

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 контактной сварки деталей кузова автомобиля  
в условиях возмущений

Студент	<u>С.М. Икласов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>А.С. Климов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>О.Н. Брега</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

Наиболее сильными возмущениями, вызывающими нестабильность параметров точечной сварки, являются: нагревание токоведущих деталей сварочной машины, изменение массы ферромагнитных тел в ее контуре, трение в механизме сжатия электродов, сопротивление свариваемых деталей сжатию, износ рабочих поверхностей электродов машины, плохая очистка поверхности свариваемых деталей, шунтирование. Уровень возмущений неодинаков в различных отраслях промышленности, при сварке сплавов различных марок и при сварке деталей различной толщины, Стабильность размеров и литого ядра неодинакова при сварке на различных режимах и использовании машин различных типов и зависит от геометрии электродов.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества контактной точечной сварки в условиях возмущений.

В работе решены следующие задачи:

- 1) предложить методику измерения основных электрических параметров контактной сварки;
- 2) предложить способ управления контактной сваркой в условиях действия возмущений;
- 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.

## **ABSTRACT**

This graduation work is about contact welding technology of a car body in a disturbance. The graduation consists of an explanatory note on 53 pages, introduction, including 12 figures, 16 tables, the list of 22 references including 5 foreign sources and 7 appendices, and the graphic part on 6 A1 sheets.

All four parts look toward of increasing of productivity and quality of resistance spot welding under conditions of explosions. The object of the graduation work is a car part - roof beam VAZ 2191 and rear cross member amplifier VAZ 2123. At the beginning of the final qualifying work, the state of resistance welding is analyzed after which the modes were calculated.

The special part of the project economic calculation of efficiency and assessment of safety and environmental friendliness of a technical object. Finally, we present the results on the of the work done and write conclusion about the work done, as a result of which we found out the productivity increased

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1 Анализ современного состояния контактной сварки при сварке в условиях возмущений	
1.1 Сведения о свариваемых деталях .....	8
1.2 Сведения о материале изделия .....	11
1.3 Сведения о технологии сварки балки крыши задней .....	11
1.4 Сведения о возмущениях контактной точечной сварки .....	15
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы .....	19
2 Управление контактной сваркой в условиях возмущений	
2.1 Измерение основных параметров контактной сварки .....	20
2.2 Управление контактной сваркой в условиях действия возмущений ...	22
3 Безопасность и экологичность технического объекта	
3.1 Технологическая характеристика объекта .....	28
3.2 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков .....	30
3.3 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки .....	31
3.4 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений .....	32
3.5 Заключение по разделу .....	33
4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы	
4.1 Исходные данные для выполнения расчетов .....	34
4.2 Расчёт фонда времени .....	36
4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса .....	37

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии .....	39
4.5 Калькуляция заводской себестоимости базовой и проектной технологии .....	44
4.6 Капитальные затраты по базовому и проектной технологиям .....	44
4.7 Показатели экономической эффективности проектной технологии .....	46
4.8 Заключение по экономическому разделу .....	48
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	49
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ</b> .....	51

## ВВЕДЕНИЕ

Качество контактной точечной сварки, в значительной мере определяется правильностью выбора параметров режима сварки, правильностью организации технологического процесса и степенью совершенства аппаратуры управления сварочными машинами. Высококачественное сварное соединение может быть получено только при использовании электронной аппаратуры управления, имеющей высокую точность и обладающей широкими возможностями для задания различных технологических циклов. Наибольшие возможности дает программное управление процессом сварки, позволяющее изменять различные параметры (ток, напряжение, давление между электродами и т. д.) по наперед заданному оптимальному закону.

Наиболее сильными возмущениями, вызывающими нестабильность параметров точечной сварки, являются: нагревание токоведущих деталей сварочной машины, изменение массы ферромагнитных тел в ее контуре, трение в механизме сжатия электродов, сопротивление свариваемых деталей сжатию, износ рабочих поверхностей электродов машины, плохая очистка поверхности свариваемых деталей, шунтирование. Уровень возмущений неодинаков в различных отраслях промышленности, при сварке сплавов различных марок и при сварке деталей различной толщины. Стабильность размеров и литого ядра неодинакова при сварке на различных режимах и использовании машин различных типов и зависит от геометрии электродов.

Размер этой зоны при точечной сварке определяется диаметром литого ядра и регламентируется ГОСТ 15878–79 «Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы и размеры» [1]. Качество контактной точечной сварки зависит от многих факторов, в первую очередь от выбранной технологии, применяемого оборудования и автоматического контроля процесса в реальном времени [2, 3, 4, 12, 13].

При этом в большинстве случаев практически невозможно гарантировать стопроцентно получение качественного соединения. Даже при

соблюдении технологии периодически возникают такие дефекты, как непровар, выплеск, трещины, раковины и отклонение геометрических параметров сварного соединения [4, 5, 6]. 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».

Для устранения влияния различных возмущений на процесс сварки необходимы обратные связи, обеспечивающие автоматическое изменение режима и, как следствие, стабилизацию прочностных характеристик сварных соединений [3, 11].

На основании вышесказанного сформулируем три составляющие, определяющие качество контактной сварки:

- контроль, предупреждение и компенсация возмущений технологического процесса при контактной точечной сварке;
- контроль качества сварных соединений;
- управление процессом формирования соединений в условиях возмущений.

Актуальна и цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества контактной точечной сварки в условиях возмущений.

# **1 Анализ современного состояния контактной сварки при сварке в условиях возмущений**

## **1.1 Сведения о свариваемых деталях**

В условиях массового производства в автомобилестроении при помощи контактной точечной сварки выполняют детали из листовых заготовок толщиной 0,8...2,4 мм. Типовыми деталями являются: стойка заднего крыла автомобиля ВАЗ 2191 (рис. 1.1), балка крыши задняя в сборе ВАЗ 2191 (рис. 1.2), усилитель поперечины панели задка ВАЗ 2123 (рис. 1.3).

Назначение стойки заднего крыла (рис. 1.1) – 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).

Назначение балки крыши задней в сборе ВАЗ 2191 (рис. 1.2) – создавать силовой каркас автомобиля, обеспечение крепления обивки крыши. Также рассматриваемая деталь обеспечивает жесткость панели крыши автомобиля в случае его опрокидывания и попадания на его крышу значительных масс снега. Приварка изделия к кузову автомобиля выполняется по левой и правой боковинам кузова. В поперечном сечении рассматриваемая деталь имеет коробчатую форму и включает в себя: 1) балку крыши заднюю верхнюю (деталь кузова № 2191-57011128); 2) балку крыши заднюю нижнюю (деталь кузова № 2191-57011122).



