль пуска, происходит автоматическая отработка цикла сварки, который предусматривает сжатие электродов, пропускание сварочного тока, обжатие деталей и разжатие электродов. Параметры режима контактной точечной сварки узла представлены в таблице 3.

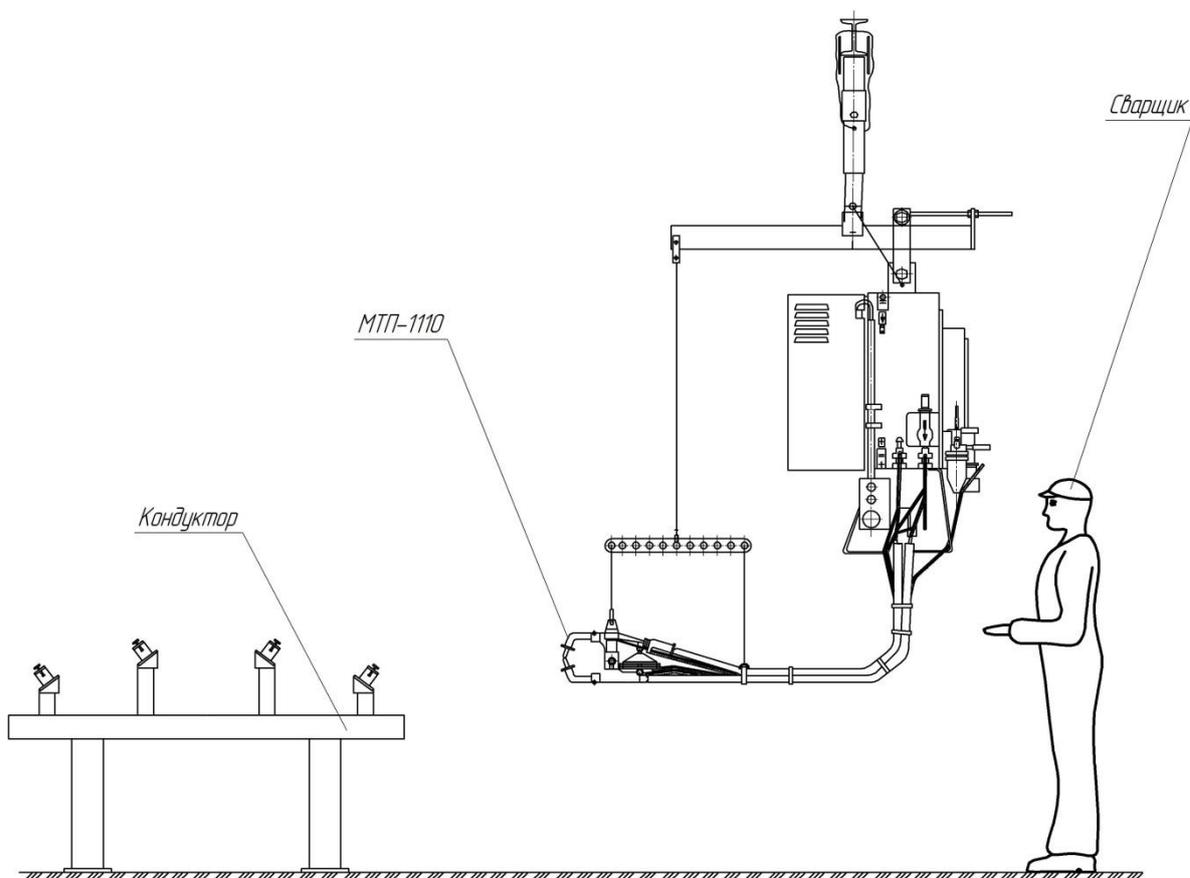


Рисунок 3 – Базовая технология сборки-сварки узла

Таблица 3 – Параметры режима контактной точечной сварки, применяемые при сварке на подвесных клещах деталей толщиной 1+1 мм

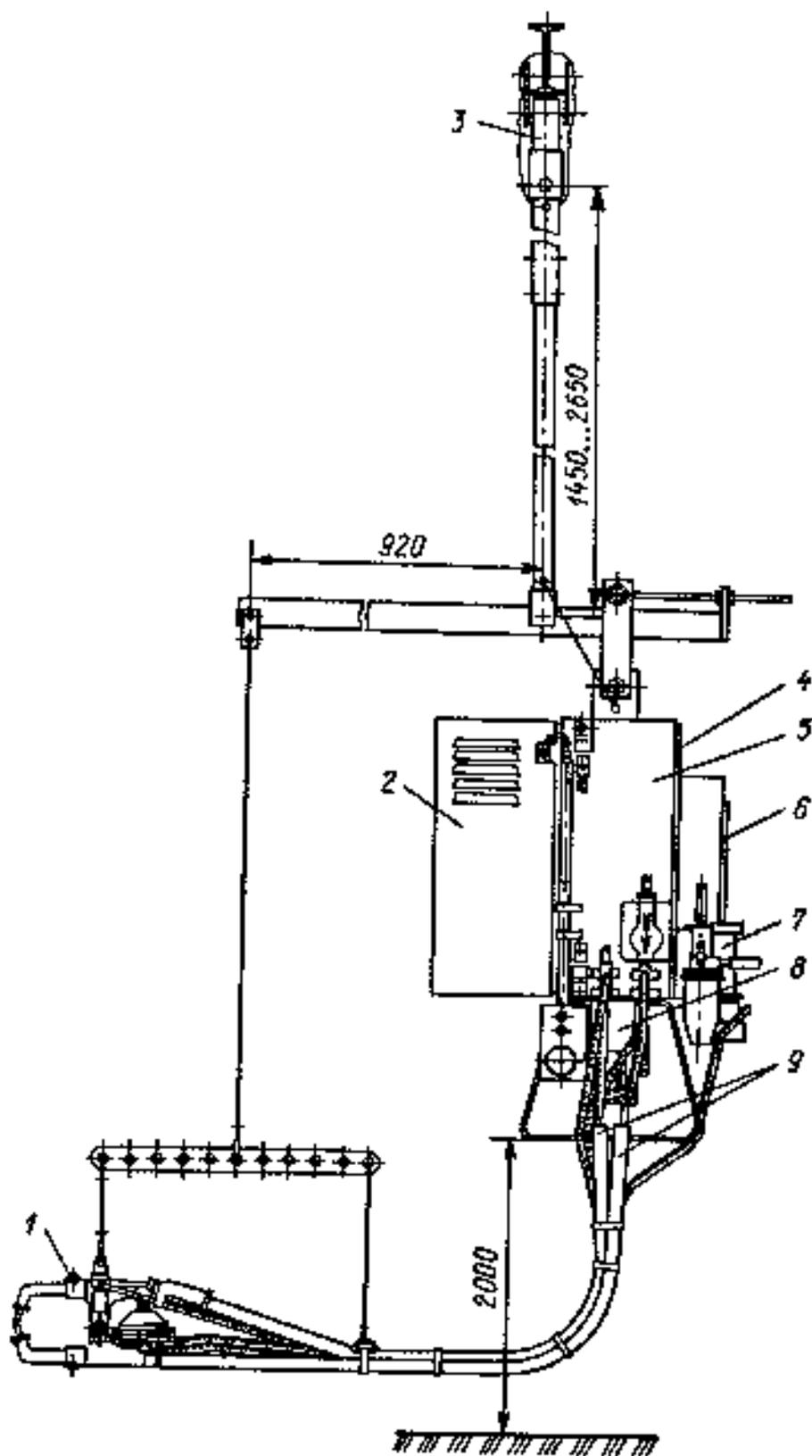
№	Наименование параметра	Значение параметра
1	Диаметр сварочного электрода, мм	5
2	Величина сварочного тока, А	8000
3	Время протекания сварочного тока, сек	0,12...0,14
4	Сварочное давление, кН	2,3...2,8

Таблица 4 – Техническая характеристика подвесных сварочных клещей МТП-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

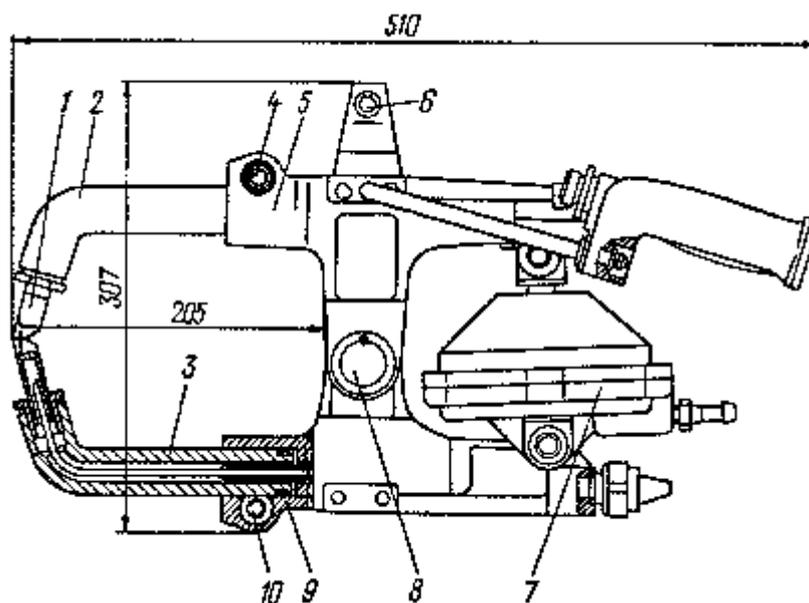
В качестве подвесных сварочных клещей применяются клещи МТП-1110, представленные на рисунке 4. Техническая характеристика клещей МТП-1110 приведена в таблице 4.

