

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технология сборки и сварки крыла автомобиля ВАЗ 2191

Студент	<u>В.Э. Матушкин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Г.М. Короткова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

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

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Нестабильность качества контактной точечной сварки в условиях производства объясняется действием на протекание формирования сварного соединения случайных возмущений. Эти возмущения в настоящий момент невозможно устранить, их можно только компенсировать.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества контактной точечной сварки при производстве крыла автомобиля ВАЗ 2191.

Анализ особенностей конструкции детали доказал эффективность применения контактной точечной сварке при её изготовлении. Базовая технология сварки предусматривает контактную точечную сварку с применением подвесных клещей с ручным управлением производства фирмы TECNA.

Недостатком базовой технологии является низкая стабильность качества сварки из-за износа сварочных электродов. Для устранения этого недостатка и достижения поставленной цели были решены следующие задачи: 1) выполнить обзор способов и аппаратуры управления контактной точечной сварки в условиях износа сварочных электродов; 2) предложить способ управления контактной точечной сваркой в условиях износа сварочных электродов; 3) Предусмотреть меры защиты работников от опасных и вредных производственных факторов; 4) Произвести экономическое предложенных технических решений.

Анализ экономической эффективности предложенных решений позволил установить, что внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 1,5 млн. рублей.

Пояснительная записка состоит из 55 страниц, библиографический список включает 21 наименование Графическая часть включает в себя 6 листов формата А1

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Состояние вопроса	
1.1 Анализ конструкции стойки заднего крыла автомобиля ВАЗ 2191	7
1.2 Свойства материала изделия	10
1.2 Описание базового технологического процесса сборки и сварки	11
1.4 Влияние износа электродов на качество сварного соединения ...	16
1.5 Задачи выпускной квалификационной работы	20
2 Обеспечение качества контактной сварки при износе сварочных электродов	
2.1 Анализ способов управления контактной сваркой.....	21
2.2 Способ управления контактной сваркой в условиях износа электродов.....	25
3 Безопасность и экологичность технического объекта	
3.1 Технологическая характеристика объекта.....	30
3.2 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков	32
3.3 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки.....	33
3.4 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений	34
3.5 Заключение по экологическому разделу.....	35
4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы	

4.1 Исходные данные для выполнения расчетов.....	36
4.2 Расчёт фонда времени	39
4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса	39
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии.....	42
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектной технологиям	47
4.6 Показатели экономической эффективности проектной технологии	49
4.7 Заключение по экономическому разделу.....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	53

ВВЕДЕНИЕ

Проникновение на российский рынок недорогих иностранных автомобилей в ценовом диапазоне 8...15 тыс. дол. США приводит к тому, что отечественный производитель автомобилей начинает испытывать трудности с реализацией своей продукции. Это связано, прежде всего, с низкими потребительскими качествами отечественного автомобиля.

При этом ряд нареканий встречает качество изготовления кузова, который, как известно, составляет до половины стоимости автомобиля. В основном эти нарекания сопряжены с плохой подгонкой деталей кузова и устаревшим его дизайном.

Решением этой давно назревшей проблемы является создание элементов кузова с применением твердотельного моделирования, что позволяет улучшить его внешний вид и динамические свойства. Таким образом, потребуется произвести перестройку существующего оборудования для выпуска новых деталей.

Контактная точечная сварка благодаря простоте автоматизации, высокопроизводительности и хорошему внешнему виду сварных соединений получила широкое распространение при изготовлении кузовных деталей автомобиля. При этом сварка возможна одним из трёх способов организации сварочного поста: с использованием универсального оборудования и ручного труда сварщика, с использованием сварочных роботов в автоматической линии или технологическом комплексе, с использованием специального сварочного оборудования. Так, например, стойку заднего крыла автомобиля ВАЗ 2191 в настоящее время планируют сваривать посредством подвесных сварочных машин, причем изделие фиксируется при сварке в приспособлении.

Нестабильность качества контактной точечной сварки в условиях производства объясняется действием на протекание формирования сварного соединения случайных возмущений. Эти возмущения в настоящий момент

невозможно устранить, их можно только компенсировать. К таким возмущениям, которые оказывают самое существенное влияние на процесс формирования соединения, следует отнести: колебание напряжения питающей сети, внесение ферромагнитных масс в сварочный контур, повышение температуры элементов вторичного контура при интенсивной работе, износ элементов вторичного контура, колебания сварочного усилия, состояние поверхности свариваемых деталей, износ сварочных электродов. Это наиболее сильно проявляется при переходе к сварке оцинкованного проката и легированных сталей, что происходит в настоящий момент в автомобилестроении.

Необходимым условием формирования качественного сварного соединения, выполненного с применением контактной сварки, является образование общей для соединяемых заготовок расплавления. Размер этой зоны при точечной сварке определяется диаметром литого ядра и регламентируется ГОСТ 15878–79 [1]. Основными дефектами КТС можно назвать непровар, выплеск, трещины, раковины и отклонение геометрических параметров сварного соединения [2]. Непровар является одним из самых опасных дефектов и может проявляться в виде полного отсутствия или уменьшения литого ядра, а также при частичном или полном сохранении оксидной пленки или плакирующего слоя в контакте деталь–деталь. Количество дефектов, которые могут быть допущены допускаемых без исправления, и количество дефектов, подлежащих исправлению, определяется ответственностью сварного узла и регламентировано соответствующими техническими условиями. Значительно снизить количество дефектов и вероятность их появления позволяет контроль режимов работы оборудования (электрических и механических) и управление процессом КТС [3].

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества контактной точечной сварки при производстве крыла автомобиля ВАЗ 2191.

1 Состояние вопроса

1.1 Анализ конструкции стойки заднего крыла автомобиля ВАЗ 2191

В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается деталь – стойка заднего крыла автомобиля ВАЗ 2191 (рис. 1.1). На примере этой детали следует совершенствовать технологический процесс контактной сварки. Назначение стойка заднего крыла – создавать силовой каркас автомобиля, обеспечение крепления обивки багажника. Также рассматриваемая деталь обеспечивает жесткость конструкции кузова автомобиля в случае аварии – удара сзади, при этом обеспечивается защита от проникновения в салон посторонних предметов. Приварка изделия к кузову автомобиля выполняется к заднему крылу, желобку заднего крыла и панели задка. В поперечном сечении рассматриваемая деталь имеет коробчатую форму и включает в себя: 1) стойку заднего крыла наружную (деталь кузова № 2191-8404386); 2) стойку заднего крыла внутреннюю (деталь кузова № 2191-8404386).

Таким образом, сварной узел включает в себя две детали, соединение которых происходит путём простановки 18 сварных точек согласно по ГОСТ 15878-79. Длина изделия составляет порядка 300 мм. Эксплуатация изделия осуществляется в условиях перепада температур в диапазоне от +40° до - 40°. В процессе эксплуатации изделие подвергается действию статических и динамических нагрузок. Эти нагрузки возникают во время движения автомобиля и при его ускорении. Различное состояние дорожного полотна может вызывать возникновение вибрационных нагрузок. Изделие в процессе эксплуатации автомобиля не подвергается воздействию агрессивных и коррозионных сред. Рассматриваемый сварной узел деталь не является лицевым.