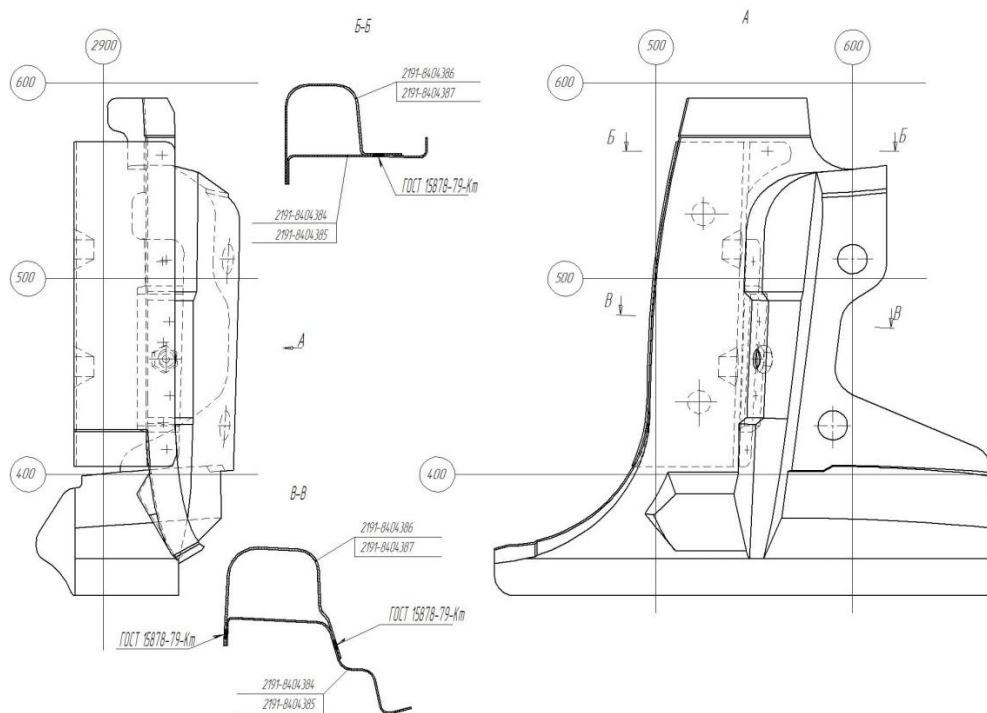


Рисунок 1.1 – Стойка заднего крыла в сборе ВАЗ 2191

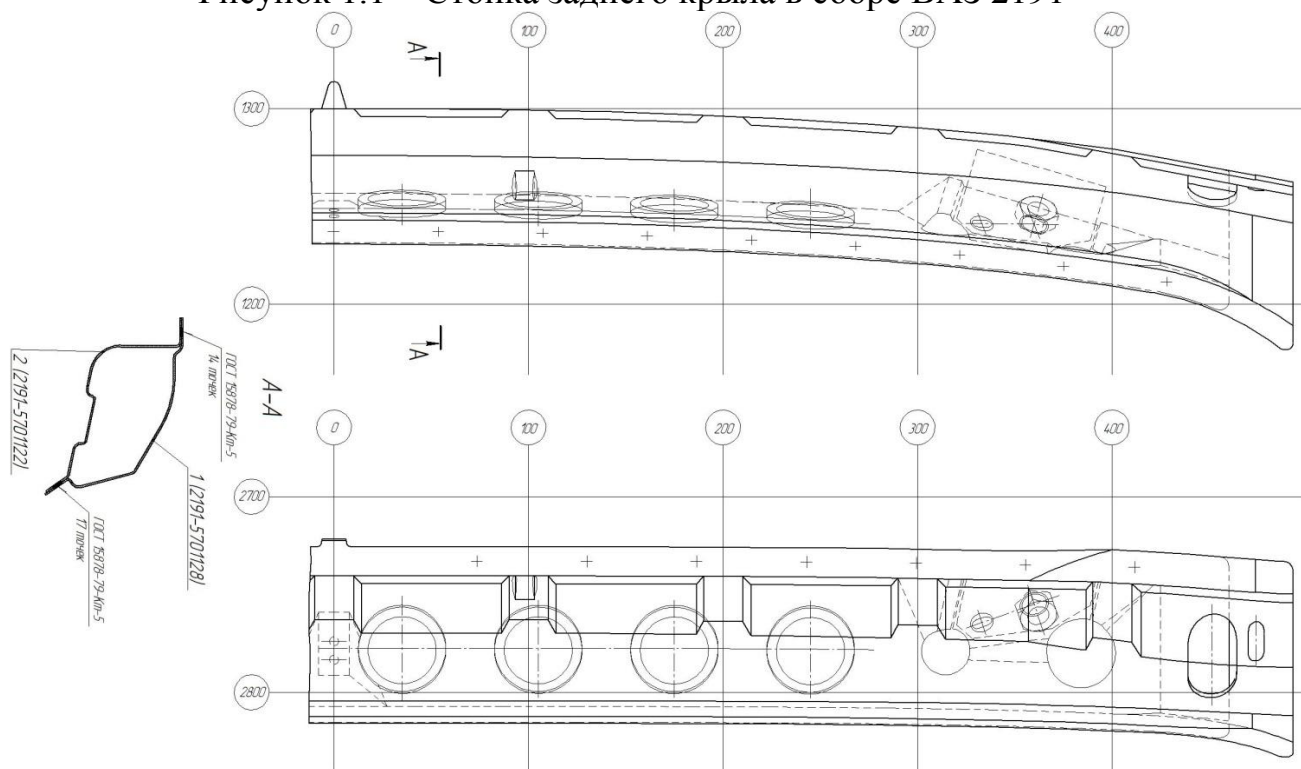


Рисунок 1.2 – Балка крыши задняя в сборе ВАЗ 2191

Усилитель поперечины панели задка в сборе (рис. 1.11) автомобиля 2123 предназначен для усиления поперечины панели задка при ударе сзади. Соединение изделия с кузовом автомобиля производится посредством контактной сварки к поперечине панели задка. Поперечное сечение

рассматриваемого узла коробчатой формы. Сварной узел включает в себя следующие детали: усилитель поперечины панели задка (деталь номер 2123-5601452), надставка усилителя поперечины панели задка (деталь номер 2123-5601454) и заглушка усилителя в количестве двух штук (деталь номер 2123-5601456 и номер 2123-5601457). Длина сварного узла составляет 370 мм.

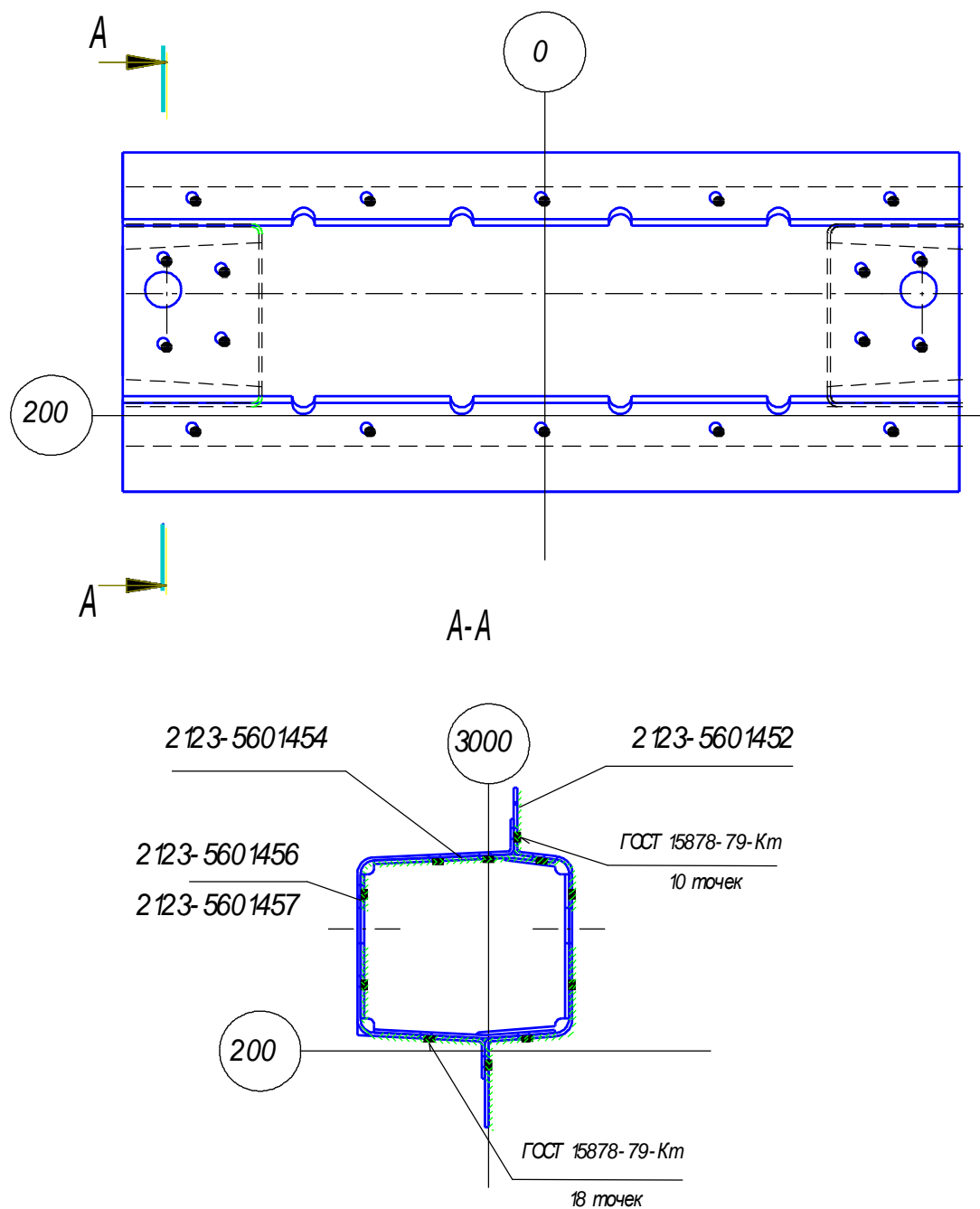


Рисунок 1.3 – Усилитель поперечины панели задка 2123-5601450

## 1.2 Сведения о материале изделия

Выполнение заготовок для изготовления рассматриваемого сварного узла происходит на прессовом производстве путём штампования. Для этого применяют листовую сталь марки 08ЮП. 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	$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\delta_{10}$
Величина показателя	220...280 МПа	340...410 МПа	>31