В комплекте с подвесной сварочной машиной МТП-1110 идут сами подвесные клещи КТП-8-1, представленные на рисунке 5. В состав клещей КТП-8-1 входят две шарнирно связанных между собой осью 8 верхняя и нижняя клещевины 5 и 9. В гнезда клещевин устанавливаются изогнутые электрододержатели 2 и 3, в которые устанавливаются электроды 1. Крепление электрододержателей в клещевинах происходит при помощи сухарей 10 и болта 4. Клещи позволяют развивать сварочное усилие до 250 даН, которое создаётся за счёт пневматического диафрагменного привода 7. Этот привод является приводом одностороннего действия – рабочий ход обеспечивается давлением сжатого воздуха, а обратный – за счёт установленной внутри пружины. Подвод сварочного тока от трансформатора к клещевинам осуществляется гибкими водоохлаждаемыми токоподводами сечением 200 мм².



1 - Подвесные клещи КТП-8-1; 2 - защитный кожух трансформатора; 3 - подвес; 4 - панель оператора; 5 - сварочный трансформатор; 6 - механизм переключения ступеней трансформатора; 7 - блок подготовки воздуха; 8 - выводные планки трансформатора; 9 - гибкие токоподводы

Рисунок 4 – Машина сварочная типа МТП-1110



1 – сварочные электроды; 2 – верхний электрододержатель; 3 – нижний электрододержатель; 4,10 – фиксирующие сухарь и болт; 5,9 – клещевины; 6 – почка подвеса клещей; 7 – пневматический привод; 8 – ось клещевин

Рисунок 5 – Сварочные клещи типа КТП-8-1

После выполнения контактной точечной сварки проводят визуальный контроль сварных точек. Проверяют наличие сварных точек, которые должны иметь характерное потемнение в месте сварки и вмятину, также на основном металле вокруг места сварки должны присутствовать цвета побежалости. Отсутствие потемнения сварной точки и цветов побежалости вокруг сварной точки косвенным образом позволяют установить подозрительные точки, в которых может наблюдаться непровар. Также проверяется отсутствие прожогов. При визуальном контроле не допускаются прожоги и визуально обнаруживаемые непровары.

Работник бюро технического контроля цеха контролирует каждую сотую деталь, закладывая её в контрольный кондуктор и проверяя геометрию. После этого выполняют контроль сварных точек методом расщепления, помещая зубило между деталями и ударяя по нему молотком. Раскрытие зазора без разрушения сварной точки свидетельствует о качественно выполненном сварном соединении. Кроме того, при проверке

методом расщепления измеряют диаметр сварной точки, который должен быть не менее 5 мм.

После проверки качества прошедшее проверку изделие подрихтовывают и пускают в дальнейшую работу. Если изделие не прошло проверку, следует его забраковать, а также проверить всю партию деталей, выпущенную после предыдущего контроля. Обнаруженные детали с браком изолируются от годных деталей.

Сборку деталей осуществляют на кондукторе, который представляет собой плиту, на которой установлены базирующие опоры и прижимы. Плита с установленными на ней опорами и прижимами устанавливается горизонтально около подвесных сварочных клещей, которые имеют свободный доступ ко всем местам простановки сварных точек. Работа прижимов сборочного приспособления происходит от пневматических цилиндров.

Базовая технология имеет большое количество недостатков. Первым и самым большим недостатком является необходимость проведения сварщиком манипуляций со сварочными клещами. Результатом этого является смещение сварных точек относительно проектного положения. Кроме того, происходит перекус сварочных электродов относительно свариваемых деталей, который вызывает ускоренный износ электродов и образование выплесков. Также из-за перекуса сварочных электродов снижается стабильность качества точечных сварных соединений. Вторым недостатком является низкая производительность, обусловленная тяжёлым трудом сварщика и его быстрой утомляемостью. Третьим недостатком является значительные финансовые затраты на выполнение операций, связанные с тем, что для сварки применяется 6 сварочных постов, на которых работают люди, требующие значительных затрат на обеспечение безопасности труда и заработную плату. Автоматизация процесса позволит устранить этот недостаток и задействовать людей на выполнение более подходящих работ.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель - повышение производительности и качества контактной точечной сварки деталей кузова автомобиля на примере поперечины панели задка автомобиля Лада Нива.

По базовому варианту технологии сварка выполняется вручную с применением подвесных сварочных клещей. Недостатками базовой технологии являются:

- низкая стабильность качества выполняемых сварных соединений (пропуски и смещения точек, выплески и непровары);
- малая производительность сварки;
- значительные финансовые затраты на персонал.

Анализ конструкции сварного узла показал, что автоматизация её сварки возможна и позволит получить положительный экономический эффект. Анализ материала детали позволил установить, что замена материала на другой не требуется.

Достижение поставленной цели возможно при выполнении следующих задач:

- выбор средств автоматизации сборки и сварки рассматриваемого сварного узла;
- построения технологии автоматической сборки и сварки узла;
- проектирование элементов специального сварочного оборудования.

Кроме этого, при выполнении оценочного блока выпускной квалификационной работы следует оценить предлагаемые технологические решения на предмет опасности для производственного персонала и окружающей среды. Также необходимо оценить экономическую эффективность предложенных решений при их внедрении в массовое производство.

2 Проектная технология сборки и сварки поперечины панели задка

2.1 Обоснование выбора схемы автоматизации сборки и сварки узла

Массовое производство деталей кузова автомобиля предусматривает применение высокопроизводительных средств, предусматривающих минимальный процент ручного труда. В настоящее время применяется несколько вариантов построения автоматизированного производства деталей кузова автомобиля [1] [8]. Первым вариантом является сварка на стационарных сварочных машинах с применением автоматических подающих механизмов, схема выполнения которой представлена на рисунке 6. Вторым вариантом предусматривает применение многоэлектродной сварочной машины, схема выполнения представлена на рисунке 7. Третий вариант предусматривает применение промышленного робота, который осуществляет манипулирование закреплёнными на кисти сварочными клещами, схема представлена на рисунке 8. Четвёртый вариант, представленный на рисунке 9, предусматривает позиционирование свариваемых деталей при помощи робота относительно электродов стационарной сварочной машины.

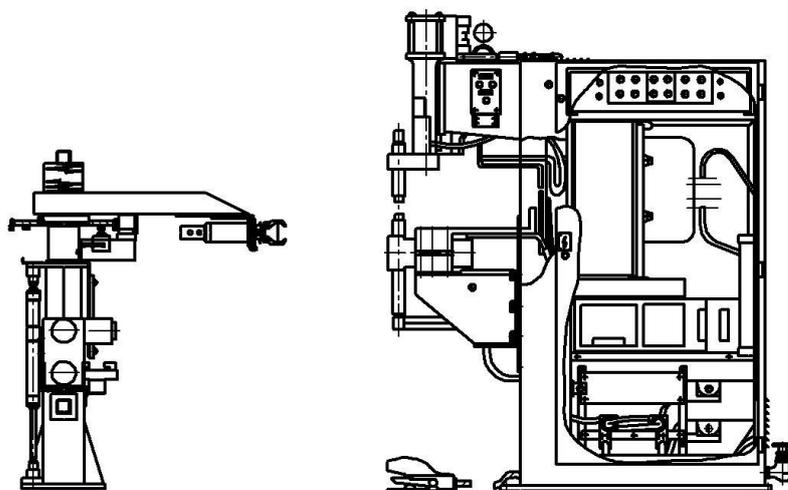


Рисунок 6 – Автоматизация контактной точечной сварки с применением автоматических подающих устройств

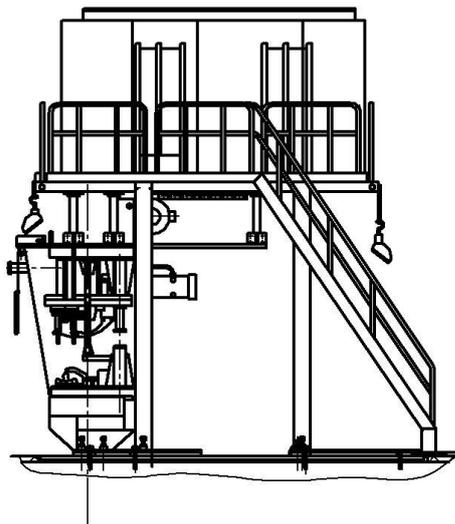


Рисунок 7 – Автоматизация контактной точечной сварки с применением многоэлектродных сварочных машин

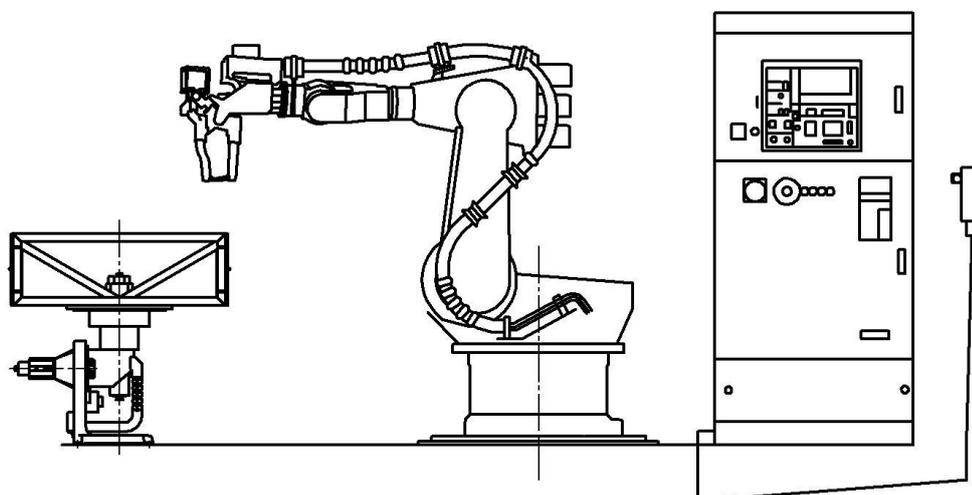


Рисунок 8 – Автоматизация контактной точечной сварки с применением промышленного робота