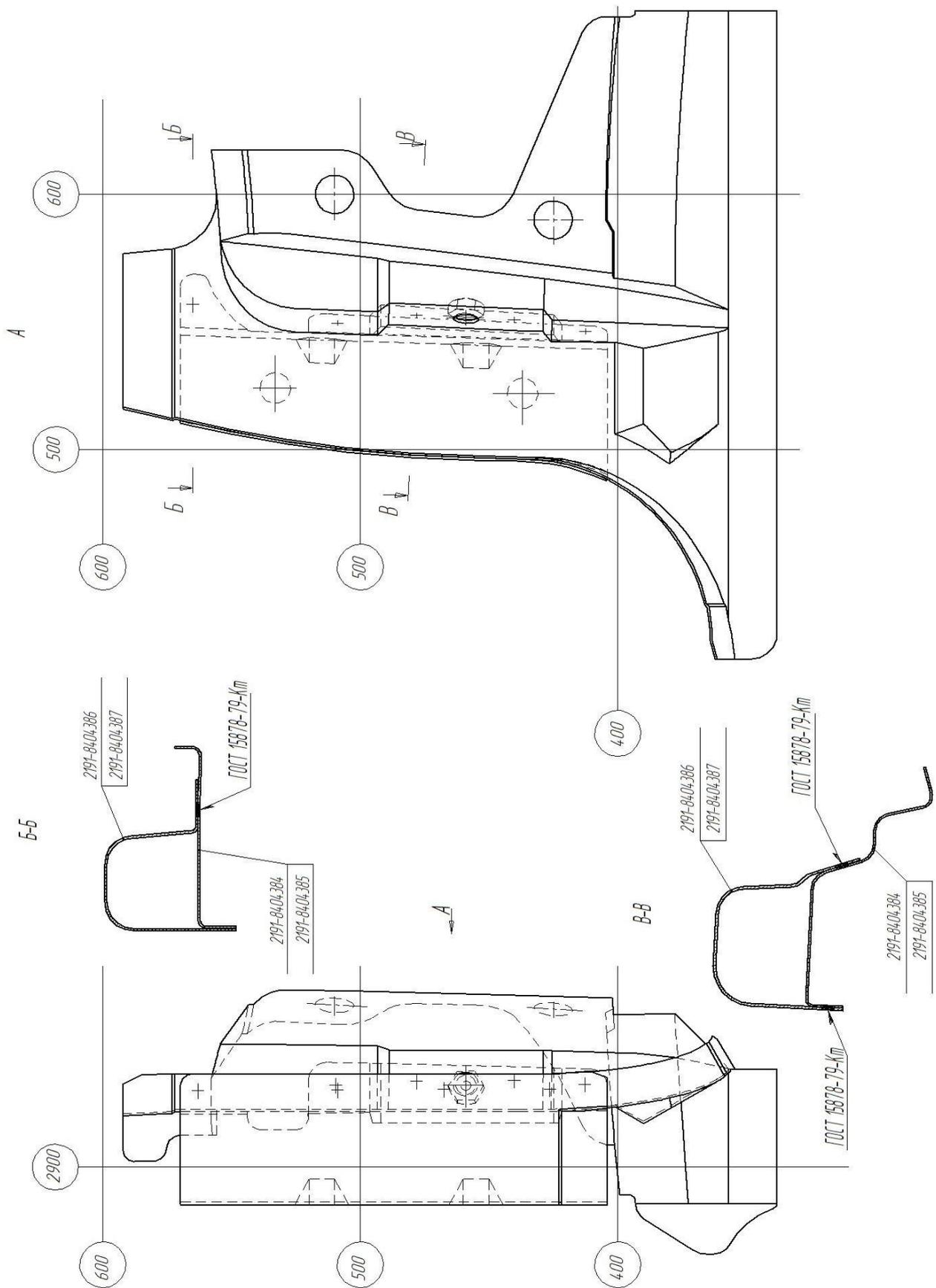


Рисунок 1.1 – Стойка заднего крыла в сборе ВАЗ 2191

Анализ эффективности применения контактной сварки и средств автоматизации при производстве рассматриваемого сварного узла может быть проведён проверкой соответствия требованиям [4]:

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

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

Требование 3. Минимальное количество число ранее приваренных деталей, которые могут затруднить доступ сварочных электродов к месту сварки. Это условие выполняется – на рассматриваемом сварном узле отсутствуют приваренные узлы. Некоторую сложность могут представлять приваренные при помощи контактной рельефной сварки рельефные гайки, но их количество незначительное и они могут быть учтены при проектировании сварочной оснастки.

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

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

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

угол подвода электродов к поверхности свариваемых деталей составляет 90°.

Требование 7. В сварном узле необходимо обеспечить расстояние между соседними точками не менее 40 мм, так как в противном случае необходимо предусмотреть меры по борьбе с шунтированием сварочного тока. Это условие выполняется – при составлении проектной технологии предусмотрим повышение сварочного тока для устранения влияния эффекта шунтирования на качество сварных соединений.

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

1.2 Свойства материала изделия

Выполнение заготовок для изготовления рассматриваемого сварного узла происходит на прессовом производстве путём штампования. Для этого применяют листовую сталь марки 08ЮП, толщина которой составляет 1,0 мм. Сталь 08ЮП является низкоуглеродистой качественной сталью, широко применяется при изготовлении деталей кузова в автомобилестроении. Химический состав (табл. 1.1) стали 08ЮП позволяет сочетать низкую стоимость стали и относительно высокие показатели механических свойств (табл. 1.2). Микроструктура проката должна быть ферритно-цементитной, зерно феррита должно быть вытянутым, допускается равноосное.

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

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

Таблица 1.2 – Механические характеристики стали 08ЮП

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

1.3 Описание базового технологического процесса сборки и сварки

Заготовки со склада транспортируются на производственный участок. Заготовки находятся в оборотной таре, откуда сварщик предварительно перемещает их на участок сборки и сварки. На этом участке заготовки складываются в специальную тару, расставленную вокруг сборочного кондуктора. Сварщик берёт из тары стойку заднего крыла наружную и укладывает её в ложементы сборочного кондуктора, затем берёт из тары стойку заднего крыла внутреннюю и укладывает её в ложементы сборочного кондуктора. Собранный изделие фиксируется пневматическими прижимами. Фиксация осуществляется путем нажатия кнопок двуручного включения. После фиксации производится контроль геометрии. Затем сварщик подводит в зону сварки клещи и производится сварка собранных изделий подвесной сварочной машиной 18 сварных точек.

В качестве контактной сварочной машины приняты подвесные клещи с ручным управлением производства фирмы TECNA (рис. 1.2, табл. 1.3).

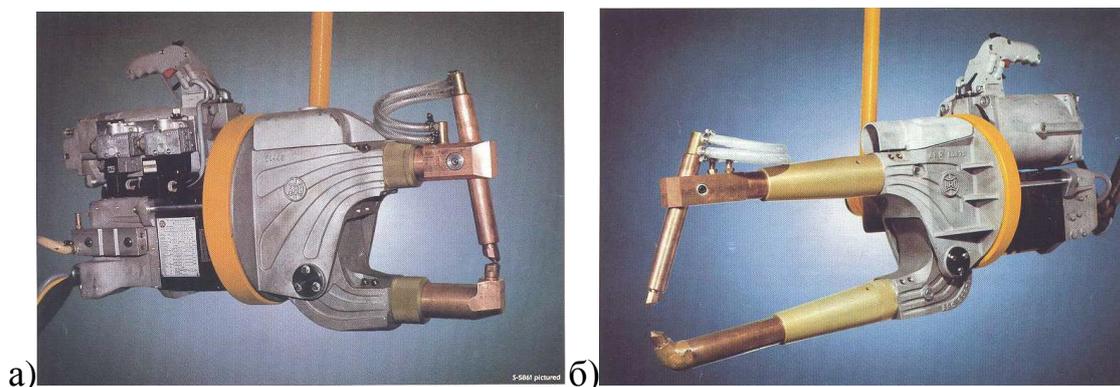


Рисунок 1.2 – Сварочные клещи ТЕСНА S-5861 (а) и S-6421 (б)

Силовая электрическая схема включает в себя тиристорный преобразователь тока RW700AC1000 производства компании СКЕ (США) в виде двух тиристоров, включенных встречно-параллельно (рис. 1.3).

Аппаратура управления представляет собой блок управления TE90 (производства компании Тесна, Италия) (рис. 1.4). Блок TE90 представляет собой микропроцессорный блок управления машин для точечной контактной сварки. Назначение блока управления – управление рабочими узлами сварочной машины, в частности управляемыми диодами, от работы которых зависит сварочный ток.

Регулятор TE90 - TE91, представляет собой микропроцессорный блок управления сварочным процессом, предназначенный для однофазных машин контактной сварки. Данный блок разработан для управления работой отдельных узлов сварочной машины и, в частности, работой тиристорной схемы регулировки сварочного тока. Рабочий цикл, осуществляемый блоками управления TE90 - TE91, задается с помощью ряда программируемых параметров. Блоки TE90 - TE91 могут применяться как для ручных сварочных аппаратов, так и аппаратов с пневматическим управлением. Такой регулятор позволяет стабилизировать действующее значение сварочного тока, но не позволяет производить его ступенчатое увеличение по мере износа сварочных электродов. При сварке применяются жёсткие режимы (табл. 1.4).

Таблица 1.3 – Техническая характеристика подвесных клещей S-6421

Параметр	Значение
Номинальное напряжение питающей сети, В	380
Номинальная частота питающей сети, Гц	50
Номинальная мощность кВА	170
Номинальный первичный ток, А	435
Номинальная продолжительность включения (ПВ), %	20
Номинальный сварочный ток, кА	12,5
Пределы регулирования сварочного тока, % от номинального значения	100...40
Пределы регулирования вторичного напряжения, В	8,6...13,1
Выдержка времени сварки каждого импульса, с	0,02...2
Регулирование длительности импульса сварочного тока и интервала	До 10
Регулирование выдержек времени «Сжатие», «Проковка», «Пауза», с	0,02...0,20
Привод давления клещей	Пневмогидравлический
Отношение давления воздушной сети к гидравлическому давлению	1:16
Давление воздуха сети, кгс/см ²	6,3
Быстродействие клещей, ходов в минуту	180
Расход воды для охлаждения, л/ч	1100
Расход свободного воздуха, м ³ на 100 ходов	0,2

Таблица 1.4 – Параметры режима контактной точечной сварки, применяемые при сварке на подвесных клещах деталей толщиной 1,0+1,0 мм

Наименование параметра	Значение параметра
Диаметр сварочного электрода, мм	5
Величина сварочного тока, А	9000
Время протекания сварочного тока, сек	0,10
Сварочное давление, кН	3,2

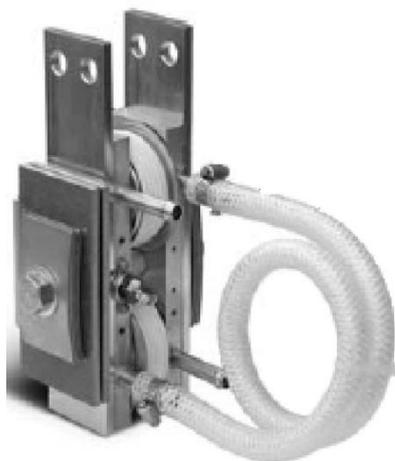


Рисунок 1.3 – Тиристорный преобразователь тока RW700AC1000



Рисунок 1.4 – Регулятор контактной сварки TE90 (Тесна, Италия)

Сварная точка должна получаться по ГОСТ 15878-79. ГОСТ 15878-79 регламентирует две группы точечных соединений: группа А и группа Б (табл. 1.5). Соединения группы А имеют литую зону большего диаметра, обладают более высокой прочностью, но требуют большей нахлестки. Группа соединения должна устанавливаться при проектировании в зависимости от требований к сварной конструкции и особенностей процесса сварки. Сварные точки для нашей детали принадлежат группе А.