## 1.3 Сведения о технологии сварки балки крыши задней

Заготовки со склада транспортируются на производственный участок. Заготовки находятся в оборотной таре, откуда сварщик предварительно перемещает их на участок сборки-сварки. На участке заготовки складываются в специальную тару, расставленную вокруг сборочного кондуктора. Сварщик берёт из тары балку крыши заднюю верхнюю и

укладывает её в ложементы сборочного кондуктора, затем берёт из тары балку крыши заднюю нижнюю и укладывает её в ложементы сборочного кондуктора. Собранный изделие фиксируется пневматическими прижимами. Фиксация осуществляется путем нажатия кнопок двуручного включения. После фиксации производится контроль геометрии. Затем сварщик подводит в зону сварки клещи и производится сварка собранных изделий подвесной сварочной машиной 31 сварной точки.

В качестве контактной сварочной машины приняты подвесные клещи с ручным управлением производства фирмы TECNA (табл. 1.3) [7].

Пневматические клещи оснащены встроенным микропроцессорным регулятором контактной сварки TE 300 или TE 450. Они обладают уменьшенными габаритными размерами, рациональным дизайном и высокой производительностью. Водой охлаждаются сварочные электроды, вторичный виток сварочного трансформатора, электрододержатели и клещевина. Тиристорный контактор снабжён термостатом, что позволяет избежать выхода из строя тиристоров в результате перегрева. Хромированный пневматический цилиндр не требует использования маслораспылителя и обладает повышенным сроком службы. Сварочные клещи подвешены на балансире типов 9422...9426 производства TECNA (табл. 1.4). Эти балансиры представляют собой алюминиевый моноблок, имеет трос из нержавеющей стали, необходимые механизмы безопасности.

При сварке используют параметры режима согласно табл. 1.5.

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

Таблица 1.3 – Технические характеристики клещей с ручным управлением

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

Таблица 1.4 – Технические характеристики применяемых балансиров

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

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

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

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

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

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 укладывается в

оборотную тару, которую по мере наполнения изымают с участка и перевозят на участок сборки-сварки кузова.

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

#### **1.4 Сведения о возмущениях контактной точечной сварки**

Самым опасным следует признать уменьшение напряжения питающей сети (рис. 1.4), которое приводит к появлению непроваров и уменьшению прочности сварных точек. Повышение же напряжения питающей сети приводит к появлению выплесков жидкого металла и прожогам. Напряжение питающей сети может изменяться плавно в течение суток или скачкообразно, если происходит подключение мощных потребителей энергии. Также следует учесть влияние других потребителей на форму сетевого напряжения, например, подключение к сети сварочных выпрямителей приводит к существенному искажению синусоиды сетевого напряжения. Кратковременное изменение напряжения питающей сети лежит в диапазоне от -25 до +15 номинального. Изменение напряжения питающей сети существенно влияет на формирование соединения при контактной точечной сварке и значительной степени снижают качество выполняемых соединений. Также следует отметить влияние колебаний напряжения питающей сети на стабильность работы системы управления контактной сваркой, что может привести к нарушению цикла сварки.

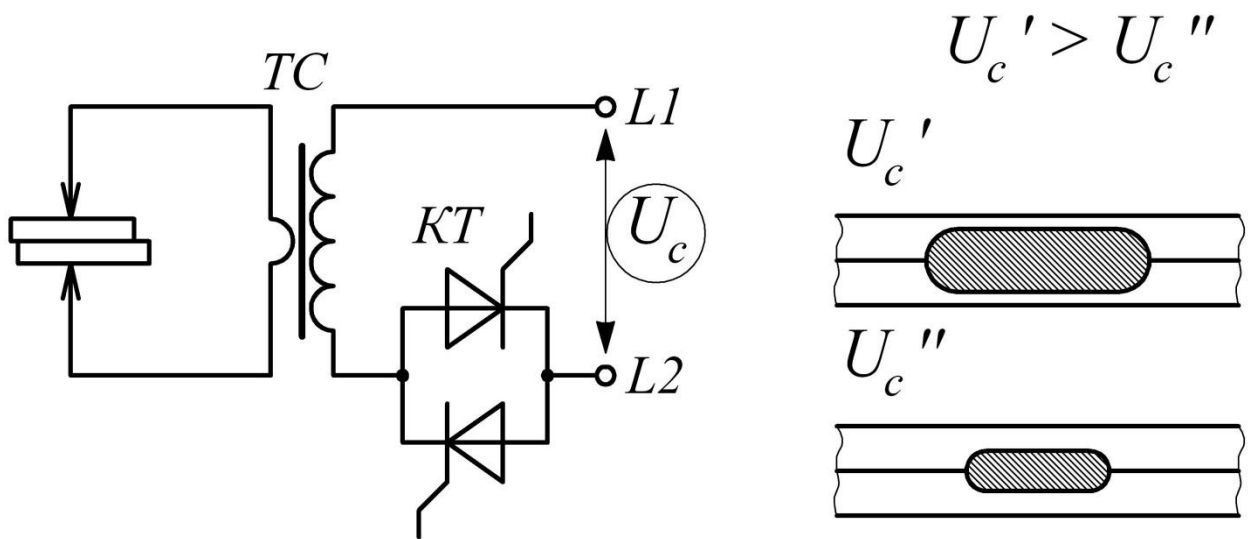


Рисунок 1.4 – Колебание напряжения питающей сети как возмущение при контактной сварке

В массивных токоведущих частях вторичного контура контактных машин на величину активного сопротивления оказывает влияние поверхностный эффект от магнитных полей рассеивания. Вследствие неравномерности распределения тока по сечению элемента вторичного контура величина его активного сопротивления может повыситься на 20...25% против расчетной величины (рис. 1.5). На поверхностный эффект влияет также глубина фазового регулирования, увеличение угла открытия тиристорov вызывает повышение активного сопротивления вторичного контура контактных машин.

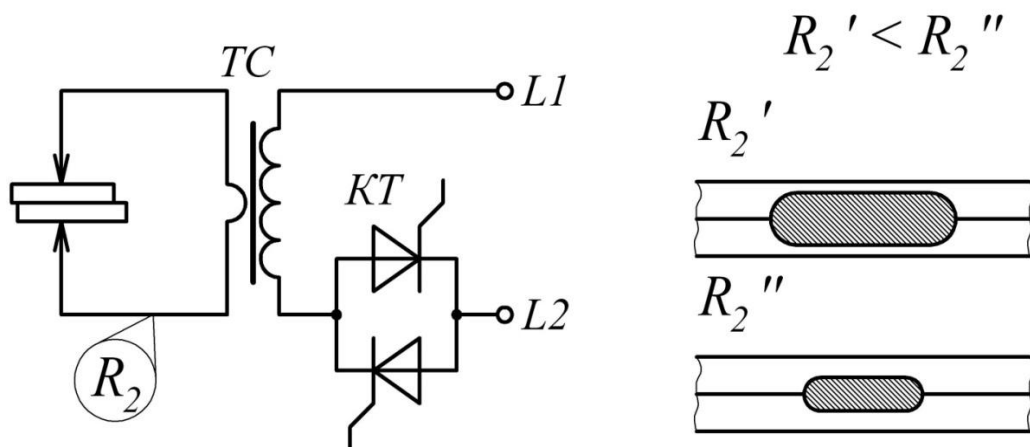


Рисунок 1.5 – Изменение активного сопротивления вторичного контура как возмущение при контактной сварке



Индуктивное сопротивление зависит от конструкции внешнего контура и наличия внутри его массы свариваемых деталей (рис. 1.6). Чем больше расстояние между плечами и вылет электродов и чем больше металла находится внутри контура, тем больше индуктивное сопротивление.