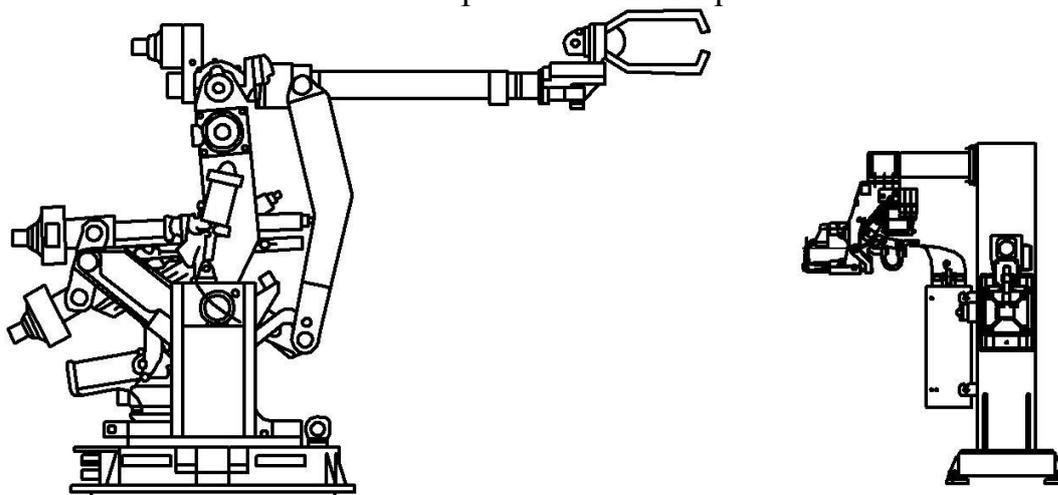


Рисунок 9 – Автоматизация контактной точечной сварки с применением робота-позиционера и стационарной сварочной машины

Применение стационарных машин и автоматических подающих устройств позволяет соединить несколько машин в автоматическую или автоматизированную линию, значительно уменьшив долю ручного труда. В качестве зажимных приспособлений применяются приспособления пневматического или гидравлического типа, позволяющие значительно повысить скорость и автоматизировать фиксирование деталей в ложементх кондуктора. Съём деталей со сварочных машин выполняется автоматическими съёмниками или выталкивателями. При такой схеме организации производства существенно повышается производительность труда и качество выполнения операций по сравнению со сваркой на подвесных сварочных клещах. Также значительно улучшаются условия труда сварщика и снижается травматизм. Недостатком такой схемы построения производства является, во-первых, низкая производительность по сравнению с другими способами автоматизации. Вторым недостатком является сложность выполнения сварки в труднодоступных местах. Третьим недостатком является низкая универсальность оборудования, применяемого для автоматизации сварки, так как оно разрабатывается под конкретную деталь.

Применение многоэлектродных сварочных машин позволяет совместить операции сборки и сварки [2]. Операции загрузки деталей и съёма сваренного узла также выполняются автоматически. Многоэлектродные сварочные машины позволяют получить самую высокую производительность по сравнению с другими способами построения автоматизированного сварочного производства. Кроме того, поскольку делали одновременно зажимаются несколькими сварочными клещами, это существенно повышает точность сборки и простановки сварных точек, а также уменьшает вспомогательное время, затрачиваемое на перепозиционирование сварочных клещей.

Сварка с применением роботов позволяет значительно повысить гибкость производства при переналадке на изготовление новых деталей.

Кроме того, применение сварочных роботов, которые позиционируют сварочные клещи, позволило решить проблему зачистки электродов при сварке оцинкованных сталей. Следует, однако, заметить, что производительность роботизированной сварки несколько ниже, чем производительность сварки с применением многоэлектродных сварочных машин. Также при роботизированной сварке существует проблема износа гибких токоподводов, которые выходят из строя буквально за несколько месяцев работы. Эффективность применения роботизированной сварки может быть получена на деталях с большим (несколько десятков) количеством сварных точек, если узел содержит малое число сварных точек, эффективность роботизации его сварки может вызывать вопросы.

Применение промышленных роботов в качестве позиционеров свариваемых деталей относительно стационарно расположенных сварочных машин позволяет решить проблему износа гибких токоподводов. Также повышение мощности сварочной машины и веса трансформатора не являются проблемой, поскольку сварочная машина расположена стационарно, а все перемещения осуществляется роботом вместе с деталью. В качестве недостатка такого способа построения автоматизированного сварочного производства следует отметить необходимость предварительной простановки нескольких точек, которые должны зафиксировать детали друг относительно друга. В рассматриваемом узле содержится четыре детали, что значительно усложняет его сварку с применением робота в качестве позиционера относительно стационарно расположенной сварочной машины.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждой схемы построения автоматизированного сварочного производства предложим в проектной технологии сварки поперечины панели задка применить многоэлектродную сварочную машину. Для этого необходимо выполнить компоновочную схему многоэлектродной сварочной машины, спроектировать пневматическую схему и электрическую схему.

2.2 Выбор параметров режима сварки

В зависимости от материала и свариваемых толщин применяются различные циклограммы [7], [9]. Для сварки низкоуглеродистых сталей малых толщин может быть применена простейшая циклограмма с прямоугольной формой импульса сварочного тока и сварочного усилия, без предварительного подогрева и термической обработки, без ковочного усилия. Эта циклограмма представлена на рисунке 10.

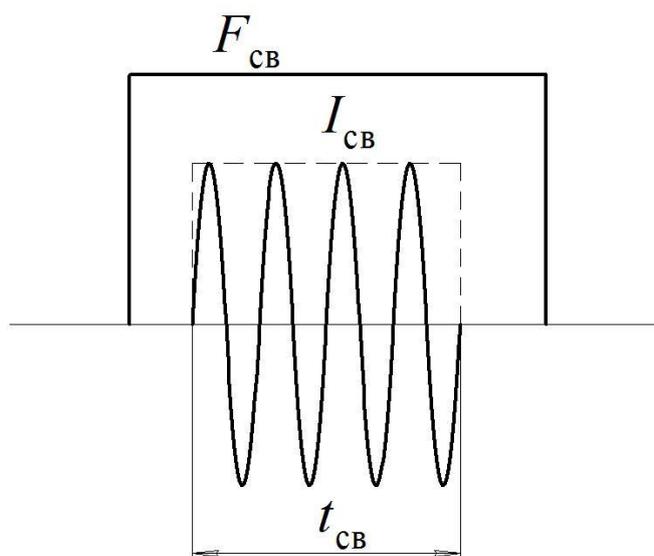


Рисунок 10 –циклограмма контактной точечной сварки низкоуглеродистых сталей малой толщины

Параметрами режима контактной точечной сварки в рассматриваемом случае являются:

- сила сварочного тока I_{CB} , кА;
- усилие на сварочных электродах F_{CB} , кН;
- длительность импульса сварочного тока t_{CB} , с.

На основании литературных данных [7], [9] зададим следующие параметры режима сварки:

- сила сварочного тока $I_{CB} = 9 \dots 10$ кА;
- усилие на сварочных электродах $F_{CB} = 3 \dots 3,4$ кН;
- длительность импульса сварочного тока $t_{CB} = 0,08 \dots 0,10$ с.

2.3 Электрическая схема контактной сварочной машины

Для того, чтобы правильно спроектировать многоэлектродную контактную сварочную машину, необходимо определить с составом электродных групп: количеством и типом сварочных клещей, которые выполняют простановку сварных точек.

Также необходимо определиться с принципом работы многоэлектродной машины («электроматик» или «гидроматик»).

В машинах типа «электроматик» количество сварочных клещей (или пистолетов) соответствует количеству сварных точек, которое выполняется на контактной машине. После закладки заготовок в контактную машину происходит одновременное зажатие деталей сразу всеми клещами (пистолетами). Поочерёдная простановка сварных точек обеспечивается последовательным включением соответствующего сварочного трансформатора.

В машинах типа «гидроматик» после закладки заготовок в оснастку сварочной машины выполняется их зажатие только теми клещами (или пистолетами), которые будут выполнять сварку. При этом напряжение подаётся одновременно на первичную обмотку всех трансформаторов. Таким образом, также обеспечивается поочерёдная простановка сварных точек, но не за счёт последовательного включения сварочных трансформаторов, а за счёт последовательного зажатия сварочными клещами (пистолетами).

Машины типа «гидроматик» имеют более простую электрическую схему по сравнению с машинами типа «электроматик», могут иметь значительно меньше сварочных клещей, так как одни и те же клещи могут выполнять сразу несколько сварных точек. Однако машины типа «электроматик» обеспечивают лучшее качество сварки, так как происходит зажатие детали одновременно всеми сварочными клещами. Также производительность сварки на машинах типа «электроматик» выше, так как не тратится время на сжатие-разжатие-перемещение сварочных клещей.

В проектируемой контактной сварочной машине применим комбинированный принцип построения, сочетающий в себе преимущества схемы «электроматик» и схемы «гидроматик».