По окончании сварки сварщик визуально контролирует сваренный узел. В первую очередь производится контроль сварных точек. Точки должны иметь темное ядро, вмятину, и цвета побежалости вокруг ядра.

Недопустимы непровары (в этом случае отсутствует темное ядро и не наблюдается вмятина), прожоги. Сваренные изделия укладываются в оборотную тару, которую по мере наполнения изымают с участка и перевозят на участок сборки-сварки кузова.

Таблица 1.5 – Геометрические параметры точечно-сварного соединения по ГОСТ 15878-79

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

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

цикл. Изделие не прошедшее контроль бракуется, партия сваренная после предыдущего контроля проходит дополнительный контроль, и в случае несоответствия требованиям на изделие забраковывается, брак изолируется.

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

1.4 Влияние износа электродов на качество сварного соединения

В процессе контактной сварки происходит нагрев сварочных электродов до высоких температур. Этот нагрев происходит за счет выделяющейся при сварке теплоты и за счёт нагрева электродов от проходящего через них сварочного тока. В контакте «электрод-деталь» рабочая поверхность сварочного электрода может разогреваться до 750°C при сварке стальных деталей. При этом величина удельного давления может достигать 400 МПа.

В результате действия усилия и высокой температуры металл рабочей части электродов претерпевает неравномерную пластическую деформацию, что приводит к неравномерному разупрочнению поверхности сварочных электродов.

В результате естественного износа изменяются размеры рабочей поверхности электродов (рис. 1.5). Величина износа сварочных электродов определяется многими факторами: режимом сварки; свариваемым материалом; чистотой поверхности свариваемых деталей; интенсивностью охлаждения; стойкостью материала электродов и т.п. В ходе износа сварочных электродов происходит увеличение площади их контактной поверхности, уменьшение плотности тока и размеров ядра сварной точки, что может приводит к появлению непроваров.

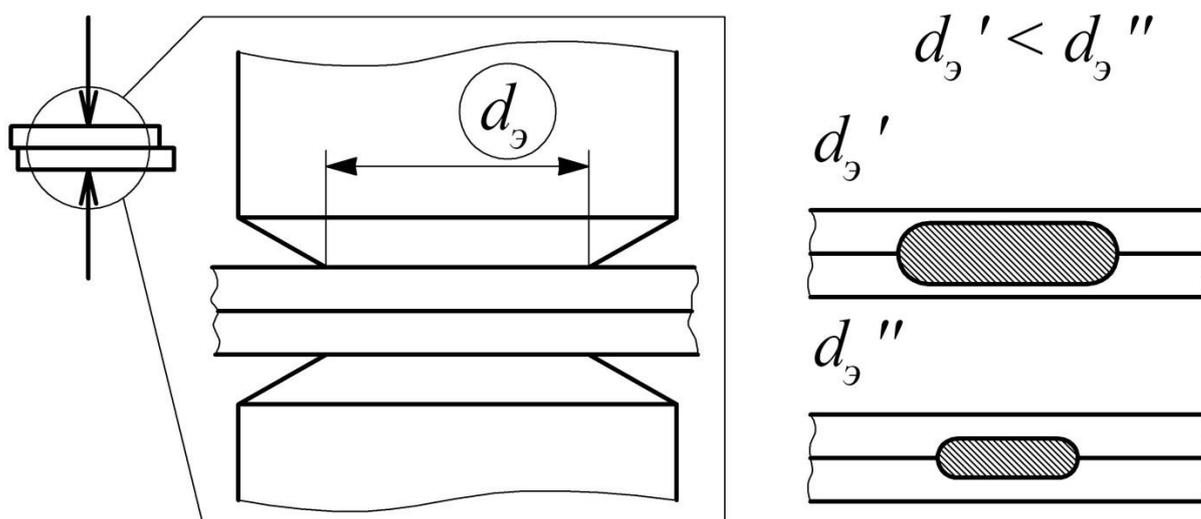


Рисунок 1.5 – Изменение размеров рабочей поверхности электродов как возмущение при контактной сварке

В процессе контактной сварки рабочая поверхность сварочного электрода подвергается циклическому нагреву до температур 400...700 °С. Также происходит ударное смятие, загрязнение из-за явления массопереноса в контакте «электрод-деталь».

Циклический нагрев и ударное смятие приводит к постепенному увеличению диаметра рабочей части d_3 электрода. Это в свою очередь вызывает уменьшение плотности тока и электрического сопротивления участка «деталь – деталь». Также изменяется тепловой баланс при сварке – растёт доля тепла, уходящего в сварочные электроды. Всё это приводит к уменьшению диаметра ядра сварной точки и глубины проплавления. Характерная кривая состояния сварочных электродов (рис. 1.6) практически одинакова для различных материалов, имеются лишь отличия в угле наклона кривой.

Первый этап – этап приработки сварочных электродов (простановка первых 10...100 точек). Он характеризуется высокой скоростью деформации рабочей части, что объясняется развитием микропластического смятия и увеличенной деформационной способностью исходной поверхности сварочного электрода.

Второй этап – этап стабильного износа. Этот этап характеризуется уменьшением скорости смятия, развитием медленного установившегося износа, объясняемого высокотемпературной циклической ползучестью.

Третий этап считается катастрофическим. Он наступает после сварки определённого числа точек при достижении диаметром рабочей поверхности электродов некоторого критического значения $d_{э.кр}$.

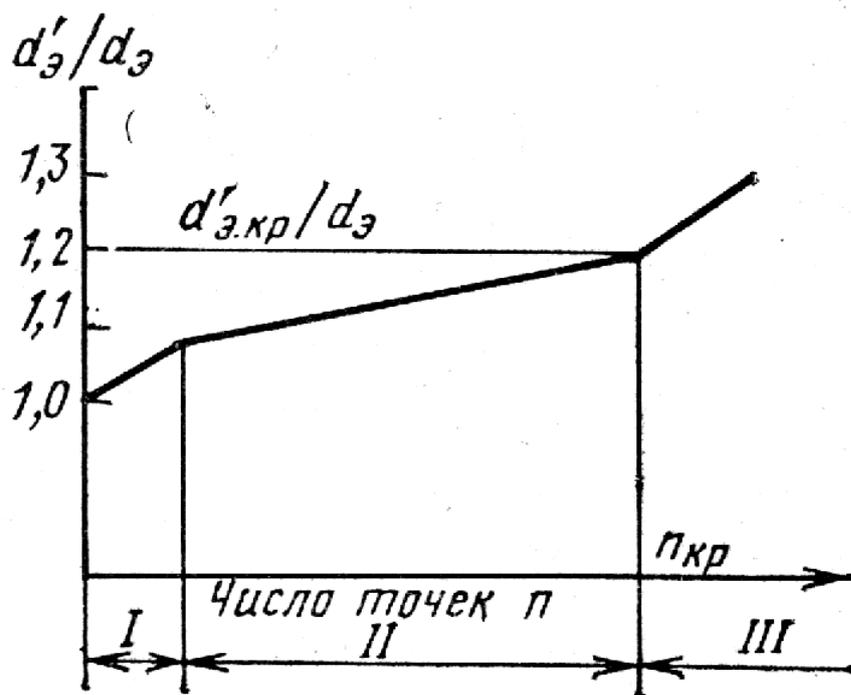


Рисунок 1.6 – Кинетика изменения диаметра рабочей части электрода в процессе сварки выполнения большого числа точек: I – приработка; II – установившийся износ; III – катастрофический износ

Как показывает практика, контактная сварка со стабилизацией сварочного тока приводит к постепенному уменьшению диаметра ядра вследствие износа сварочных электродов (рис. 1.7). Постепенное увеличение диаметра ядра сварной точки по мере износа может быть компенсировано ступенчатым увеличением значения сварочного тока. При этом неправильный выбор параметров такого ступенчатого увеличения тока может привести к непровару.