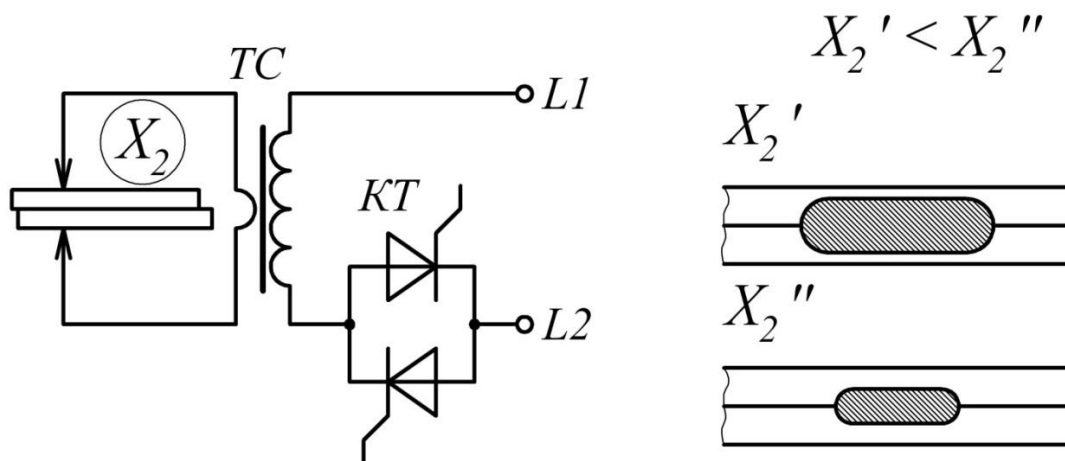


Рисунок 1.6 – Изменение индуктивного сопротивления вторичного контура как возмущение при контактной сварке

Состояние контактной поверхности электродов оказывает заметное влияние на процесс сварки, т.к. от состояния этой поверхности в большой мере зависит сопротивление контакта между электродом и свариваемой деталью. При загрязненной контактной поверхности электродов сопротивление контакта между электродом и деталью возрастает, и хотя выделение тепла на этом контакте увеличивается, это тепло в значительной части является потерянным теплом, т.к. большая часть его отводится электродом. Та же часть, которая передается металлу слабо влияет на нагрев контакта между свариваемыми деталями. При прохождении электрического тока в контакте электрод-деталь развиваются высокие температуры, электроды нагреваются и разупрочняются. Это вызывает износ и увеличение исходного диаметра их контактной поверхности, может привести к недопустимому снижению плотности тока и, в конечном счете, к непровару.

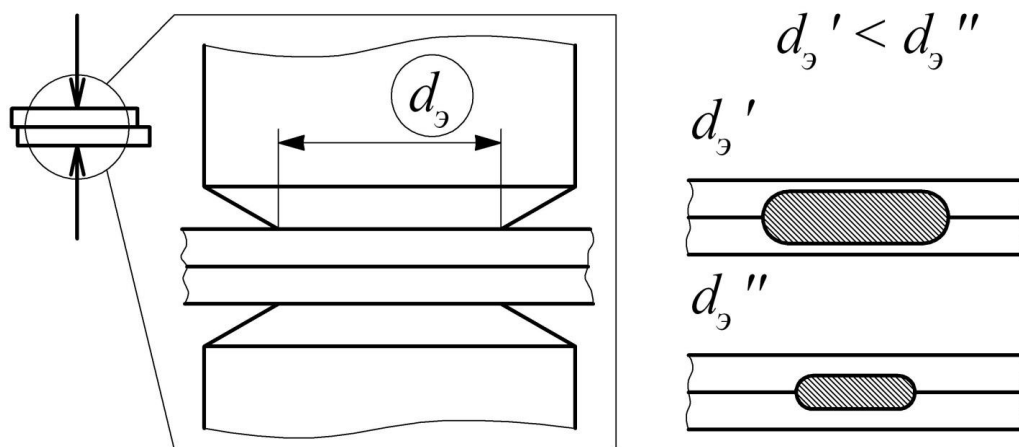


Рисунок 1.7 – Изменение размеров рабочей поверхности электродов как возмущение при контактной сварке

Шунтирование сварочного тока (рис. 1.8) наблюдается прежде всего при последовательной постановке точек. В этих условиях величина тока, протекающего через свариваемую точку, может изменяться вследствие ответвления некоторой части тока через ранее сваренные точки. Кроме того, ответвление тока может происходить через контакты, образуемые, например, неровностями поверхности свариваемых листов.

Суммарное значение тока во вторичном контуре изменяется вследствие шунтирования незначительно, однако сварочный ток, протекающий непосредственно через свариваемую точку, может снижаться до недопустимого уровня. С увеличением толщины деталей и уменьшением отношения шага точек к их диаметру степень шунтирования возрастает.

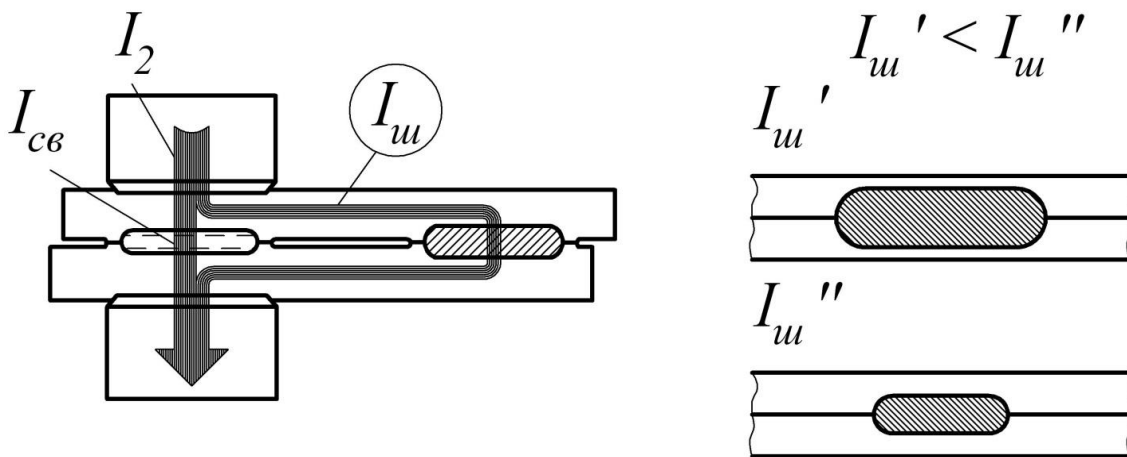


Рисунок 1.8 – Шунтирование сварочного тока при контактной сварке

## 1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В работе поставлена цель - повышение производительности и качества контактной точечной сварки в условиях возмущений. Базовый технологический процесс сварки типовых деталей кузова автомобиля включает в себя выполнение следующих операций: подготовка деталей к сварке, сборка деталей в кондукторе, сварка, контроль качества. При этом в большинстве случаев практически невозможно гарантировать стопроцентно получение качественного соединения. Даже при соблюдении технологии и высокой культуры производства периодически возникают такие дефекты, как непровар, выплеск, трещины, раковины и отклонение геометрических параметров сварного соединения.

Анализ возмущений позволил выделить самые опасные:

- колебание напряжения питающей сети;
- изменение активного и индуктивного сопротивлений вторичного контура;
- износ сварочных электродов;
- шунтирование тока.