Выполняемые точечносварные соединения условно разделим на четыре группы согласно рисунку 11. К первой и второй группам относятся по пять сварных точек, выполненных по отбортовке, это точки каждая сваривается клещами с соответствующим номером от 1 до 10. При этом на один сварочный трансформатор подключают двое сварочных клещей согласно схеме на рисунке 12. Сварка точек № 1..10 происходит на многоэлектродной машине по принципу «электроматик» - сварочные клещи одновременно позиционируются относительно свариваемых деталей и сжимаются. Поочередное включение сварочного тока (подача напряжения на первичную обмотку сварочного трансформатора) происходит за счёт подачи на тиристоры управляющего сигнала с регулятора контактной сварки РКС,

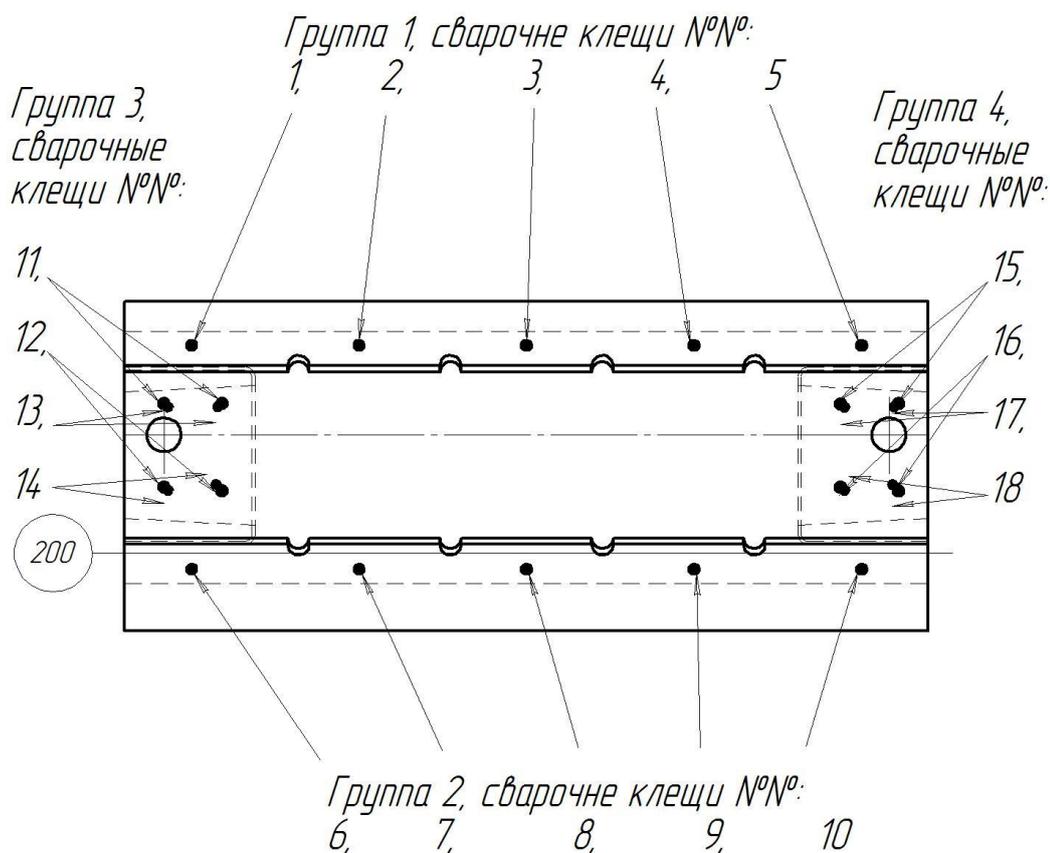


Рисунок 11 – Выполнение сварочных точек на рассматриваемом узле

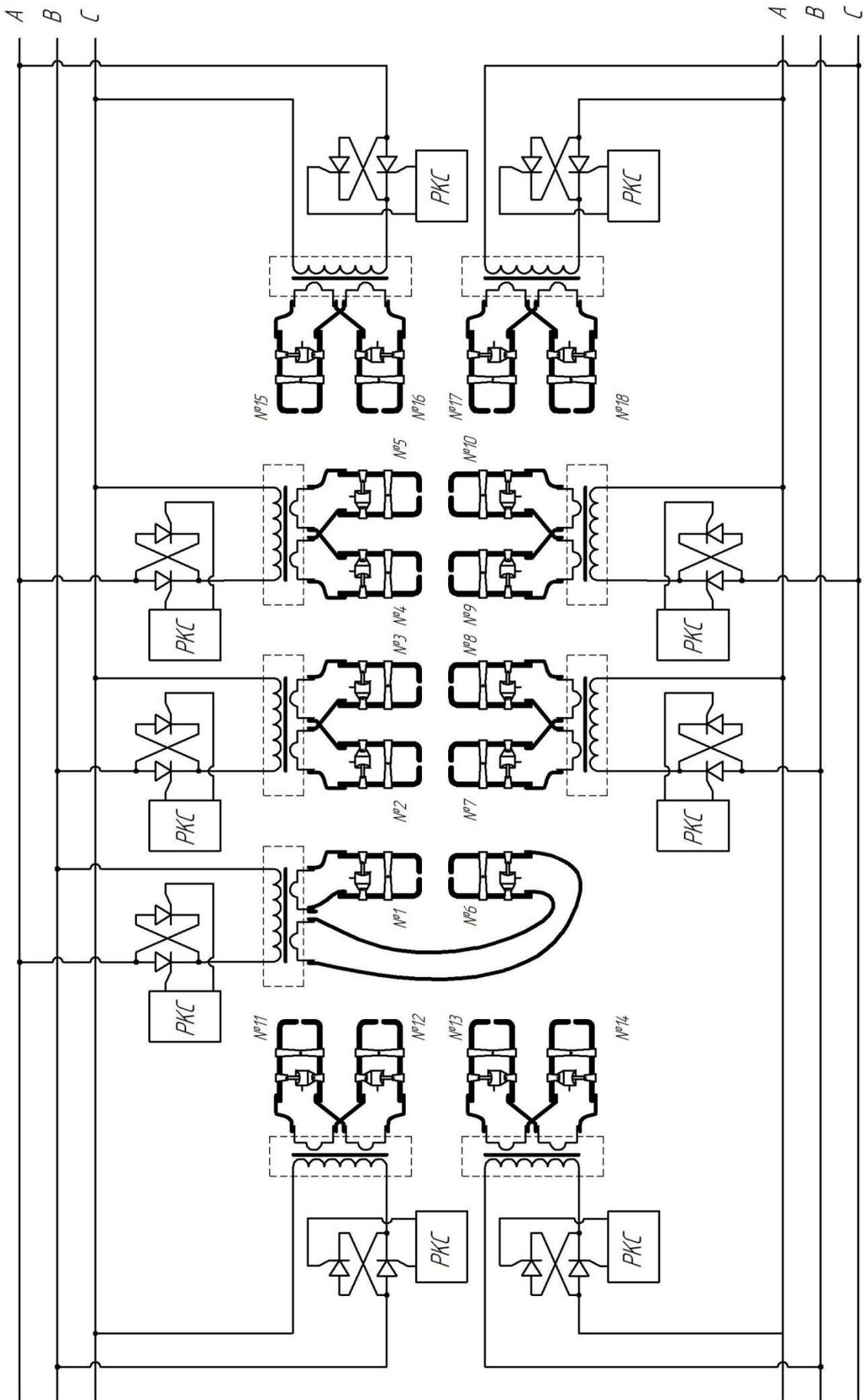


Рисунок 12 – Электрическая схема многоэлектродной сварочной машины

Приварку заглушек выполняем сварочными клещами № 11-14 и № 15-18. Эта часть машины работает по принципу «гидроматик». Сварочные клещи № 11-14 и № 15-18 сначала подводятся к одной сварочной позиции, сжимаются и на них подается сварочный ток. После сварки восьми точек сварочные клещи разжимаются и подводятся к другой сварочной позиции. Производится простановка ещё восьми сварных. После этого доваривается ещё две сварные точки.

2.4 Компоновка многоэлектродной сварочной машины

Проектируемая многоэлектродная сварочная машина содержит 18 типовых сварочных клещей и 9 сварочных трансформаторов. В качестве сварочного трансформатора предложено применить стандартный сварочный трансформатор производства завода «Электрик» ТК-32.07 с двумя вторичными витками. Техническая характеристика сварочных трансформаторов приведена в таблице 5, внешний вид трансформатора представлен на рисунке 13.

Таблица 5 – Технические параметры сварочного трансформатора ТК-32.07 производства завода «Электрик», рекомендованного для построения многоэлектродных сварочных машин [11], [13]

Наименование параметра	Значение
Напряжение первичной обмотки, В	360
Частота тока, Гц	50
Число ступеней регулирования	3
Пределы регулирования вторичного напряжения холостого хода, В	5...7,5
Мощность на номинальной ступени, кВА	150
ПВ, %	3
Ток на номинальной ступени, кА	32
Габаритные размеры, мм	560x160x252
Масса, кг	103