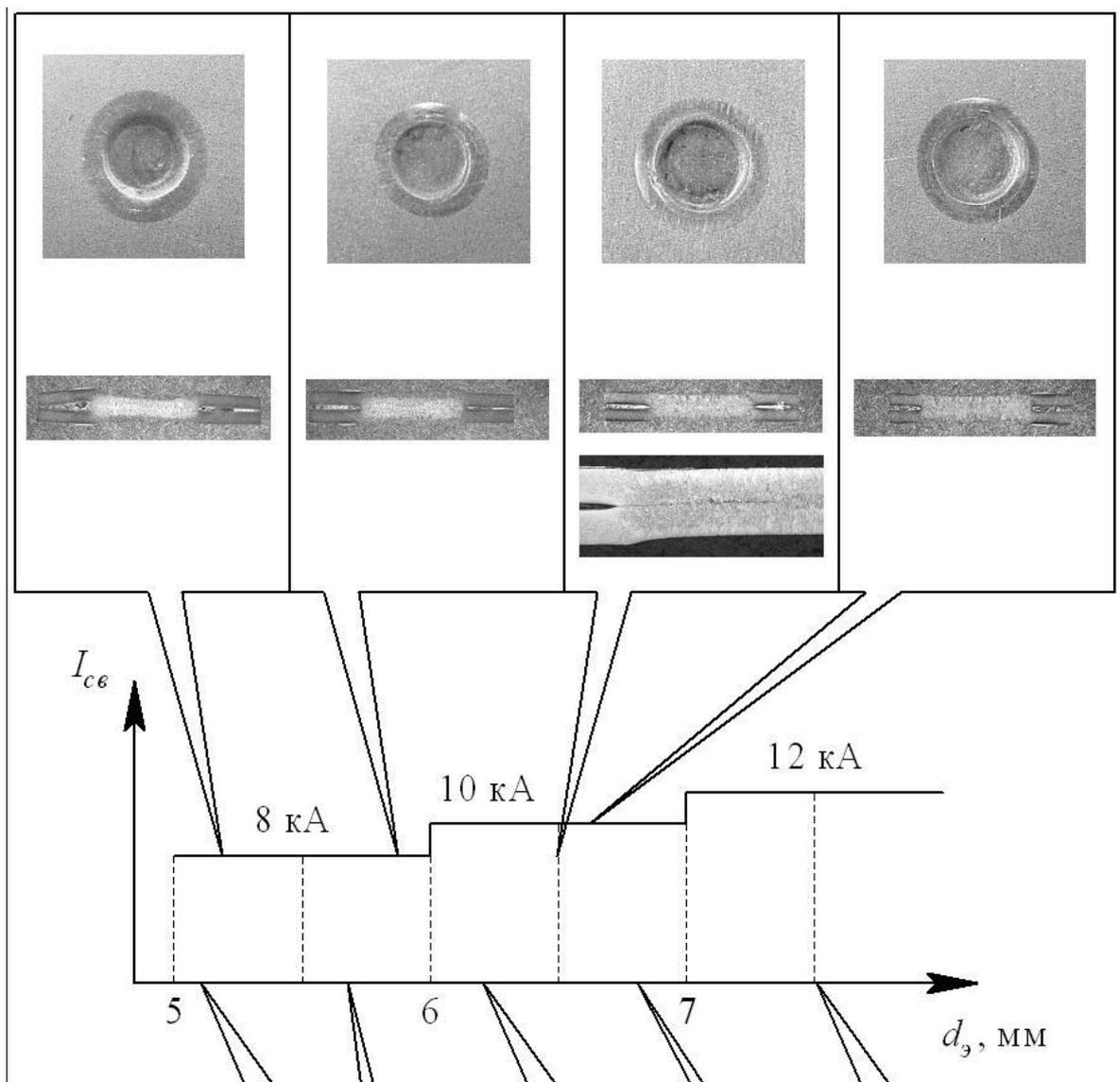


Рисунок 1.7 – Влияния износа сварочных электродов на качество контактной сварки в условиях ступенчатого увеличения сварочного тока 1+1 мм, сталь 08Ю

При сварке деталей становится необходимой постоянное увеличение силы сварочного тока и длительности его протекания по мере износа сварочных электродов. Также существенно повышаются требования к точности поддержания параметров режима сварки. По статистике недопустимые выплески можно обнаружить на 3,2...4,8 % выполненных сварных точек. В течение смены обнаруживается непровар на 15...20 деталях, при этом на одной детали могут быть 7...12 точек с непроварами. Для исправления дефектов необходимо проведение дополнительных трудоемких работ.

1.5 Задачи выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель - повышение производительности и качества контактной точечной сварки при производстве крыла автомобиля ВАЗ 2191.

Анализ особенностей конструкции детали доказал эффективность применения контактной точечной сварке при её изготовлении. Базовая технология сварки предусматривает контактную точечную сварку с применением подвесных клещей с ручным управлением производства фирмы TECNA. Замены способа сварки и сварочного оборудования в выпускной квалификационной работе производить не будем.

Недостатком базовой технологии является низкая стабильность качества сварки из-за износа сварочных электродов. Для устранения этого недостатка и достижения поставленной цели следует решить задачи:

- 1) выполнить обзор способов и аппаратуры управления контактной точечной сварки в условиях износа сварочных электродов;
- 2) предложить способ управления контактной точечной сваркой в условиях износа сварочных электродов;
- 3) Предусмотреть меры защиты работников от опасных и вредных производственных факторов;
- 4) Произвести экономическое предложенных технических решений.

2 Обеспечение качества контактной сварки при износе сварочных электродов

2.1 Анализ способов управления контактной сваркой

2.1.1 Управление со стабилизацией сварочного тока и сварочного напряжения

В зависимости от характера внешних возмущений теснота связи между величиной тока и размерами зоны расплавления существенно изменяется. Возмущения, воздействующие на канал управления током на однофазных машинах, можно полностью компенсировать, стабилизировав его действующее значение [5, 6, 7, 8]. Характерными причинами, нарушающими нормальное течение процесса, являются: колебания напряжения питающей сети, внесение магнитных масс в сварочный контур, значительный разогрев медных деталей токопровода и т.п. В этом случае стабилизация сварочного тока (рис. 2.1) будет эффективной. Однако, если возмущение изменяют диаметр ядра сварной точки, то тем самым изменяется плотность тока, тогда неизменное значение величины $I_{св}$ не гарантирует стабильного качества [9]. В таких ситуациях целесообразнее отказаться от стабилизации тока сварки $I_{св}$, так как саморегулирование тока на сварочной машине несколько расширяет диапазон предельно допустимых отклонений сварочного усилия $F_{св}$ и сопротивления участка «электрод-электрод» $R_{ээ}$. Применение стабилизатора напряжения на электродах $U_{ээ}$ в этих случаях более перспективно с точки зрения своевременного «исправления» процесса. Однако связи между параметрами, которые позволяют автоматически опознать ситуацию и откорректировать процесс с помощью стабилизатора $U_{ээ}$, вызывают изменения тока, ухудшающие процесс при самопроизвольном, не предусмотренном заранее, изменении толщины деталей [10].

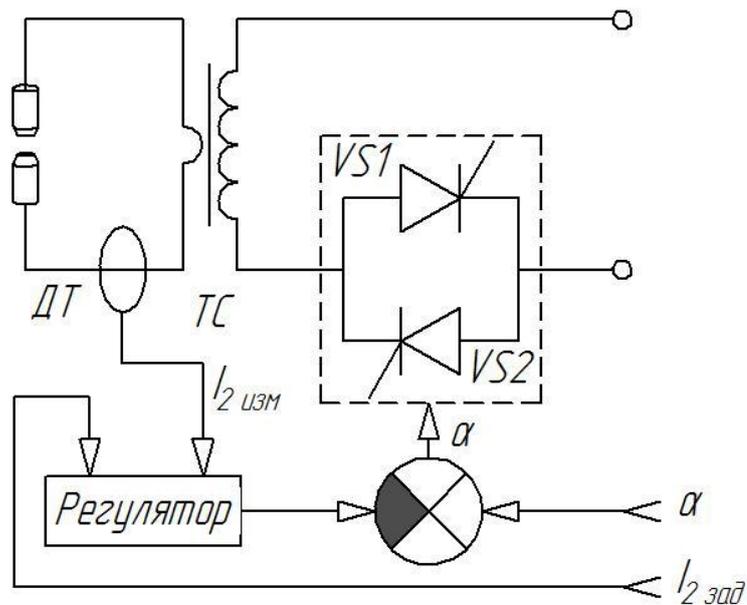


Рисунок 2.1 – Структура системы управления со стабилизацией тока сварки

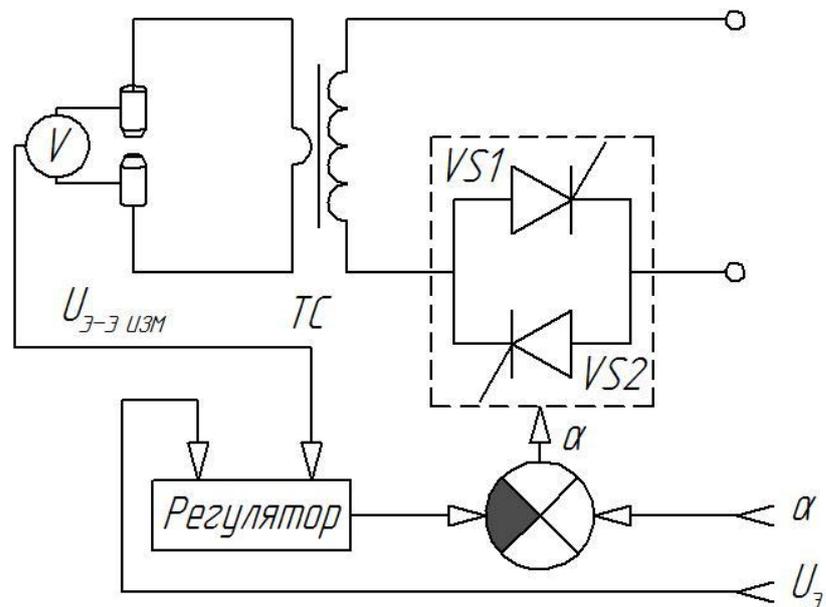


Рисунок 2.2 – Структура системы управления со стабилизацией напряжения на сварочных электродах

2.1.2 Управление по сопротивлению участка «электрод-электрод»

В системах управления по сопротивлению участка «электрод-электрод» (рис. 2.3) используется понятие о некоторой «идеальной» кривой сопротивления, задание которой происходит в виде таблицы для каждого полупериода тока сварки [13, 14]. Эту «идеальную» кривую снимают при сварке деталей без возмущений и с получением качественного соединения.