Достижение поставленной цели может быть осуществлено при условии решения следующих задач:

- 1) предложить методику измерения основных электрических параметров контактной сварки;
- 2) предложить способ управления контактной сваркой в условиях действия возмущений;
- 3) Предусмотреть меры защиты работников от опасных и вредных производственных факторов;
- 4) Произвести экономическое предложенных технических решений.

## 2 Управление контактной сваркой в условиях возмущений

### 2.1 Измерение основных параметров контактной сварки

Основными параметрами, характеризующими протекание процесса формирования сварной точки, являются:

- ток во вторичном контуре  $I_2$ ;
- сопротивление участка «электрод-электрод»  $r_{\text{ээ}}$ ;
- выделение энергии между электродами  $q_{\text{ээ}}$ .

Измерение этих величин требует установки датчиков во вторичном контуре сварочной машины, причём, для измерения сопротивления участка «электрод-электрод»  $r_{\text{ээ}}$  и выделения энергии между электродами  $q_{\text{ээ}}$  требуется установка двух датчиков – тока и падения напряжения между электродами. Это приводит к усложнению систем управления контактной сваркой и необходимостью борьбы с помехами.

В рамках выпускной квалификационной работы предложено измерения электрических параметров, характеризующих формирование сварного соединения, производить на основании заранее определённых значений активного  $R_{2к}$  и индуктивного  $X_{2к}$  сопротивлений контактной машины в условиях короткого замыкания.

В процессе сварки в каждом периоде сварочного тока измеряют угол  $\alpha$  открытия тиристоров и длительность  $\lambda$  их включения (рис. 2.1).

Далее для каждого периода вычисляют значение коэффициента мощности  $\cos \varphi$  согласно [3, 14, 15]:

$$\begin{aligned}\cos \varphi(\lambda, \alpha) &\approx A_1(\alpha) \cdot \lambda + A_0(\alpha) \\ A_0(\alpha) &\approx -0,743\alpha^3 + 2,994\alpha^2 - 4,259\alpha + 1,359. \\ A_1(\alpha) &\approx -0,297\alpha^3 - 1,032\alpha^2 + 1,037\alpha + 2,352\end{aligned}\tag{2.1}$$

Далее производится вычисление коэффициента регулирования сварочного тока по формуле [3]:

$$k_i = a_1 \cdot \alpha_i + a_0,\tag{2.2}$$

где  $\alpha_i$  – принятый угол открытия тиристоров в текущем периоде;  $a_1$  и  $a_2$  – коэффициенты, определяемые эмпирически.

Коэффициенты  $a_1$  и  $a_0$  можно определить в зависимости от  $\cos \varphi$  из следующих выражений:

$$a_0(\cos \varphi) = 2,138 \cdot \cos^2 \varphi - 3,443 \cdot \cos \varphi + 2,872, \quad (2.3)$$

$$a_1(\cos \varphi) = -0,900 \cdot \cos^2 \varphi + 1,490 \cdot \cos \varphi - 1,173, \quad (2.4)$$

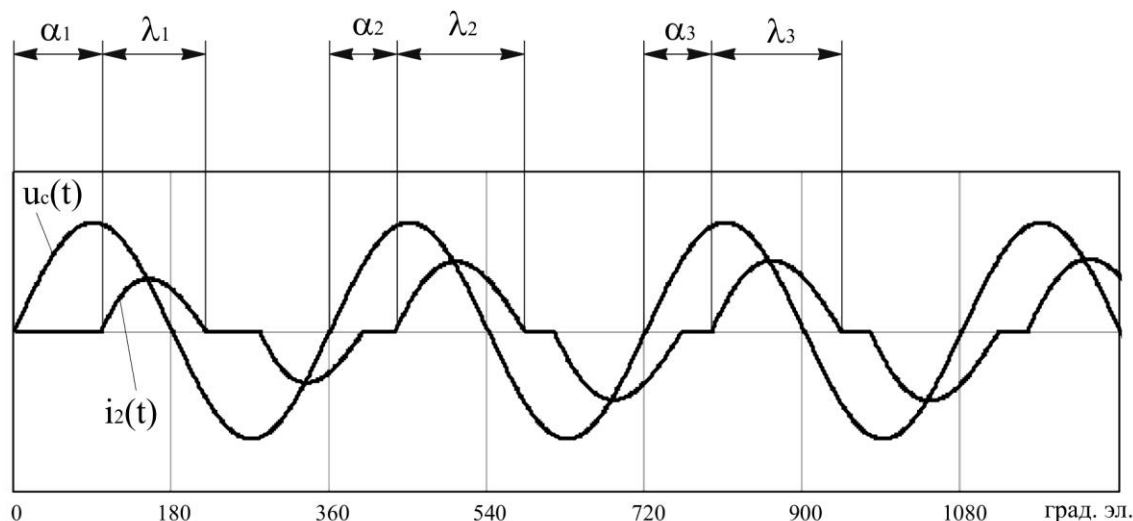


Рисунок 2.1 – Измерение угла  $\alpha$  открытия тиристоров и длительности  $\lambda$  включения тиристоров

Таблица 2.1 – Длительность импульса сварочного тока  $\lambda$  для различных значений  $\alpha$  и  $\cos \varphi$

cos $\varphi$	Угол включения тиристоров $\alpha$ , град. эл.											
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
0,1	-	-	-	-	180	170	152	134	116	97	78	59
0,2	-	-	-	-	178	162	146	129	112	94	76	58
0,3	-	-	-	-	170	155	140	125	109	92	75	57
0,4	-	-	-	175	163	149	135	120	105	89	73	56
0,5	-	-	-	168	156	143	130	116	102	87	71	55
0,6	-	-	172	161	149	137	125	112	98	84	69	54
0,7	-	175	165	154	143	131	120	107	95	81	67	52
0,8	177	167	156	146	135	124	113	102	90	77	64	50
0,9	166	156	146	136	125	115	105	94	83	72	60	47

Далее вычисляют действующее значение тока во вторичном контуре  $I_2$  и сопротивление участка электрод-электрод  $r_{ээ}$  по формулам:

$$I_2 = \frac{U_{20}}{X_{2\kappa}} \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} \cdot k_i, \quad (2.5)$$

$$r_{\text{эз}} = \frac{\cos \varphi \cdot X_{2\kappa}}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}} - R_{2\kappa}, \quad (2.6)$$

где  $R_{2\kappa}$  и  $X_{2\kappa}$  - суммарные активное и индуктивное сопротивление вторичного контура, Ом;  $U_{20}$  - вторичное напряжение холостого хода на данной ступени трансформатора, В.

Далее находят тепловыделение в текущем периоде по формуле:

$$q_i = (I_2)^2 \cdot r_{\text{эз}} \cdot 0,02, \quad (2.7)$$

## 2.2 Управление контактной сваркой в условиях действия возмущений

Задача, на решение которой направлено проектируемая система автоматического управления контактной точечной сваркой, заключается в повышении качества контактной точечной сварки путём получения заданных геометрических размеров точечно-сварного соединения независимо от состояния электродов и поверхности свариваемых деталей за счёт стабилизации тепловыделения в промежутке электрод-электрод.

Поставленная задача может быть решена тем, что в предлагаемом способе автоматического управления контактной сваркой в условиях возмущений происходит определение коэффициента мощности  $\cos \varphi$  и величины тепловыделения за период сварочного тока в промежутке «электрод-электрод». В случае отклонения этого значения от заданного принимают решение на корректировку угла включения тиристоров  $\alpha_{i+1}$  в следующем периоде. В качестве контролируемого параметра при управлении используется длительность включенного состояния тиристоров  $\lambda$ .