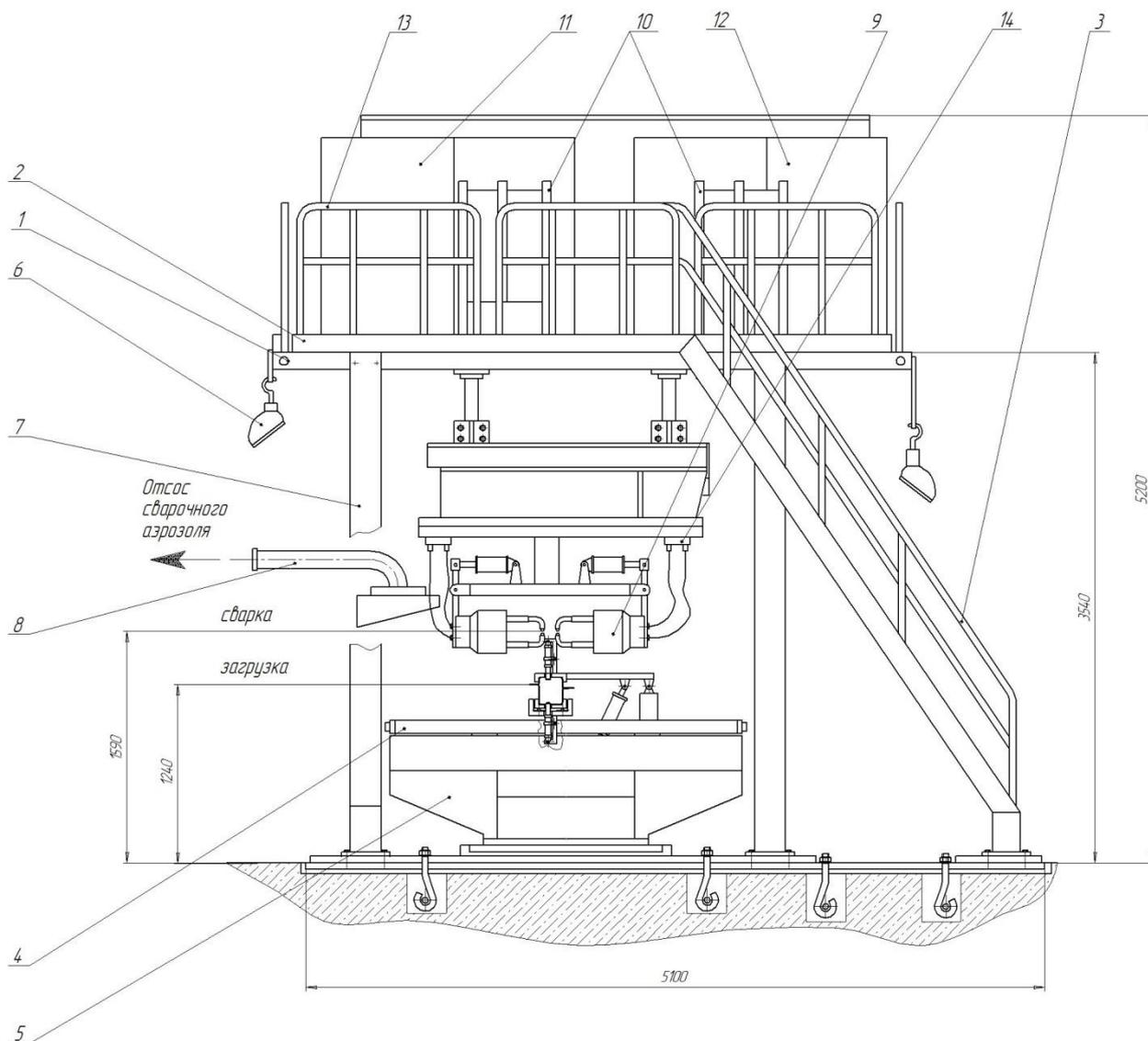


Рисунок 13 – Трансформатор для многоэлектродных контактных сварочных машин ТК-32.07 производства завода «Электрик»

Компоновка элементов многоэлектродной контактной сварочной машины выполняется на базе П-образного прессы НР3672-12 (производства «СИЯКИ»). Внешний вид и составные элементы машины показаны на рисунке 14.

На П-образном сварочном прессе 1 закреплены верхняя и нижняя сварочные оснастки. На антресоли 2 прессы расположены пневмопанель 10, шкаф тиристоров 11, шкаф управления 12. Защита оператора от падения с антресоли осуществляется ограждением 13. Сварочные трансформаторы 14 расположены на верхней оснастке сварочного прессы. Сварочные клещи установлены на каретки, которые перемещаются пневматическими цилиндрами перемещения. На столе подъемном 4 установлена сборочно-сварочная оснастка с ложементами, куда автоматически закладываются свариваемые заготовки. Также в машине предусмотрен автоматический сброс сваренной детали в накопительную тару.

Многоэлектродная контактная сварочная машина оснащена системой дозированной подачи смазки, обеспечивающей автоматическую подачу смазочного материала трущимся деталям машины.



1 – пресс; 2 – антресоль; 3 – лестница; 4 – стол подъёмный; 5 – механизм подъёма; 6 – светильник; 7 – колонна прессы; 8 – зонт вытяжной; 9 – клещи сварочные; 10 – пневмопанель; 11 – шкаф тиристоров; 12 – шкаф управления; 13 – ограждение; 14 – трансформатор сварочный

Рисунок 14 - Компонировочная схема проектируемой многоэлектродной контактной сварочной машины

Многоэлектродная контактная сварочная машина оснащена системой охлаждения, которая обеспечивает подачу токоведущим элементам охлажденной рекуперационной воды, за счёт чего обеспечивается теплоотвод от этих элементов. Охлаждающая вода в систему охлаждения подаётся под давлением 0,4 МПа.

Также контактная машина подключена к магистрали сжатого воздуха давлением 0,6 МПа.

2.5 Технология автоматической сварки с применением многоэлектродной контактной сварочной машины

Технологический процесс автоматизированной контактной сварки с применением многоэлектродной контактной сварочной машины предусматривает последовательное выполнение операций:

- мойка деталей,
- загрузка деталей в приёмные магазины многоэлектродной контактной сварочной машины,
- автоматическая пропановка 18 сварных точек,
- автоматическая доварка 10 сварных точек,
- контроль качества сварки.

Для выполнения мойки деталей применяются механизированные струйные агрегаты, которые установлены в поточной линии производства. Подвешенные на цепи детали поступательно перемещаются, проходя через моечную камеру, в которой подвергаются обработке нагретым до 90 °С моечным 2% раствором кальцинированной соды. После промывки детали просушивают, обдувая сжатым воздухом. Очищенные таким образом детали поступают на последующие операции.

Подготовленные детали в транспортировочной таре поступают на участок сварки. Из транспортировочной тары оператор вручную забирает заготовки и перекладывает их в ячейки подающего приспособления на многоэлектродной сварочной машине. Закладываются: усилитель поперечины панели задка, надаставку усилителя поперечины панели задка, левую и правую заглушки.

Автоматическая пропановка 18 сварных точек происходит после нажатия кнопки «пуск» двурукого включения. Сварочные клещи автоматически позиционируются на каретках, выполняется сжатие сварочных клещей, последовательное включение сварочного тока. Параметры режима сварки приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Параметры режима контактной точечной сварки на многоэлектродной контактной машине

Наименование параметра	Значение параметра
Диаметр сварочного электрода, мм	5
Величина сварочного тока, кА	9...10
Длительность сварочного импульса, сек	0,08...0.10
Усилие на электродах, кН	3...3,4

После автоматической сварки 18 точек сварочные клещи разжимаются, клещи № 1...10 на каретках откатываются и в дальнейшей работе машины участия не принимают. Сварочные клещи № 11...18 при помощи кареток перепозиционируются на место простановки ещё 8 сварных точек. Далее выполняется сжатие этих клещей и автоматическая сварка 8 точек. Параметры режима сварки приведены в таблице 6. После этого сварочные клещи № 14 и № 18 при помощи кареток перепозиционируются и выполняют сварку ещё 2-х сварных точек.

После выполнения 28 сварных точек сварочные клещи полностью разжимаются и на каретках откатываются в крайнее заднее положение. Подъемный стол опускается, срабатывает сбрасыватель, который сбрасывает сваренный узел в накопительную тару. После этого цикл сборки и сварки повторяется.

После выполнения контактной точечной сварки проводят визуальный контроль сварных точек. Проверяют наличие сварных точек, которые должны иметь характерное потемнение в месте сварки и вмятину, также на основном металле вокруг места сварки должны присутствовать цвета побежалости. Отсутствие потемнения сварной точки и цветов побежалости вокруг сварной точки косвенным образом позволяют установить подозрительные точки, в которых может наблюдаться непровар. Также проверяется отсутствие прожогов. При визуальном контроле не допускаются прожоги и визуально обнаруживаемые непровары.

Работник бюро технического контроля цеха контролирует каждую сотую деталь, закладывая её в контрольный кондуктор и проверяя

геометрию. После этого выполняют контроль сварных точек методом расщепления, помещая зубило между деталями и ударяя по нему молотком. Раскрытие зазора без разрушения сварной точки свидетельствует о качественно выполненном сварном соединении. Кроме того, при проверке методом расщепления измеряют диаметр сварной точки, который должен быть не менее 5 мм.

После проверки качества прошедшее проверку изделие подрихтовывают и пускают в дальнейшую работу. Если изделие не прошло проверку, следует его забраковать, а также проверить всю партию деталей, выпущенную после предыдущего контроля. Обнаруженные детали с браком изолируются от годных деталей.

Выводы по второму разделу

В ходе выполнения второго раздела выпускной квалификационной работы решена задача выбора средства автоматизации сборки и сварки рассматриваемого сварного узла. На основании анализа литературных данных предложено использовать многоэлектродную сварочную машину.

Для рассматриваемого сварного узла выполнена компоновочная схема многоэлектродной сварочной машины на базе стандартного сварочного прессы, спроектирована электрическая схема из 9 сварочных трансформаторов и 18 сварочных клещей.

Составлена проектная технология автоматизированной сварки узла с применением многоэлектродной сварочной машины.

Для достижения поставленной цели необходимо идентифицировать опасные и вредные производственные факторы, предложить меры по их устранению [3].

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [5], [10].

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

В настоящей выпускной квалификационной работе составлена проектная технология контактной сварки усилителя поперечины панели задка автомобиля Лада Нива с применением многоэлектродной сварочной машины.