При сварке в реальных условиях в каждом полупериоде измеряют текущее значение сопротивления $R_{ээ}$ участка «электрод-электрод». Коррекцию режима сварки осуществляют таким образом, чтобы реальная кривая сопротивления была как точнее соответствовала «идеальной» кривой изменения сопротивления. В случае отклонения измеренного сопротивления от заданного табличного значения на величину более допустимой, сварку считают дефектной.

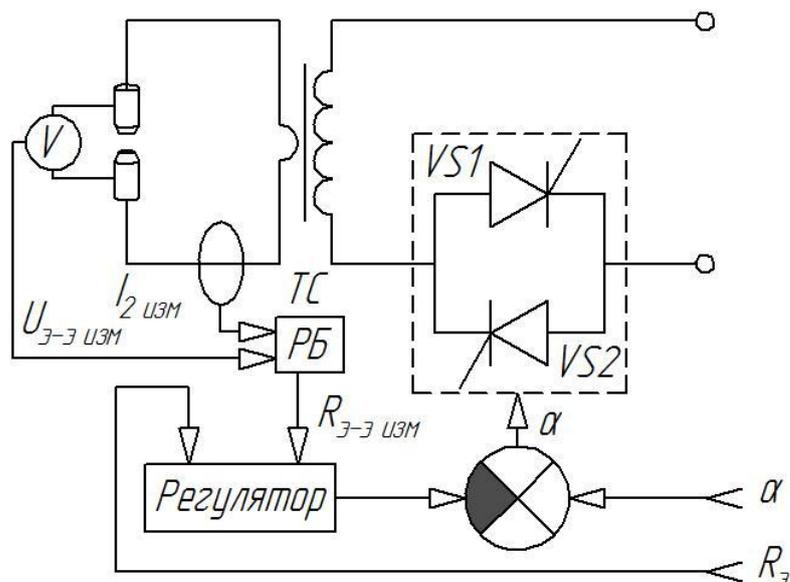


Рисунок 2.3 – Структура системы управления по сопротивлению участка «электрод-электрод»

2.1.3 Управление по тепловому расширению и температуре металла в зоне сварки

Электрические параметры процессов точечной и роликовой сварки за исключением сопротивления участка «электрод-электрод» непосредственно не связаны с физическим состоянием металла в месте формирования сварного соединения. Поэтому электрические параметры позволяют лишь косвенно с достаточным приближением судить о размерах литой зоны, а следовательно, и качестве получаемых сварных соединений.

Известно, что вследствие расплавления изменяется физическое состояние металла в месте сварки. В связи с этим для контроля (и

регулирования) целесообразно использовать физические параметры процесса сварки, отражающие наличие и размеры зоны взаимного расплавления соединяемых деталей. В качестве таких параметров для контроля принципиально могут быть использованы: тепловое расширение свариваемого металла (рис. 2.4) и температура на рабочей поверхности электрода (рис. 2.5), которое проявляется в перемещении подвижного электрода машины в процессе формирования соединения [16, 17].

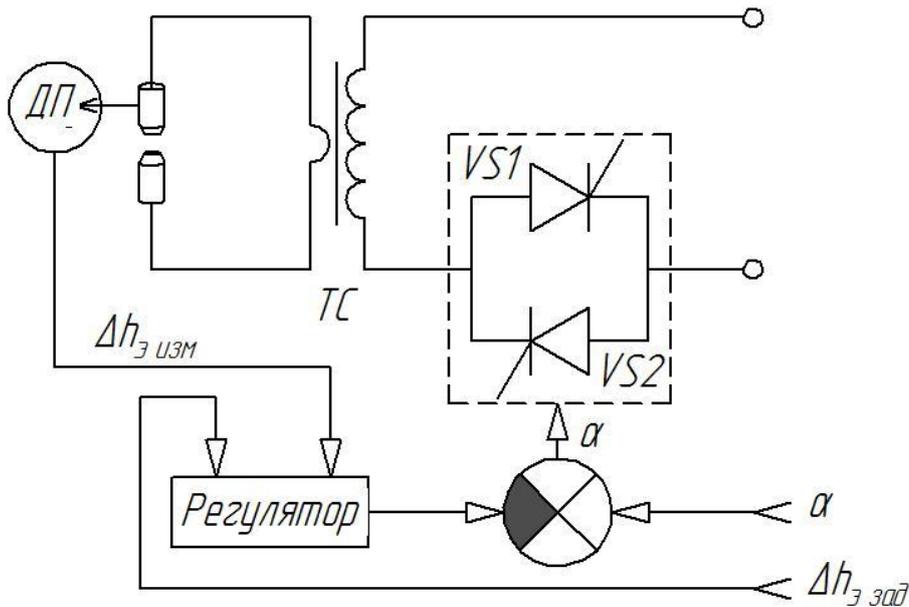


Рисунок 2.4 – Структура системы управления по тепловому расширению свариваемого металла

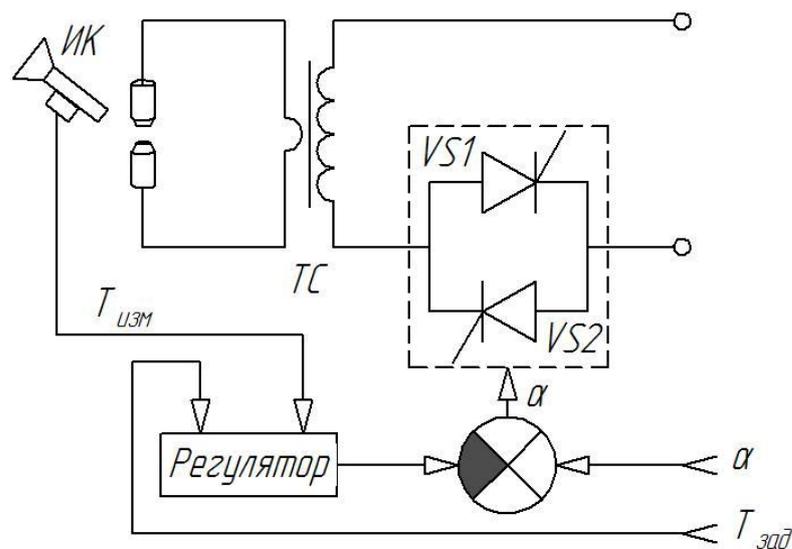


Рисунок 2.5 – Структура системы управления по температуре на рабочей поверхности электрода

2.2 Способ управления контактной сваркой в условиях износа электродов

Работа контактных машин происходит при возмущениях, которые оказывают воздействие на формирование сварного соединения. Наибольшее влияние на параметры сварной точки оказывают: колебание напряжения питающей сети ΔU_c , внесение магнитных масс в сварочный контур, значительный разогрев медных деталей вторичного контура, износу сварочных электродов.

Для управления контактной сваркой в условиях износа электродов предлагается использовать автоматическое устройство, блок схема которого приведена на рис. 2.6.

Предлагаемое устройство (рис. 2.6) содержит следующие элементы:

- датчик износа рабочей части электродов 1;
- блок задания времени сварки 2;
- блок регулятора давления электродов 3;
- нелинейный квадратирующий преобразователь 4;
- блок измерения толщины свариваемых деталей 5;
- стабилизатор падения напряжения между электродами 6;
- тиристорный контактор 7;
- реле времени 8;
- датчик давления 9;
- электропневматические клапана 10, 11 и 12;
- редукционный клапан 13;
- управляющие контакты 14, 15 и 16.

Первый выход датчика 1 подключен к соответствующему входу блока задания времени 2, второй выход соединен с входом блока 3 регулятора давления электродов. Входы блока задания времени 2 и блока регулятора давления электродов 3 подключены к выходу нелинейного квадратирующего преобразователя 4. Вход преобразователя 4 соединен с блоком 5 измерения

толщины свариваемых деталей. Кроме того, выход блока задания времени сварки 2 соединен со входом регулятора 3 давления электродов, который соединен со входом стабилизатора падения напряжения между электродами 6 и который соединен с контактором 7, вход которого соединен с выходом реле времени 8. В свою очередь, вход реле времени 8 соединен с третьим выходом датчика износа. Блок 3 регулятора давления электродов связан с датчиком давления 9, электропневматическими клапанами 10, 11 и 12 и редукционным клапаном 13. Реле клапанов 10...12 соединены последовательно с контактами 14...16.

Датчик 1 износа рабочей части электродов преобразует физическую величину износа в пропорциональный ей электрический сигнал, который используется в качестве управляющего работой блока задания времени сварки 2 и регулятора 3 давления электродов. Блок 5 измерения толщины свариваемых деталей измеряет перемещение верхнего электрода относительно нижнего и вырабатывает электрический сигнал, пропорциональный толщине свариваемых деталей, при этом вносится погрешность измерений за счет износа рабочей части электродов. Этот сигнал обрабатывается нелинейным квадратирующим преобразователем 4 и используется в качестве управляющего работой блока задания времени сварки 2 и регулятора давления электродов. Управляющий сигнал датчика износа 1 компенсирует погрешность, которая возникает в управляющем сигнале преобразователя 4 из-за износа в процессе сварки рабочей части электродов, определяя тем самым время прохождения сварочного тока $t_{св}$ (рис. 2.7) и усилие на сварочных электродах $F_{ков}$ и $F_{св}$ (рис. 2.6).