Вычисление основных электрических параметров контактной сварки выполняют согласно (2.1)...(2.7). Далее по результату этих расчётов

принимают решение о корректировке угла открытия тиристорov  $\alpha_{i+1}$  в следующем периоде по формуле:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i \cdot \sqrt{\frac{q}{q_i}} + \frac{a_0}{a_1} \left( \sqrt{\frac{q}{q_i}} - 1 \right), \quad (2.8)$$

где  $q$  – заданное тепловыделение за период, Дж;

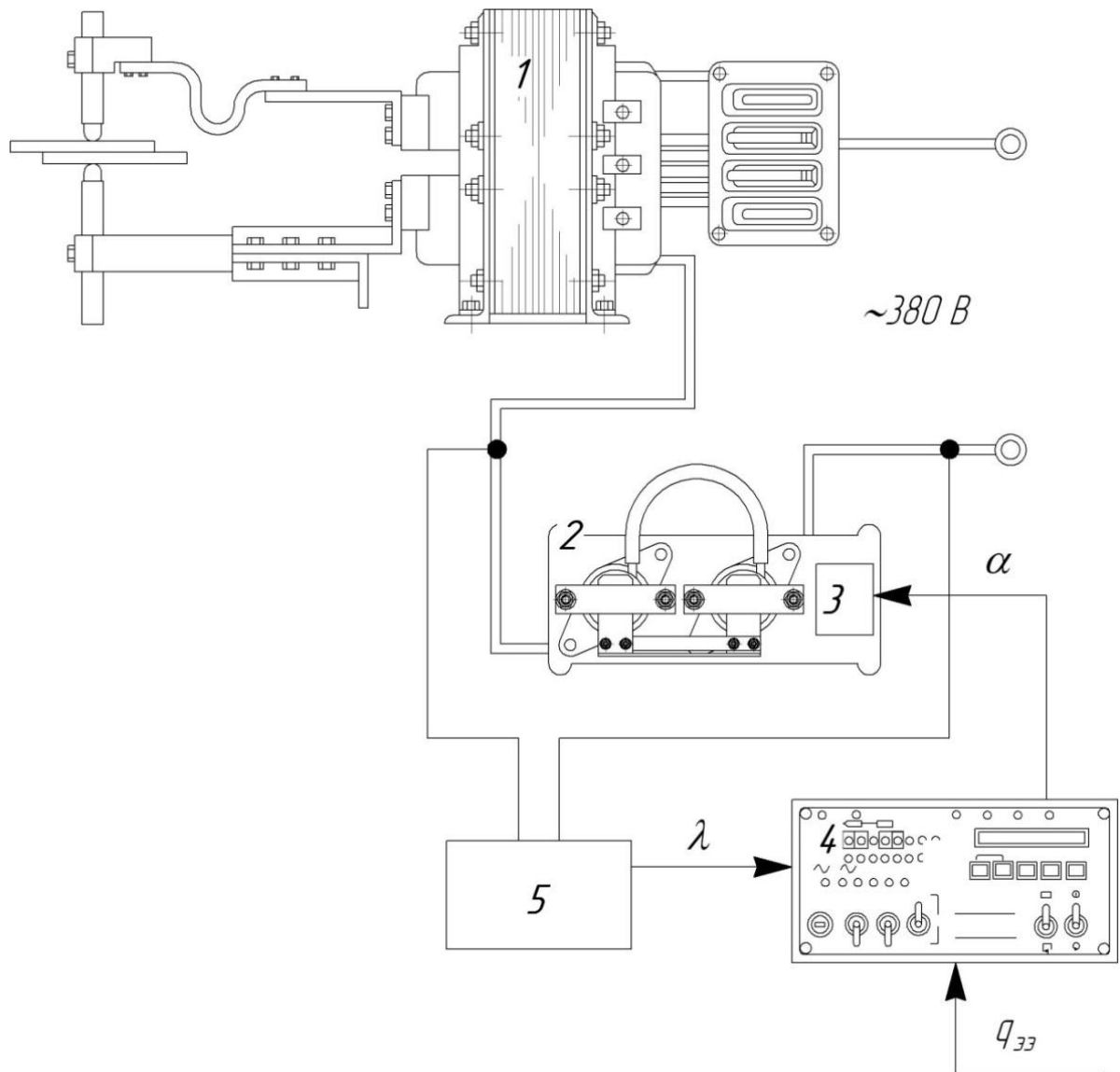
$a_1$  и  $a_0$  – коэффициенты, вычисляемые согласно (2.3) и (2.4).

Использование в качестве измеряемого параметра обратной связи длительности включенного состояния тиристорov  $\lambda$  позволяет упростить систему управления за счёт того, что перестаёт быть необходимым проведение начальной тарировки датчиков и обеспечение их защиты от помех. Это объясняется тем, что при осуществлении предлагаемого способа измеряют не абсолютное значение сварочного тока, а длительность его протекания. Также следует принять во внимание, что наличие электромагнитных помех таком случае не окажет влияния на точность измерений, что объясняется тем, что время существования этих помех совпадает с измеряемой длительностью протекания сварочного тока. Измерения могут производиться в первичном контуре контактной машины, что существенно расширяет область применения предлагаемого способа.

Реализация способа происходит на стандартных машинах контактной сварки, которые работают от сети переменного тока промышленной частоты, содержащих (рис. 2.2) сварочный трансформатор 1, первичная обмотка которого подключена к сети через блок тиристорov 2, управление работой которого осуществляется регулятором сварки 4 через блок поджига 3. Система управления оснащена также датчиком обратной связи 5, который измеряет длительность  $\lambda$  включения тиристорov.

Вычисление коэффициента регулирования сварочного тока по формуле (2.2) позволяет упростить проведения расчётов и повысить их точность по сравнению с существующими аналогами.

Вычисление тепловыделения в текущем периоде сварочного тока по формулам (2.5)...(2.7) позволяет получать данные о тепловой обстановке на участке электрод-электрод без использования непосредственных измерений, что существенно упрощает процесс контроля.



1 - трансформатор сварочный; 2 - контактор тиристорный; 3 - блок поджига тиристоров; 4 - регулятор контактной сварки; 5 - датчик включения тиристоров; 6 - датчик напряжения на электродах; 7 - датчик тока

$U_{20}$  - вторичное напряжение холостого хода сварочного трансформатора, В;  $q_{ээ}$  - заданное тепловыделение на участке "электрод-электрод", Дж;  $\alpha$  - угол открытия сварочных тиристоров, град;  $\lambda$  - длительность включенного состояния тиристоров, град;  $u_{ээ}$  - падение напряжения на участке "электрод-электрод", В;  $i_2$  - вторичный ток, А

Рисунок 2.2 – Система автоматического управления контактной сваркой



Принятие решения о корректировке угла открытия тиристорov  $\alpha_{i+1}$  в следующем периоде сварочного тока с использованием формулы (2.8) позволяет за счёт учёта возмущающих воздействий стабилизировать тепловыделение в промежутке электрод-электрод. Определение коэффициентов  $a_1$  и  $a_0$  в зависимости от  $\cos \varphi$  из выражений (2.3) и (2.4) даёт возможность вычислять  $k_i$  с погрешностью до 2 %, что является достаточным для обеспечения регулирования процесса контактной точечной сварки.

Таким образом, вычисление в каждом периоде сетевого напряжения тепловыделения на участке «электрод-электрод» и регулирование угла открытия тиристорov по предлагаемым формулам позволяет повысить качество выполняемого точечно-сварного соединения, избежать непроваров и выплесков независимо от качества подготовки поверхности и степени износа рабочей поверхности электрода (возможно увеличение диаметра до 50% от начального).

Способ управления контактной точечной сваркой в условиях действия возмущений осуществляется следующим образом.

Перед сваркой в регулятор 4 закладывается заранее определённые суммарные активное  $R_{2к}$  и индуктивное  $X_{2к}$  сопротивления вторичного контура, вторичное напряжение  $U_{20}$  холостого хода трансформатора, а также длительность  $t_{св}$  протекания сварочного тока и выделяемая за период сварочного тока мощность  $q_{эв}$ . В процессе сварки датчик 5 измеряет длительность включения тиристорov  $\lambda$  в положительном полупериоде сварочного тока и отправляет сигнал в регулятор 4, где производится вычисление с учётом принятого в данном периоде угла открытия тиристорov  $\alpha_i$  коэффициента мощности  $\cos \varphi$ . За время отрицательного полупериода сварочного тока регулятор по формулам (2.5)...(2.7) вычисляет выделяемое в сварочном промежутке за данный период количество тепла и по формуле (2.8) требуемый угол  $\alpha_{i+1}$  открытия тиристорov для следующего периода.