Проектный технологический процесс существенно отличается от базового процесса сборки и сварки. Во-первых, изменились операции согласно карте технологического процесса. Во-вторых, используется оборудование, отличное от оборудования для осуществления базового процесса. В-третьих, изменены параметры режима сварки. Изменение технологического процесса по сравнению с базовым процессом сварки может привести к возникновению новых опасных и вредных производственных факторов, которые скажутся негативно на здоровье персонала и состоянии окружающей среды.

В связи с этим необходимо провести исследования особенностей осуществления проектного технологического процесса, направленные на идентификацию опасных и вредных производственных факторов. Идентификация опасных и вредных производственных факторов, в свою очередь, позволит предложить технологические и организационные мероприятия для устранения негативного влияния этих факторов или уменьшения их влияния до допустимого уровня.

Кроме того, повышение экологической ответственности производственных предприятий делает необходимым проведение дополнительных технологических и организационных мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия производств на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

Таблица 7 – Технологически паспорт объекта

Наименование операции технологического процесса	Наименование должности работника, выполняющего данную операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции
- подготовка поверхности заготовок к сварке	Слесарь-сборщик	- машинка угловая шлифовальная; - щетка металлическая; - камера помывочная	- моющий раствор; - вода техническая; - ветошь
- загрузка заготовок в магазины многоэлектродной машины	Сварщик на автоматических машинах	- многоэлектродная машина для контактной сварки; - приёмные магазины-накопители	- сжатый воздух
- автоматическая сборка и сварка деталей кузова автомобиля	Сварщик на автоматических машинах	- многоэлектродная машина для контактной сварки; - сборочный кондуктор	- сжатый воздух; - вода техническая
- контроль качества сварки	Дефектоскопист	- дефектоскоп; - лупа; - штангенциркуль; - зубило; - молоток	- машинное масло

Анализ данных в таблице 7 позволяет в дальнейшем провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Проведение идентификации профессиональных рисков при реализации проектной технологии делает необходимым выявление и анализ опасных и вредных производственных факторов. Эксплуатация технологического оборудования приводит к возникновению опасных и вредных производственных факторов, которые для удобства сведены в таблицу 8. Эти факторы приводят к возникновению производственных травм и развитию у работников профессиональных заболеваний.

Таблица 8 – Идентификация профессиональных рисков при реализации проектной технологии

Наименование операции технологического процесса	Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Оборудование или иные объекты, становящиеся причиной возникновения опасного или вредного производственного фактора
- подготовка поверхности заготовок к сварке	- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- острые края сварочного оборудования; - острые края свариваемых заготовок - питающая электрическая сеть
- загрузка заготовок в магазины многоэлектродной машины	- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - механические взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования; - превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- острые края сварочного оборудования; - острые края свариваемых заготовок - питающая электрическая сеть
- автоматическая сборка и сварка деталей кузова автомобиля	- механические взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования; - превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - нагрев поверхности деталей до высоких температур; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- острые края сварочного оборудования; - острые края свариваемых заготовок - питающая электрическая сеть
- контроль качества сварки	- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока - ультразвуковое излучение	- острые края сварочного оборудования; - острые края свариваемых заготовок - питающая электрическая сеть; - ультразвуковой дефектоскоп

На основании проведённой идентификации профессиональных рисков выделены негативные производственные факторы.

3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков

Таблица 9 – Технологические и организационные мероприятия по снижению профессиональных рисков

Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Наименование технологического или организационного мероприятия по снижению профессиональных рисков	Применяемые средства индивидуальной защиты
- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности	спецодежда
- механические взаимодействия с массивными движущимися частями технологического оборудования	- монтаж ограждений для ограничения попаданий работников в опасную зону, где они могут столкнуться с движущимися частями оборудования; - оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами	спецодежда
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам	- организация местного удаления загрязнённого воздуха рабочей зоны; - устройство общеобменной вентиляции для поступления чистого воздуха в рабочую зону	средства индивидуальной защиты дыхательных путей
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- оснащение технологического оборудования защитным заземлением и устройствами защитного отключения; - периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - проведение периодических замеров сопротивления изоляции и заземления	спецодежда
- нагрев поверхности деталей до высоких температур	- периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - повышение уровня автоматизации основных и вспомогательных операций	спецодежда
- ультразвуковое излучение	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - ограничение длительности воздействия вредного фактора на персонал	спецодежда

Ранее была выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, совокупное или раздельное действие которых приводит к возникновению профессиональных рисков.

Анализ этих факторов позволяет предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

Внедряемые на предприятии технологические и организационные мероприятия представлены в таблице 4. Как видно из этой таблицы, предлагаемые мероприятия имеют стандартное исполнение, разработка специализированных средств защиты не требуется.

Предлагаемые в работе меры позволяют значительно снизить травматизм персонала при выполнении проектной технологии. Также значительно уменьшается вероятность появления у персонала профессиональных заболеваний.

Следует учитывать, что после внедрения в производство предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений не только возникнут опасные и вредные производственные факторы.

Производственное предприятие постоянно подвергается риску возникновения пожаров, которые могут причинить вред работникам и имуществу предприятия. Кроме того, работа предприятия сопровождается отрицательным воздействием на окружающую среду, загрязнением атмосферы, гидросферы и литосферы.

Поэтому в следующей части экологического раздела следует рассмотреть мероприятия по обеспечению пожарной безопасности и экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

При реализации проектной технологии существует риск подвергания персонала и имущества предприятия опасным факторам пожара. Для того, чтобы предложить меры защиты от пожара, следует, во-первых, разработать мероприятия против возникновения пожара, во-вторых, предусмотреть средства для устранения пожара.

Идентификация опасных факторов при возникновении на предприятии пожара представлена в таблице 10. На основании анализа этих опасных факторов предложены технологические решения по обеспечению пожарной безопасности, представленные в таблице 11

Таблица 10 – Определение класса пожара и идентификация опасных факторов

Обозначение производственного участка	Перечень имеющегося на участке оборудования	Классификация пожара по виду горящего вещества	Перечень опасных факторов, возникающих при пожаре	Перечень вторичных опасных факторов, возникающих при пожаре
Участок автоматической сборки и сварки кузовных деталей автомобиля	Многоэлектродная сварочная машина, вспомогательное оборудование, масляная станция, компрессорная станция	«пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [3]	«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» [3].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [3].

Таблица 11 – Перечень технических средств, обеспечивающих пожарную безопасность

«Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)	Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости	Средства пожарной автоматики	Нет необходимости	Пожарное оборудование	Пожарный кран	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	План эвакуации	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
														Кнопка оповещения» [3]

Таблица 12 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок автоматической сборки и сварки кузовных деталей автомобиля	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [3].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [3].

Для того, чтобы обеспечить защиту персонала и имущества предприятия от возможного пожара, предусмотрены мероприятия, перечисленные в таблице 12.

3.5 Обеспечение экологической безопасности производства

Таблица 13 – Негативные факторы, влияющие на окружающую среду, возникающие при реализации проектного технологического процесса

Наименование технологического процесса	Перечень операций технологического процесса	Негативные факторы, влияющие		
		на атмосферу	на гидросферу	на литосферу
Автоматическая контактная сварка с применением многоэлектродных машин	- подготовка - сборка - сварка - контроль качества	выделение в атмосферу частиц и газов при работе технологического оборудования	попадание в воду машинного масла	загрязнение литосферы бытовым мусором, частицами упаковки, отходами производства

Таблица 14 – Технологические и организационные мероприятия по защите окружающей среды от выявленных вредных экологических факторов

Наименование технического объекта	Автоматическая сборка и сварка на многоэлектродной машине
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на атмосферу	Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на гидросферу	Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на литосферу	На участке выполнения сварки необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора.

Осуществление проектного технологического процесса приводит к возникновению не только опасных и вредных производственных факторов, но и значительно ухудшает экологическую обстановку из-за отрицательного воздействия на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу). В ходе выполнения настоящего раздела необходимо провести идентификацию вредных экологических факторов, которые возникают при реализации проектной технологии согласно таблице 13. По результатам идентификации вредных экологических факторов, действующих на атмосферу, гидросферу и литосферу, необходимо предложить мероприятия по защите от них, представленные в таблице 14.

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы предусматривает проведение поиска и анализа опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектной технологии сборки и сварки изделия.

В проектной технологии применяется автоматическая сборки и сварка с применением многоэлектродных машин, внедрение которых в производство изменило технологический процесс. Анализ этого процесса позволил идентифицировать опасные и вредные факторы, выделить особенности их влияния на персонал и окружающую среду. По результатам проведённых работ предложены технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить негативное действие выявленных опасных и вредных производственных факторов.

Также в разделе предложены мероприятия по защите рабочего персонала и предприятия от возникающих пожаров, что выполнено путём идентификации опасных факторов пожара и назначения способов устранения этих факторов. Предложены стандартные средства и мероприятия по устранению опасности возникновения пожара и тушению пожара, если он произошёл.

При оценке экологичности проектного технологического процесса рассмотрены отрицательные воздействия результатов проведения процесса на окружающую среду – атмосферу, гидросферу и литосферу. Предложенные в разделе мероприятия позволяют выполнить экологические требования, предъявляемые предприятию со стороны природоохранных организаций.

Установлено, что устранение опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектного технологического процесса, может быть осуществлено с применением стандартных средств и методик защиты.

4 Экономическое обоснование предлагаемых решений

4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности контактной сварки деталей кузова автомобиля с применением специализированного сварочного оборудования.

По базовому варианту технологии сварка выполняется вручную с применением подвесных сварочных клещей. Недостатками базовой технологии являются:

- низкая стабильность качества выполняемых сварных соединений (пропуски и смещения точек, выплески и непровары);
- малая производительность сварки;
- значительные финансовые затраты на персонал.