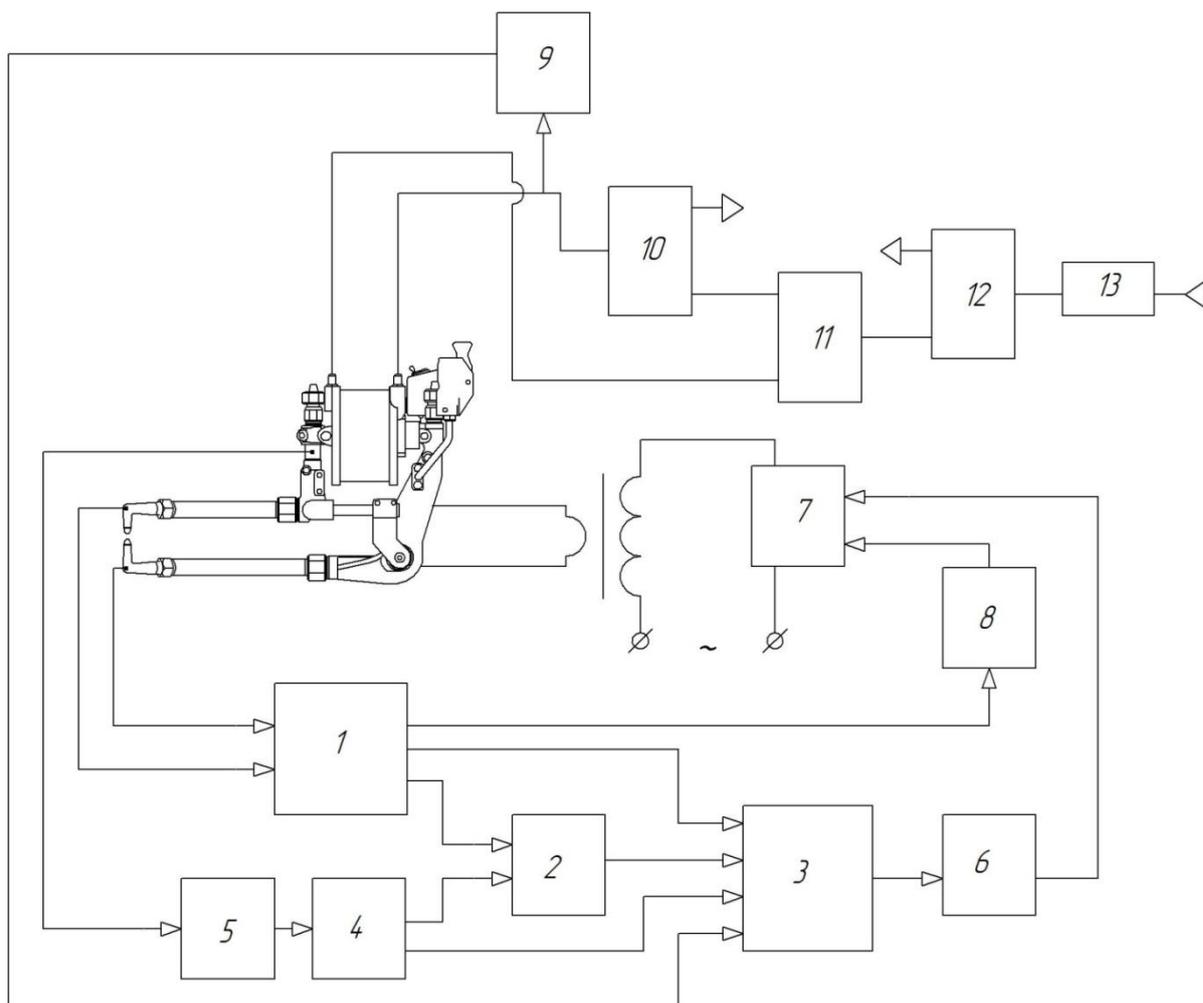
Для расширения функциональных возможностей устройства управляющий сигнал датчика 1 износа рабочей части электродов подается на реле времени 8 и пропорционально степени износа рабочей части электродов изменяет угол отпирания α тиристорного контактора (рис. 2.6). Такое использование сигнала датчика износа 1 автоматически компенсирует

падение плотности тока в, сварочном контакте, которое является следствием износа электродов.

Предлагаемая система управления работает следующим образом. В исходном состоянии все клапаны отключены, и сжатый воздух через клапаны 11 и 12 подается в нижнюю камеру пневматического цилиндра, при этом верхний электрод поднят. При нажатии педали «сварка» замыкается контакт 16 и срабатывает клапан 11. В результате этого сжатый воздух с давлением, определяемым редукционным клапаном 13, подается в среднюю камеру, а нижняя камера соединяется с атмосферой через клапан 11. Электрод опускается, и через некоторое время на электродах развивается усилие $F_{\text{ков}}$ (рис. 2.7). Через время t_1 , задаваемое при помощи реле времени 8, замыкается контакт 15. Срабатывает клапан 12, переключая выход редукционного клапана 13 и соединяя среднюю камеру пневматического цилиндра через клапаны 10...12 с атмосферой. В результате этого давление в средней камере, а, следовательно, и усилие на сварочных электродах начинает падать. При заданном значении усилия на электродах $F_{\text{св}}$ (рис. 2.6) регулятор 3 давления электродов получает управляющий сигнал от преобразователя 4 и с соответствующей поправкой за счет управляющего сигнала датчика износа 1 замыкается контакт 14. Это срабатывание происходит при усилии на электродах $F_{\text{св}}$, величина которого пропорциональна квадрату действительной толщины свариваемых деталей. Контакт 14 включает клапан 10, в результате чего средняя камера пневмоцилиндра переключается, и усилие на электродах фиксируется на уровне $F_{\text{св}}$. Через время t_3 (рис. 2.6), задаваемое реле времени 8, контакты 15 и 16 отключаются, и схема приходит в исходное состояние.

Применение устройства для автоматического управления режимом точечной контактной электросварки позволяет компенсировать погрешности измерений датчика свариваемых деталей. За счет применения управления углом открытия сварочных тиристорov с использованием управляющего сигнала от датчика износа электродов достигнута более плавная регулировка

вводимой в сварочный контакт энергии, что позволяет снизить на 35% количество выплесков и прожогов, а также экономить электроэнергию, компенсировать явление падения плотности тока в сварочном контакте, которое является следствием износа электродов, что позволяет на 40% увеличить рабочий ресурс электродов до очередной их зачистки или смены, что способствует росту производительности сварочного оборудования на 6...8%.



1 – датчик износа рабочей части электродов; 2 – блок задания времени сварки; 3 – блок регулятора давления электродов; 4 – нелинейный квадратирующий преобразователь; 5 – блок измерения толщины свариваемых деталей; 6 – стабилизатор падения напряжения между электродами; 7 – тиристорный контактор; 8 – реле времени; 9 – датчик давления; 10...12 – электропневматические клапана; 13 - редуцирующий клапан

Рисунок 2.6 – Блок-схема устройства для автоматического управления контактной сваркой

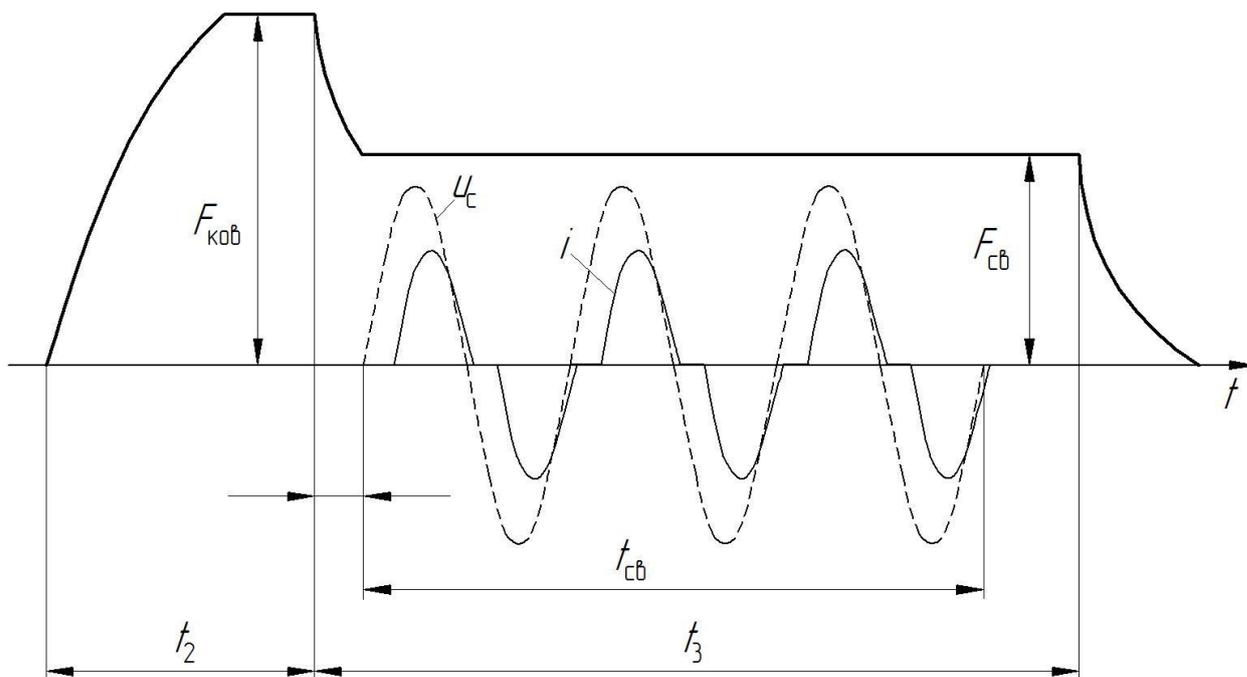


Рисунок 2.7 – Диаграмма развиваемого сварочного усилия и сварочного тока

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

В рамках настоящей выпускной квалификационной работы были разработаны технологические приёмы в рамках технологии контактной точечной сварки. Сама сварка производится с применением подвесных сварочных клещей и сборочного приспособления. Технология контактной сварки представляет собой источник опасных и вредных производственных факторов. Этот факт приводит к дополнительному усложнению и повышению стоимости оборудования для сварки.