Пример. При сварке листовых деталей из низкоуглеродистой стали толщиной 1+1 мм на контактной сварочной машине типа МТ-4017 были введены в регулятор следующие значения: суммарное активное сопротивление контура 60 мкОм, суммарное индуктивное сопротивление контура 180 мкОм, вторичное напряжение холостого хода  $U_{20}=2,50$  В, заданное тепловыделение за период сварочного тока  $q=180$  Дж и время сварки  $t_{св}=0,12$  с (6 периодов). Изменение сопротивления  $r_{э-э}$  промежутка электрод-электрод (рис. 2.3) в процессе сварки при номинальном диаметре рабочей поверхности электродов, равном 5 мм, и увеличенном вследствие износа диаметре, равном 8 мм, представлено соответственно кривыми 1 и 2. При этом стабилизация тепловыделения  $q_i$  за период сварочного тока (рис. 2.4) с использованием предлагаемого способа (кривые 1 и 2) позволяет получить качественные соединения в обоих случаях. В то же время сварка без использования стабилизации тепловыделения (кривые 1' и 2') сопровождается уменьшением тепловыделения при изношенных электродах.

Критерием качества процесса в данном случае является отсутствие следов выплеска металла из сварной точки и из-под сварочных электродов, образование зоны взаимного расплавления диаметром не менее номинального для данной толщины образцов.

После сварки произвели визуальный осмотр сваренных образцов, при котором обнаружено отсутствие выплесков. При разрушении образцов определён диаметр ядра сварной точки, который оказался равным требуемому по ГОСТ 15878-79. Установлено, что размеры зоны взаимного расплавления деталей не зависят от подготовки поверхности и величины износа сварочных электродов. Таким образом, предлагаемый способ управления контактной точечной сваркой в условиях действия возмущений позволяет стабилизировать энерговыделение на участке «электрод-электрод», избежать появления непроваров и выплесков, получить стабильное качества точечно-сварных соединений независимо от

характеристики конкретной сварочной машины и износе сварочных электродов до 50 % от номинального.

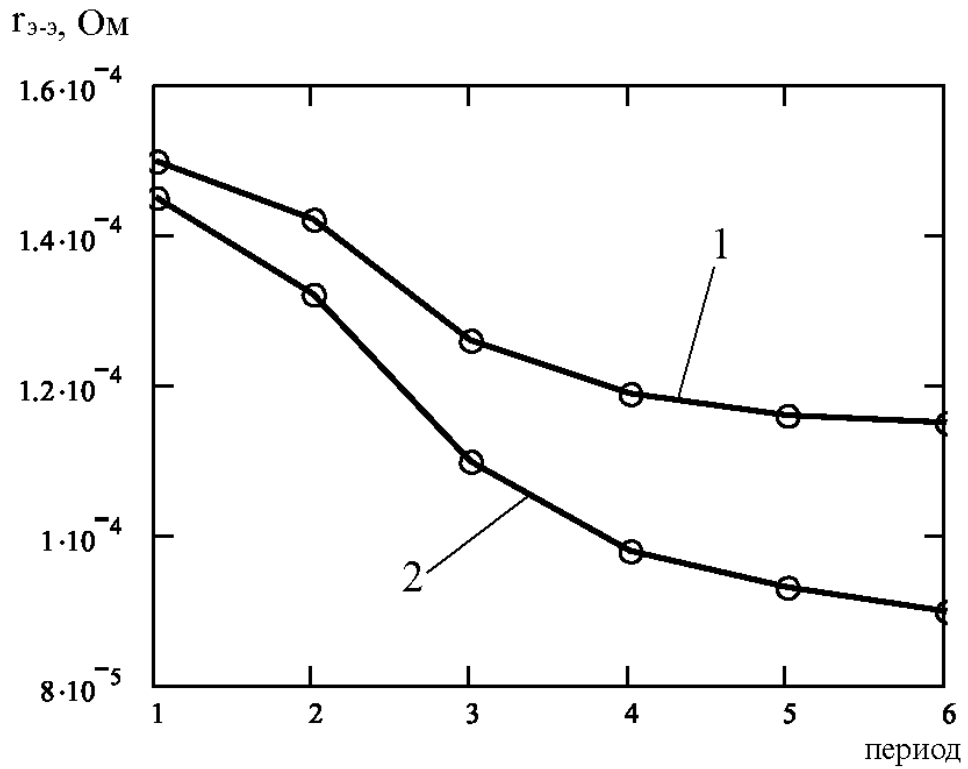


Рисунок 2.3 – Изменение сопротивления  $r_{э-э}$  промежутка электрод-электрод

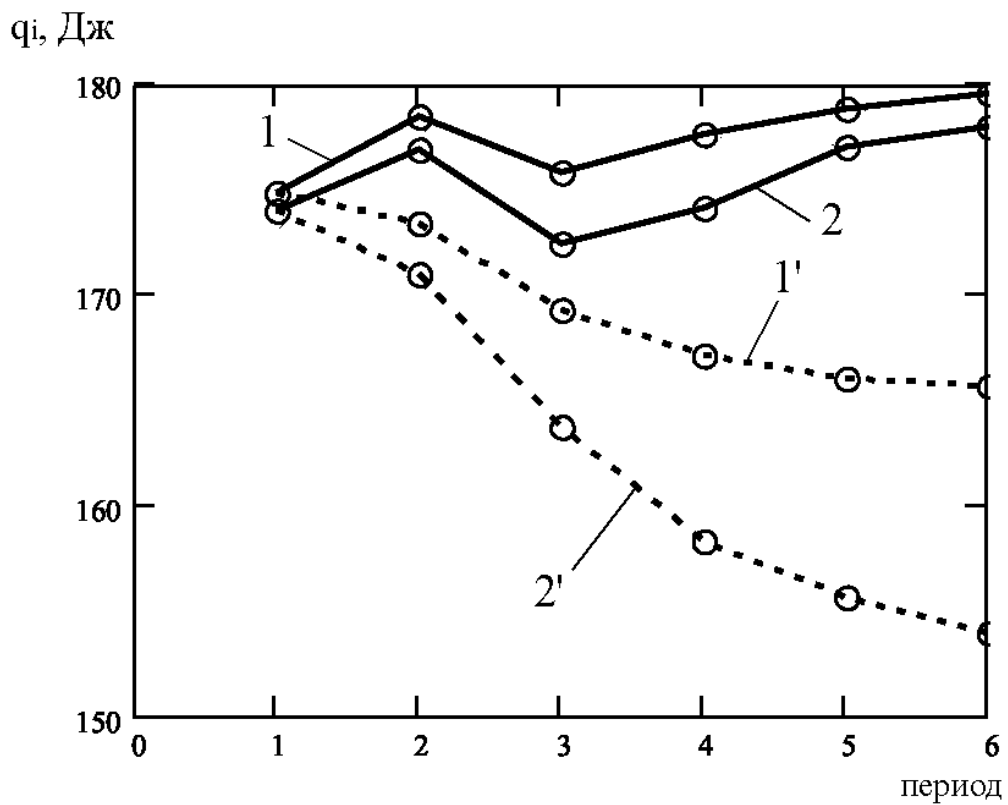


Рисунок 2.4 – Тепловыделение за период сварочного тока

## **3 Безопасность и экологичность технического объекта**

### **3.1 Технологическая характеристика объекта**

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

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

В рамках настоящей выпускной квалификационной работы проблема действия магнитных полей, а также вредных аэрозолей устранена, что достигается культурой производства.