Анализ конструкции сварного узла показал, что автоматизация её сварки возможна и позволит получить положительный экономический эффект. Анализ материала детали позволил установить, что замена материала на другой не требуется.

Составлена проектная технология автоматизированной сварки узла с применением многоэлектродной сварочной машины.

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [5], [10].

В таблицу 15 сведены данные по базовому и проектному вариантам технологии, которые позволят провести экономические расчёты и обосновать применение предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.

В ходе расчётов следует провести оценку фонда времени работы оборудования, заводской себестоимости по базовому и проектному вариантам, рассчитать капитальные затраты и экономические показатели.

Таблица 15 – Данные по базовой и проектной технологиям для выполнения экономических расчётов

Наименование параметра экономической характеристики	Условное обозначение в расчётах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	2	2
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	200	200
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$C_{об}$	руб.	2000 тыс.	10000 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	100	500
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$C_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
Коэффициент полезного действия	КПД	-	0,7	0,7
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	м ²	40	100
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/м ²)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$C_{пл}$	Р/м ²	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [10]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

На основании данных в таблице 15 рассчитаем экономические показатели для базового и проектного варианта технологического процесса.

4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования

При осуществлении проектного и базового варианта технологического процесса затрачивается время, в течение которого эксплуатируется технологическое оборудование и выполняет свои функции рабочий персонал, получающий заработную плату. Также фонд времени работы оборудования будет влиять на величину расходов на производственные площади и амортизацию оборудования.

Базовый и проектный вариант технологии предусматривает расходование одинакового фонда времени, который и рассчитаем в настоящем разделе. Суммарное количество в календарном году рабочих дней задаётся как $D_p = 277$ дней. В рабочие дни продолжительность смены составляет $T_{см} = 8$ часов. В предпраздничные дни продолжительность рабочей смены уменьшается на один час. В настоящей выпускной квалификационной работе количество рабочих смен по базовому и проектному вариантам технологии составляет $K_{см} = 2$. С учётом вышеперечисленных данных выполним расчёт фонда времени по формуле:

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_n \cdot T_n) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $F_n = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418$ ч.

При расчётах следует запланировать потери рабочего времени, которые составляют $B = 7$ %, таким образом, эффективный фонд рабочего времени уменьшится на 7%:

$$F_э = F_n (1 - B/100). \quad (2)$$

После подстановки получаем: $F_э = 4418 \cdot (1 - 7/100) = 4108$ ч.

Полученная величина фонда времени работы технологического оборудования будет использована при дальнейших экономических расчётах.

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время по проектному и базовому вариантам технологии определяет расходование фонда времени работы оборудования на одно изделие. Значение штучного времени для вариантов технологии задаём с использованием нормирования труда и данных технологических карт.

Штучное время включает в себя затраты времени на выполнение основных технологических операций (машинное время $t_{\text{маш}}$), выполнение вспомогательных операций технологического процесса (вспомогательное время $t_{\text{всп}}$), обслуживание рабочего места и оборудования (время обслуживания $t_{\text{обсл}}$), личный отдых работников (время отдыха $t_{\text{отд}}$), подготовку и окончание работы (подготовительно-заключительное время $t_{\text{п-з}}$):

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТД}} + t_{\text{П-З}}. \quad (3)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$t_{\text{шт.баз}} = 0,07 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,085 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,009 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,011 \text{ ч.}$$

Расчёт годовой программы выпуска изделий проводим в соответствии с рассчитанными ранее фондом времени работы оборудования и штучного времени для проектного и базового вариантов технологического процесса:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$П_{\Gamma.\text{баз.}} = 4108 / 0,085 = 48329 \text{ за год};$$

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 4108 / 0,011 = 373454 \text{ за год.}$$

Дальнейшие экономические расчёты проводим исходя из годовой программы для базового и проектного вариантов технологии $Пг = 40$ тыс. деталей за год.

Расчёт необходимого количества технологического оборудования выполним с учётом коэффициента выполнения нормы $K_{вн} = 1,03$:

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot Пг / (F_3 \cdot K_{вн}). \quad (5)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{0,085 \cdot 40000}{4108 \cdot 1,03} = 0,8$$

$$n_{РАСЧ.ПР} = \frac{0,011 \cdot 40000}{4108 \cdot 1,03} = 0,2$$

Для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии принимаем количество оборудования $n=1$. Далее выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр}. \quad (6)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $Kзб = 0,8/1 = 0,8$; $Kзп = 0,2/1 = 0,2$.

Полученные коэффициенты загрузки будут использованы далее.

4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии

Выполнение контактной точечной сварки предполагает расходование материалов, к которым следует отнести сварочные электроды, сжатый воздух и техническую воду. Затраты на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов H_p , цены материалов $Ц_m$ и коэффициента $K_{т-з}$ транспортно-заготовительных расходов по формуле:

$$M = Ц_m \cdot H_p \cdot K_{т-з}, \quad (7)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{\text{мб}} = Z_{\text{мпр}} = 2,5 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$ рассчитывается с учётом ранее определённого штучного времени $t_{\text{шт}}$ и часовой тарифной ставки $C_{\text{ч}}$ с учётом коэффициента $K_{\text{д}}$ доплат к заработной плате:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 0,085 \cdot 200 \cdot 1,88 = 31,96 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 0,011 \cdot 200 \cdot 1,88 = 4,14 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата $Z_{\text{доп}}$ рассчитывается с учётом коэффициента дополнительных доплат $K_{\text{доп}}$ по ранее определённому значению основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 31,96 \cdot 12 / 100 = 3,84 \text{ рублей;}$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 4,14 \cdot 12 / 100 = 0,50 \text{ рублей.}$$

Размер фонда заработной платы $\Phi ЗП$ рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$:

$$\Phi ЗП_{\text{базов..}} = 31,96 + 3,84 = 35,80 \text{ рублей;}$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 4,14 + 0,50 = 4,64 \text{ рублей.}$$

Отчисления на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ рассчитываются исходя из ранее определённого объёма фонда заработной платы по проектному и базовому вариантам технологии с учётом коэффициента $K_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды по формуле:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$O_{\text{сн баз.}} = 35,80 \cdot 34 / 100 = 12,17 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{сн проектн.}} = 4,64 \cdot 34 / 100 = 1,58 \text{ руб.}$$

Для вычисления затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ необходимо определить амортизационные отчисления $A_{\text{об}}$ и затраты на электрическую энергию $P_{\text{эз}}$:

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

Амортизационные отчисления рассчитываются исходя из нормы амортизации H_a , эффективного фонда времени $F_{\text{э}}$, цены оборудования $C_{\text{об}}$ и машинного времени $t_{\text{маш}}$ с использованием формулы:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_a \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}. \quad (12)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$A_{\text{об. баз.}} = 200000 \cdot 21,5 \cdot 0,07 / 4108 / 100 = 7,33 \text{ руб.},$$

$$A_{\text{об. пр.}} = 1000000 \cdot 21,5 \cdot 0,009 / 4108 / 100 = 4,71 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на электрическую энергию, необходимую для операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам проводим с учётом цены электрической энергии $C_{\text{эз}}$, установленной мощности оборудования $M_{\text{уст}}$ и коэффициента полезного действия КПД оборудования с использованием формулы:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$P_{\text{эз баз}} = 100 \cdot 0,07 \cdot 3,2 / 0,7 = 17,5 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{эп пр}} = 500 \cdot 0,009 \cdot 3,2 / 0,7 = 11,25 \text{ руб.}$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Зоб_{\text{баз.}} = 7,33 + 17,5 = 24,85 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 4,71 + 11,25 = 15,96 \text{ рублей}$$

Вычисление технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$ проводим по ранее определённым затратам на фонд заработной платы $\Phi ЗП$, материалы M , оборудование $З_{\text{об}}$ и отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сс}} + З_{\text{ОБ}} \quad (14)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 35,80 + 12,17 + 24,85 + 2,89 = 75,71 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 4,64 + 1,58 + 15,96 + 0,95 = 23,13 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ вычислим с учётом ранее определённого значения технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $З_{\text{осн}}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 75,71 + 1,5 \cdot 31,96 = 75,71 + 47,94 = 123,65 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 23,13 + 1,5 \cdot 4,14 = 23,13 + 6,21 = 29,34 \text{ руб.}$$

Расчёт заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ проводим с учётом ранее определённого значения цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, основной заработной платы $З_{\text{осн}}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента заводских расходов $K_{\text{зав}}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{ЗАВБаз.} = 123,65 + 1,15 \cdot 31,96 = 123,65 + 36,75 = 160,40 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 29,34 + 1,15 \cdot 4,14 = 29,34 + 4,76 = 34,10 \text{ руб.}$$

Сводные данные, которые используются для расчёта заводской себестоимости по проектному и базовому вариантам технологии, представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Исходные данные и расчёт заводской себестоимости

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
«Фонд заработной платы	ФЗП	35,80	4,64
Отчисления на соц. нужды	О _{СН}	12,17	1,58
Затраты на оборудование	Зоб	24,85	15,96
Затраты на площади	Зпл	2,89	0,95
Себестоимость технологич.	Стех	75,71	23,13
Расходы цеховые	Рцех	47,94	6,21
Себестоимость цеховая	Сцех	123,65	29,34
Расходы заводские	Рзав	36,75	4,76
Себестоимость заводская» [10]	С _{ЗАВ}	160,40	34,10

На основании данных в таблице 16 можно выполнить предварительную оценку эффективности предлагаемых технологических решений. Проектная технология характеризуется меньшими по сравнению с базовым вариантом технологической себестоимостью, цеховой себестоимостью и заводской себестоимостью.