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

Таблица 3.1 – Профессиональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

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

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

Таблица 3.2 – Предложения по защите от вредных факторов производственного персонала

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

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

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

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

Таблица 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Участок, подразделение	Производственное оборудование участка	Возможный класс пожара	Опасные факторы пожара	Дополнительные проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется контактная сварка	Контактная сварочная машина	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

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

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

3.4 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

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

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

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

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

3.5 Заключение по разделу

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

4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы

4.1 Исходные данные для выполнения расчетов

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологических мероприятий по повышению производительности и качества операций контактной сварки деталей кузова автомобиля на примере стойки заднего крыла ВАЗ 2191. Выполнение операций технологического процесса предусматривает применение подвесных сварочных клещей для контактной точечной сварки и сборочного приспособления. Это вызывает возникновение значительного числа дефектов и является причиной дополнительных временных затрат на проведение контроля качества и ремонт дефектных участков. Проектный вариант технологии предусматривает применение системы автоматического управления с компенсацией действующих возмущений. Предложенные технологические решения позволят уменьшить трудоемкость выполнения сварочных работ, достигнуть повышения стабильности качества соединений, выполненных с применением контактной точечной сварки.

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

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

Таблица 4.1 – Исходные данные для выполнения расчетов

Наименование и сущность экономического показателя	Принятое в расчётах условное обозначение для показателя	Единица измерения рассматриваемого экономического показателя	Величина рассматриваемого показателя в соответствии с вариантом технологического процесса	
			Базовая	Проектная
1	2	3	4	5
Принятое число рабочих смен	Ксм	-	2	2
Значение нормы амортизационных отчислений применительно к рассматриваемому в соответствующей технологии оборудованию	На	%	21,5	21,5
Разряд сварщика	Р.р.		V	V
Значение часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	105,5	105,5
Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на обеспечение социальных нужд	Ксн	%	30	30
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на амортизационные отчисления на площади	На.пл.	%	5	5
Принятое значение стоимости эксплуатации производственных площадей	Сэксп	(Р/м ²)/год	5000	5000
Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м ²	30000	30000
Суммарная площадь, занимаемая оборудованием для обеспечения соответствующей технологии	S	м ²	20	20
Величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Величина коэффициента, определяющего долю затраты на осуществление монтажа и демонтажа оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5
Величина рыночной стоимости технологического оборудования для обеспечения соответствующей технологии - сварочные клещи - система автоматической компенсации возмущений	Цоб	Руб.	400000 -	400000 50000
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Задаваемое значение потребляемой мощности технологического оборудования	Муст	кВт	45	45
Принятое значение стоимость электрической энергии для обеспечения соответствующей технологии	Цэ-э	Р/ кВт	1,75	1,75
Величина коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
Величина коэффициента полезного действия	КПД	-	0,7	0,7
Величина коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15
Машинное время на выполнение операций технологического процесса с учётом исправления дефектов	tмаш	сек	3,6	2,52

4.2 Расчёт фонда времени

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

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

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

D_P – суммарное для одного года число рабочих дней;

D_{II} – суммарное для одного гола число предпраздничных дней;

T_{II} – предполагаемые потери рабочего в часах времени от предпраздничных дней;

C – принятое число рабочих смен.

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

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

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

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

где B – величина плановых потерь рабочего времени.

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

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

4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

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

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

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

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

$t_{\text{ВСП}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на подготовительные операции по базовой и проектной технологии, составляющие при контактной точечной сварке 2000% от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – объём времени, затрачиваемы рабочим персоналом на проведение обслуживания, текущего и мелкого ремонта оборудования, составляющие 1000% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение потребностей в личном отдыхе, составляющий 1000% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение подготовительно – заключительных операций, составляющий 200% $t_{\text{МАШ}}$.

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

$$t_{\text{шт.баз}} = 3,6 \cdot (100\% + 2000\% + 1000\% + 1000\% + 200\%) = 155 \text{ с} = 0,043 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 2,52 \cdot (100\% + 2000\% + 1000\% + 1000\% + 200\%) = 108 \text{ с} = 0,030 \text{ ч.}$$

Размер годовой программы проводимого объема работ вычисляем согласно формуле:

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

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

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

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

$$Пг_{\text{баз.}} = 4108/0,043 = 95 \text{ тыс. за год};$$

$$Пг_{\text{проектн.}} = 4108/0,030 = 137 \text{ тыс. за год}.$$

Выполнение дальнейшего экономического расчёта будем вести исходя из принятого значения $Пг = 60$ тыс. деталей за год.

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

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

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

$Пг$ – принятая годовая программа;

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

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

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

$$n_{\text{РАСЧ.Б}} = \frac{0,043 \cdot 60000}{4108 \cdot 1,03} = 0,61$$

$$n_{\text{РАСЧ.ПР}} = \frac{0,030 \cdot 60000}{4108 \cdot 1,03} = 0,43$$

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

Значение коэффициента загрузки оборудования вычисляем согласно формуле:

$$Kз = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (4.6)$$

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

$n_{\text{ПР}}$ – принятое количество оборудования.

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

$$K_{зб} = 0,61/1 = 0,61$$

$$K_{зп} = 0,43/1 = 0,43$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

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

$$З_{мб} = З_{мп} . \quad (4.7)$$

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

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

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

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

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

$$З_{осн.баз.} = 0,043 \cdot 105,5 \cdot 1,88 = 8,53 \text{ руб.}$$

$$З_{осн.проектн.} = 0,030 \cdot 105,5 \cdot 1,88 = 5,95 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы вычисляем согласно формуле:

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

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

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

$$Z_{доп.базов.} = 8,53 \cdot 12 / 100 = 1,02 \text{ рублей};$$

$$Z_{доп.проектн.} = 5,95 \cdot 12 / 100 = 0,71 \text{ рублей};$$

$$\PhiЗП_{базов..} = 8,53 + 1,02 = 9,55 \text{ рублей};$$

$$\PhiЗП_{проектн.} = 5,95 + 0,71 = 6,66 \text{ рублей.}$$

Размер отчислений на социальные нужды вычисляем согласно формуле:

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

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

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

$$Осс_{баз.} = 9,55 \cdot 30 / 100 = 2,87 \text{ руб.}$$

$$Осс_{проектн.} = 6,66 \cdot 30 / 100 = 2,00 \text{ руб.}$$

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

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

где $A_{об}$ – амортизация оборудования;

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

Размер амортизации оборудования вычисляем согласно формуле:

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

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

N_a – норма амортизации технологического оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

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

$$A_{об.б} = \frac{400000 \cdot 21,5 \cdot 0,043}{4108 \cdot 100} = 0,90 \text{ рублей}$$

$$A_{об.пр} = \frac{450000 \cdot 21,5 \cdot 0,030}{4108 \cdot 100} = 0,71 \text{ рублей}$$

Размер расходов на электроэнергию вычисляем согласно формуле:

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

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

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

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

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

$$P_{э-эб} = \frac{45 \cdot 0,043 \cdot 1,75}{0,7} = 4,84 \text{ рублей}$$

$$P_{э-эпр} = \frac{45 \cdot 0,030 \cdot 1,75}{0,7} = 3,38 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{баз.} = 0,90 + 4,84 = 5,74 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{проектн.} = 0,71 + 3,83 = 4,54 \text{ рублей}$$

Размер затраты на содержание и эксплуатацию площадей вычисляем согласно формуле:

$$З_{пл} = P_{пл} + A_{пл}, \quad (4.14)$$

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

$A_{пл}$ – амортизация площадей.

Размер расходов на содержание площадей вычисляем согласно формуле:

$$P_{\text{ПЛ}} = \frac{C_{\text{ЭКСПЛ}} \cdot S \cdot t_{\text{ШГ}}}{F_{\text{Э}}}, \quad (4.15)$$

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

S – площадь, занимаемая оборудованием.

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

$$P_{\text{ПЛБ}} = \frac{5000 \cdot 20 \cdot 0,043}{4108} = 1,05 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{ПЛПР}} = \frac{5000 \cdot 20 \cdot 0,030}{4108} = 0,73 \text{ руб.}$$

Размер расходов на амортизацию площади вычисляем согласно формуле:

$$A_{\text{ПЛ}} = \frac{Ц_{\text{ПЛ}} \cdot \text{На}_{\text{ПЛ}} \cdot S \cdot t_{\text{ШГ}}}{F_{\text{Э}} \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где $\text{На}_{\text{ПЛ}}$ – норма амортизации площади;

$Ц_{\text{ПЛ}}$ – стоимость приобретения площадей

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

$$A_{\text{ПЛБ}} = \frac{30000 \cdot 20 \cdot 5 \cdot 0,043}{4108 \cdot 100} = 0,31 \text{ руб}$$

$$A_{\text{ПЛПР}} = \frac{30000 \cdot 20 \cdot 5 \cdot 0,030}{4108 \cdot 100} = 0,22 \text{ руб}$$

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

$$З_{\text{ПЛБ}} = 1,05 + 0,31 = 1,36 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{ПЛПР}} = 0,73 + 0,22 = 0,95 \text{ руб.}$$

Размер технологической себестоимости вычисляем согласно формуле:

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

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

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 9,55 + 2,87 + 5,74 + 1,36 = 19,52 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 6,66 + 2,00 + 4,54 + 0,95 = 14,15 \text{ руб.}$$

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
Фонд заработной платы	ФЗП	9,55	6,66
Отчисления на соц. нужды	О _{сн}	2,87	2,00
Затраты на оборудование	Зоб	5,74	4,54
Затраты на площади	Зпл	1,36	0,95
Себестоимость технологич.	Стех	19,52	14,15
Расходы цеховые	Рцех	12,80	8,93
Себестоимость цеховая	Сцех	32,32	23,08
Расходы заводские	Рзав	9,81	6,84
Себестоимость заводская	С _{зав}	42,13	29,92

Размер цеховой себестоимости вычисляем согласно формуле:

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

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

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

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 19,52 + 1,5 \cdot 8,53 = 19,52 + 12,80 = 32,32 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 14,15 + 1,5 \cdot 5,95 = 14,15 + 8,93 = 23,08 \text{ руб.}$$

Размер заводской себестоимости вычисляем согласно формуле:

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

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

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

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 32,32 + 1,15 \cdot 8,53 = 32,32 + 9,81 = 42,13 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 23,08 + 1,15 \cdot 5,95 = 23,08 + 6,84 = 29,92 \text{ руб.}$$

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектной технологиям

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Ц_{\text{ОБ.Баз.}} = 400000 - (400000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 142000 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 142000 \cdot 0,61 = 86620 \text{ рублей}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$K_{\text{ОБПР}} = 450000 \cdot 1,05 \cdot 0,43 = 203175 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

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

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 400000 \cdot 0,05 = 20000 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$K_{\text{МОНТ}} = 450000 \cdot 0,05 = 22500 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 20000 + 22500 = 42500 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{ОБЩПР}} = 203175 + 42500 = 245675 \text{ руб.}$$

Размер дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

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

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

$$K_{\text{доп}} = 245675 - 86620 = 159055 \text{ руб.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности проектной технологии

Снижения трудоемкости вычисляем согласно формуле:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

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

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,043 - 0,030}{0,043} \cdot 100\% = 30\%$$

Показатель повышения производительности труда вычисляем согласно формуле:

$$П_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.29)$$

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

$$П_T = \frac{100 \cdot 30}{100 - 30} = 43\%$$

Снижение технологической себестоимости труда вычисляем согласно формуле:

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

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

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{19,52 - 14,15}{19,52} \cdot 100\% = 28\%$$

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

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

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

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = (42,13 - 29,92) \cdot 60000 = 732600 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{0,8 \text{Пр}_{\text{ож.}}} \quad (4.32)$$

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{159055}{0,8 \cdot 732600} \approx 0,3$$

Годовой экономический эффект в сфере производства вычисляем согласно формуле:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{уг}} - \text{Ен} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.33)$$

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

$$\text{Э}_{\Gamma} = 732600 - 0,33 \cdot 159055 = 680111 \text{ руб.}$$

4.7 Заключение по экономическому разделу

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

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

уменьшить трудоемкость на 30 %, увеличить производительность труда на 39 %, уменьшить технологическую себестоимость на 28 %. Размер расчётной величины условно-годовой экономии составил 0,73 млн. рублей.

Размер годового экономического эффекта, оцененный с учетом капитальных вложений в приобретаемое технологическое оборудование, составил 0,68 млн. рублей. Финансовые затраты на капитальные вложения в технологическое оборудование окупятся за 0,3 года.

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества контактной точечной сварки при производстве крыла автомобиля ВАЗ 2191. Анализ особенностей конструкции детали доказал эффективность применения контактной точечной сварки при её изготовлении. Базовая технология сварки предусматривает контактную точечную сварку с применением подвесных клещей с ручным управлением производства фирмы TECNA.

Недостатком базовой технологии является низкая стабильность качества сварки из-за износа сварочных электродов. Для устранения этого недостатка и достижения поставленной цели были решены следующие задачи: 1) выполнить обзор способов и аппаратуры управления контактной точечной сварки в условиях износа сварочных электродов; 2) предложить способ управления контактной точечной сваркой в условиях износа сварочных электродов; 3) Предусмотреть меры защиты работников от опасных и вредных производственных факторов; 4) Произвести экономическое предложенных технических решений.

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

Анализ экономической эффективности предложенных решений позволил установить, что внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 0,68 млн. рублей.

На основании вышеизложенного поставленную в выпускной квалификационной работе можно считать достигнутой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) ГОСТ 15878-79. Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы и размеры. – Введ. 1980-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 9 с.
- 2) Чулошников, П. Л. Контактная сварка / П.Л. Чулошников. – М.: Машиностроение, 1977. – 144 с.
- 3) Климов, А. С. Контактная сварка. Вопросы управления и повышении стабильности качества. / А.С Климов. – М.: Физматлит, 2011. – 216 с.
- 4) Климов, А.С. Основы технологии и построения оборудования для контактной сварки: учебное пособие / А.С. Климов, И.В. Смирнов, А.К. Кудинов, Г.Э. Кудинова. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 336 с.
- 5) Климов, А.С. Контактная сварка. Вопросы управления и повышения стабильности качества. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 216 с.
- 6) Ланкин, Ю.Н. Стабилизация сварочного тока контактных точечных машин при колебаниях напряжения питающей сети / Ю.Н. Ланкин, В.Ф. Семикин, Е.Н. Байштрук // Автоматическая сварка. – 2017. – № 5–6. – С. 40-42.
- 7) А.с. № 1362586 СССР, МПК В23К 11/10, 11/36. Способ контроля сварочного тока / А.А. Чакалев, М.Д. Серегин, К.Н. Тихонов, С.М. Казаков. – Заявл. 04.10.1985; Оpubл. 20.12.1987, Бюл. № 48.
- 8) Орлов, Б.Д. Технология и оборудование контактной сварки / Б.Д. Орлов, А.А. Чакалев, Ю.В. Дмитриев [и др.]. – М. : Машиностроение, 1986. – 352 с.
- 9) Чакалев, А.А. Саморегулирование процесса контактной сварки / А.А. Чакалев, С.М. Казаков, В.А. Ерофеев // Сварочное производство. – 1986. – № 8. – С. 1-3.
- 10) Руденко, П.М. Система автоматического управления и контроля процесса контактной точечной сварки КСУ КС 02 / П.М. Руденко, В.С. Гавриш // Автоматическая сварка. – 2007. – № 11. – С. 43-45.

11) А.с. № 1217607 СССР, МПК В23К 11/30. Способ компенсации износа электродов при контактной точечной сварке / Ю.Л. Бортняков, В.И. Шереверов, С.А. Бухтин. – Заявл. 06.01.84; Оpubл. 15.03.86, Бюл. № 10.

12) А.с. № 747654 СССР, МПК В23К 11/24. Устройство для измерения напряжения на сварочных электродах / А.А. Урсатьев. – Заявл. 26.04.78; Оpubл. 15.07.80, Бюл. № 26.

13) А.с. № 1316769 СССР, МПК В23К 11/24. Способ управления сварочным током при контактной сварке и устройство для его осуществления / Эдуард Дзурани, Мартин Янота, Йозеф Кубан. – Заявл. 28.01.80; Оpubл. 15.06.87, Бюл. № 22.

14) А.с. № 912440 СССР, МПК3 В23К 11/24. Устройство для контроля параметров процесса контактной сварки / О.М. Куделко, А.А. Урсатьев, Г.Т. Макаров, А.Д. Попович. – Заявл. 27.06.80; Оpubл. 15.03.82, Бюл. № 10.

15) Роговин, Д.А. О контроле качества точечной сварки низкоуглеродистых сталей средних толщин по величине перемещения верхнего электрода / Д.А. Роговин, В.П. Александров // Сварочное производство. – 1972. – № 2. – С. 35-37.

16) А.с. № 271674 СССР, МПК В23К 11/10, 11/30. Устройство для контроля температуры центральной подэлектродной зоны / В.С. Гавриш, Ю.С. Гродецкий. – Заявл. 03.01.69; Оpubл. 26.05.70, Бюл. № 18.

17) Архипов, П.П. Термосенсорная диагностика и управление качеством соединений при контактной сварке / П.П. Архипов, А.Ф. Керемжанов, Н.Г. Ефименко [и др.] // Сварщик. – 2002. – № 5. – С. 50-51.

18) 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.

19) Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.

20) Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.

21) Краснопевцева, И.В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.