4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

Вычисление капитальных затрат $K_{\text{общ. б.}}$ при реализации базового варианта технологии выполняем с использованием ранее рассчитанного

коэффициента загрузки оборудования $K_{з.б.}$ и стоимости оборудования $Ц_{об.б.}$, которые были определены для базового варианта технологии:

$$K_{общ. б.} = Ц_{ОБ.Б} \cdot K_{з.б.} \quad (17)$$

Расчёт остаточной стоимости оборудования, которое применялось для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, проводим с учётом срока его службы T_c , рыночной стоимости оборудования $Ц_{перв}$ и нормы амортизации H_a :

$$Ц_{об.б.} = Ц_{ПЕРВ} - (Ц_{ПЕРВ} \cdot T_{сл} \cdot H_a / 100). \quad (18)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Ц_{ОБ.Баз.} = 2000000 - (2000000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 710000 \text{ руб.};$$

$$K_{ОБЩБаз.} = 1 \cdot 710000 \cdot 0,8 = 568000 \text{ руб.}$$

Величина капитальных затрат $K_{общ. пр.}$ на осуществление технологии по проектному варианту определяется с учётом затрат на производственные площади $K_{пл. пр.}$, сопутствующих затрат $K_{соп}$ и затрат на оборудование $K_{об. пр.}$:

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

Величина капитальных вложений в оборудование $K_{об. пр.}$ рассчитывается по цене оборудования $Ц_{об. пр.}$ с учётом коэффициента загрузки оборудования $K_{зп}$ и коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{об. пр.} = 10000000 \cdot 1,05 \cdot 0,2 = 2100000 \text{ руб.}$$

Величина сопутствующих капитальных затрат $K_{соп}$ при реализации проектной технологии может быть рассчитана с учётом расходов $K_{монт}$ на

монтаж оборудования для выполнения операций по проектной технологии и расходов $K_{\text{дем}}$ на демонтаж оборудования для выполнения операций по базовой технологии:

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

Величина затрат на демонтаж $K_{\text{дем}}$ и монтаж $K_{\text{монт}}$ оборудования вычисляется с учётом стоимости оборудования по базовому и проектному вариантам технологии из таблицы исходных значений:

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{\text{дем}} = 1 \cdot 2000000 \cdot 0,05 = 100000 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{соп}} = 100000 + 500000 = 600000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общ. пр.}} = 2100000 + 1800000 + 600000 = 4500000 \text{ руб.}$$

Объём дополнительных капитальных затрат для организации производства по осуществлению проектного варианта технологии вычисляем как:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{\text{доп}} = 45000000 - 568000 = 3932000 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения $K_{\text{уд}}$ для базового и проектного вариантов технологического процесса рассчитываем с учётом величины годовой программы Π_{Γ} как:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{\Pi_{\Gamma}}, \quad (25)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{удБаз.} = 568000/40000 = 14,2 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн.} = 2100000/40000 = 52,5 \text{ руб./ед.}$$

Полученные расчётные значения удельных капитальных вложений по базовому и проектному вариантам применим в дальнейших расчётах.

4.6 Расчёт показателей экономической эффективности

Снижение трудоёмкости $\Delta t_{шт.}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса вычисляется по штучному времени по базовому варианту технологии $t_{шт.б.}$ и штучному времени по проектному варианту технологии $t_{шт.пр.}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta t_{шт.} = \frac{0,085 - 0,011}{0,085} \cdot 100\% = 87\%$$

Повышение производительности труда Π_T , которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по рассчитанному ранее снижению трудоёмкости $\Delta t_{шт.}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 87}{100 - 87} = 670\%$$

Снижение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по ранее определённым технологической себестоимости базового и проектного вариантов:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (75,71 - 23,13) \cdot 100\% / 75,71 = 69,4 \text{ \%}.$$

Условно-годовая экономия (ожидаемая прибыль) рассчитывается согласно:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} . \quad (29)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (160,40 - 34,10) \cdot 40000 = 5052000 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем как:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уГ}}} . \quad (30)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$T_{\text{ок}} = 3932000 / 5052000 = 0,7 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект Э_{Γ} , который получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется как

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{уГ}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $\text{Э}_{\Gamma} = 5052000 - 0,33 \cdot 3932000 = 3754440 \text{ руб.}$

Таким образом, рассчитанный экономический эффект составляет порядка 3,8 млн. рублей в год.

Выводы по экономическому разделу

По базовому варианту технологии сварка выполняется вручную с применением подвесных сварочных клещей. Недостатками базовой технологии являются:

- низкая стабильность качества выполняемых сварных соединений (пропуски и смещения точек, выплески и непровары);
- малая производительность сварки;
- значительные финансовые затраты на персонал.

Анализ конструкции сварного узла показал, что автоматизация её сварки возможна и позволит получить положительный экономический эффект. Анализ материала детали позволил установить, что замена материала на другой не требуется.

Составлена проектная технология автоматизированной сварки узла с применением многоэлектродной сварочной машины.

В ходе проведения экономических расчётов установлено, что трудоёмкость выполнения операций технологического процесса уменьшилась на 87 %, а производительность труда увеличилась 670 %. За счёт снижения сопутствующих расходов и расходов на заработную плату технологическая себестоимость уменьшается на 69,4 %. Условно-годовая экономия при реализации проектного варианта технологии составляет 5,05 млн. рублей.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 3,75 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,7 года.

Заключение

Цель настоящей выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества контактной точечной сварки деталей кузова автомобиля на примере поперечины панели задка автомобиля Лада Нива.

По базовому варианту технологии сварка выполняется вручную с применением подвесных сварочных клещей. Недостатками базовой технологии являются:

- низкая стабильность качества выполняемых сварных соединений (пропуски и смещения точек, выплески и непровары);
- малая производительность сварки;
- значительные финансовые затраты на персонал.

Анализ конструкции сварного узла показал, что автоматизация её сварки возможна и позволит получить положительный экономический эффект. Анализ материала детали позволил установить, что замена материала на другой не требуется.

Для рассматриваемого сварного узла выполнена компоновочная схема многоэлектродной сварочной машины на базе стандартного сварочного пресса, спроектирована электрическая схема из 9 сварочных трансформаторов и 18 сварочных клещей.

Составлена проектная технология автоматизированной сварки узла с применением многоэлектродной сварочной машины.

Изучение особенностей технологического процесса автоматической сборки и сварки изделия позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы.

Внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 3,75 млн. рублей.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель достигнутой.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Банов М. Д. Технология и оборудование контактной сварки: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. М. : Издательский центр «Академия», 2005. 224 с.
2. Бердичевский А. Е. Многоэлектродные машины для контактной сварки. Л. : Энергоатомиздат, 1984. 218 с.
3. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИИ, 2000. 68 с.
4. ГОСТ 15878-79. Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы и размеры. М.: Издательство стандартов, 1979. 9 с.
5. Грачева К. А. Экономика, организация и планирование сварочного производства: учебное пособие для студентов вызов, обучающихся по специальности "Оборудование и технология сварочного производства". М. : Машиностроение, 1984. 386 с.
6. Гуляев А. Г. Технология точечной и роликовой сварки сталей в массовом производстве. М. : Машиностроение. 1987. 246 с.
7. Климов А. С. Контактная сварка. Вопросы управления и повышения стабильности качества. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. 216 с.
8. Климов А. С., Машнин Н.Е. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке: учебное пособие для вузов // С.-П.: Изд-во «Лань», 2021. 236 с.
9. Климов А. С., Смирнов И.В., Кудинов А.К., Кудинова Г. Э. Основы технологии и построения оборудования для контактной сварки // С.-П.: Изд-во «Лань», 2021. 336 с.
10. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
11. Оборудование для контактной сварки : справочное пособие / под ред. Смирнова В. В. СПб. : Энергоатомиздат, 2000. 848 с.

12. Орлов Б. Д., Чакалев А. А., Дмитриев Ю. В. Технология и оборудование контактной сварки. М. : Машиностроение, 1986. 352 с.
13. Рыськова З. А., Фёдоров П. Д., Жемерева В. И. Трансформаторы для электрической контактной сварки. Л. : Энергоатомиздат. 1990. 424 с.
14. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов. Санкт-Петербург : Лань, 2021. 268 с.
15. Сорокин В. Г., Волосникова А. В., Вяткин С. А. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.
16. Чулошников, П. Л. Контактная сварка / П.Л. Чулошников. – М.: Машиностроение, 1987. – 176 с.
17. Шаповалов Е. В., Галаган Е. В., Клишар Ф. С. Современные методы и средства неразрушающего контроля сварного соединения, выполненного контактной точечной сваркой // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. 2013. № 1. С. 10–21.
18. Andrews D. R., Broomhead J. Quality assurance for resistance spot welding // Welding Journal. 1975. № 5. P. 158–162.
19. Gedeon S. A., Sorensen C. D., Ulrich K. T., Eagar T. W. Measurement of dynamic electrical and mechanical properties of resistance spot welding // Welding Journal. 1987. № 12. P. 378–385.
20. Richard A. A., Traub A. C., Vanzetti R. Real-time control of nugget formation in spot welds // Euromicro Newsletter . 1980. № 6. P. 296–303.
21. Tang H., Hou W., Hu S. J. Influence of Welding Machine Mechanical Characteristics on the Resistance Spot Welding Process and Weld Quality // Welding Journal. 2003. № 5. P. 116–124.
22. Zhou M., Zhang H., Hu S. J. Relationships between Quality and Attributes of Spot Welds // Welding Journal. 2003. № 4. P. 72–77.