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
Подготовка деталей к сварке	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;</li> </ul>	Острые края деталей, сварочное оборудование
Загрузка деталей в кондуктор	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;</li> <li>- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;</li> </ul>	Сварочное оборудование
Сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых деталей до высоких температур;</li> <li>- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;</li> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;</li> </ul>	Острые края деталей, сварочное оборудование
Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> <li>- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;</li> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений</li> </ul>	Острые края деталей, сварочное оборудование

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

Таблица 3.2 – Предложения по защите от вредных факторов производственного персонала

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

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

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

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

Таблица 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

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

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

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

### 3.4 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

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

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



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

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

### 3.5 Заключение по разделу

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

## 4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы

### 4.1 Исходные данные для выполнения расчетов

Выпускная квалификационная работа посвящена повышению стабильности качества контактной точечной сварки кузовных деталей автомобиля в условиях возмущений. Базовый технологический процесс сварки типовых деталей кузова автомобиля включает в себя выполнение следующих операций: подготовка деталей к сварке, сборка деталей в кондукторе, сварка, контроль качества. При этом в большинстве случаев практически невозможно гарантировать стопроцентно получение качественного соединения. Даже при соблюдении технологии и высокой культуры производства периодически возникают такие дефекты, как непровар, выплеск, трещины, раковины и отклонение геометрических параметров сварного соединения.

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

Таблица 4.1 – Исходные данные для выполнения расчетов

Наименование и сущность экономического показателя	Принятое в расчётах условное обозначение для показателя	Единица измерения рассматриваемого экономического показателя	Величина рассматриваемого показателя в соответствии с вариантом технологического процесса	
			Базовая	Проектная
1	2	3	4	5
Принятое число рабочих смен	Ксм	-	2	2
Значение нормы амортизационных отчислений применительно к рассматриваемому в соответствующей технологии оборудованию	На	%	21,5	21,5
Разряд сварщика	Р.р.		V	V
Значение часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	95,29	95,29

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	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	Сзксп	(Р/м2)/год	4500	4500
Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м2	30000	30000
Суммарная площадь, занимаемая оборудованием для обеспечения соответствующей технологии	S	м2	30	30
Величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
Величина коэффициента, определяющего долю затраты на осуществление монтажа и демонтажа оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5
Величина рыночной стоимости технологического оборудования для обеспечения соответствующей технологии	Цоб	Руб.	1500 тыс.	2000 тыс.
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Задаваемое значение потребляемой мощности технологического оборудования	Муст	кВт	120	120
Принятое значение стоимости электрической энергии для обеспечения соответствующей технологии	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Величина коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
Величина коэффициента полезного действия	КПД	-	0,7	0,7
Величина коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,72	1,72
Величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,97	1,97

## 4.2 Расчёт фонда времени

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

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

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

$D_p$  – суммарное для одного года число рабочих дней;

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

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

$C$  – принятое число рабочих смен.

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

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

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

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

где  $B$  – величина плановых потерь рабочего времени.

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

$$F_9 = 4418 \cdot (1 - 7/100) = 4108 \text{ ч.}$$

### **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 10% от  $t_{\text{МАШ}}$ ;

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

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

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

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

$$t_{\text{шт.баз}} = 0,04 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,05 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 0,025 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,03 \text{ ч.}$$

Размер годовой программы проводимого объема работ вычисляем согласно формуле:

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

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

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

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

$$П_{Г.баз.} = 4108/0,05 = 82 \text{ тыс. за год;}$$

$$П_{Г.проектн.} = 4108/0,03 = 137 \text{ тыс. за год.}$$

Выполнение дальнейшего экономического расчёта будем вести исходя из принятого значения  $П_{Г} = 60$  тыс. деталей за год.

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

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

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

$П_{Г}$  – принятая годовая программа;

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

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

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

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{0,05 \cdot 60000}{4108 \cdot 1,03} = 0,71$$

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

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:

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

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:

$$K_{зб} = 0,71/1 = 0,71,$$

$$K_{зп} = 0,43/1 = 0,43.$$

#### **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:

$$Z_{мб} = Z_{мп} . \quad (4.7)$$

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

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

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

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

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

$$З_{\text{осн.баз.}} = 0,05 \cdot 95,29 \cdot 1,88 = 8,96 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 0,03 \cdot 95,29 \cdot 1,88 = 5,37 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы вычисляем согласно формуле:

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

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

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

$$З_{\text{доп.базов.}} = 8,96 \cdot 12/100 = 1,08 \text{ рублей;}$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 5,37 \cdot 12/100 = 0,64 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 8,96 + 1,08 = 9,04 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 5,37 + 0,64 = 6,01 \text{ рублей.}$$

Размер отчислений на социальные нужды вычисляем согласно формуле:

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

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

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

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 9,04 \cdot 30/100 = 2,71 \text{ руб.}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 6,01 \cdot 30/100 = 1,80 \text{ руб.}$$

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

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

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



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

Размер амортизации оборудования вычисляем согласно формуле:

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

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

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

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

$$A_{\text{об.б}} = \frac{1500000 \cdot 21,5 \cdot 0,05}{4108 \cdot 100} = 3,93 \text{ рублей}$$

$$A_{\text{об.пр}} = \frac{2000000 \cdot 21,5 \cdot 0,03}{4108 \cdot 100} = 3,14 \text{ рублей}$$

Размер расходов на электроэнергию вычисляем согласно формуле:

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

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

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

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

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

$$P_{\text{э-э.б}} = \frac{120 \cdot 0,05 \cdot 3,02}{0,7} = 25,88 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{э-э.пр}} = \frac{120 \cdot 0,03 \cdot 3,02}{0,7} = 15,53 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{об.баз.}} = 3,93 + 25,88 = 29,81 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 3,14 + 15,53 = 18,67 \text{ рублей}$$

Размер затраты на содержание и эксплуатацию площадей вычисляем согласно формуле:

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

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

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

Размер расходов на содержание площадей вычисляем согласно формуле:

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

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

$S$  – площадь, занимаемая оборудованием.

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

$$P_{\text{ПЛБ}} = \frac{4500 \cdot 30 \cdot 0,05}{4108} = 1,64 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{ПЛПР}} = \frac{4500 \cdot 30 \cdot 0,03}{4108} = 0,99 \text{ руб.}$$

Размер расходов на амортизацию площади вычисляем согласно формуле:

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

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

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

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

$$A_{\text{ПЛБ}} = \frac{30000 \cdot 30 \cdot 5 \cdot 0,05}{4108 \cdot 100} = 0,54 \text{ руб}$$

$$A_{\text{ПЛПР}} = \frac{30000 \cdot 30 \cdot 5 \cdot 0,03}{4108 \cdot 100} = 0,33 \text{ руб}$$

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

$$З_{ПЛБ} = 1,64 + 0,54 = 2,18 \text{ руб.}$$

$$З_{ПЛПР} = 0,99 + 0,33 = 1,32 \text{ руб.}$$

Размер технологической себестоимости вычисляем согласно формуле:

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

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

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 9,04 + 2,71 + 29,81 + 2,18 = 43,74 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 6,01 + 1,80 + 18,67 + 1,32 = 27,80 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости вычисляем согласно формуле:

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

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:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 43,74 + 1,72 \cdot 8,96 = 43,74 + 15,41 = 59,15 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 27,80 + 1,72 \cdot 5,37 = 27,80 + 9,24 = 37,04 \text{ руб.}$$

Размер заводской себестоимости вычисляем согласно формуле:

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

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:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 59,15 + 1,97 \cdot 8,96 = 59,15 + 17,65 = 76,80 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 37,04 + 1,97 \cdot 5,37 = 37,04 + 10,58 = 47,62 \text{ руб.}$$

## 4.5 Калькуляция заводской себестоимости базовой и проектной технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

Показатели	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
Фонд заработной платы	ФЗП	9,04	6,01
Отчисления на соц. нужды	О <sub>сн</sub>	2,71	1,80
Затраты на оборудование	Зоб	29,81	18,67
Затраты на площади	Зпл	2,18	1,32
Себестоимость технологич.	Стех	43,74	27,80
Расходы цеховые	Рцех	15,41	9,24
Себестоимость цеховая	Сцех	59,15	37,04
Расходы заводские	Рзав	17,65	10,58
Себестоимость заводская	С <sub>зав</sub>	76,80	47,62

## 4.6 Капитальные затраты по базовой и проектной технологиям

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

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

где  $K_{\text{З}}$  – 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.

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

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:

$$Ц_{\text{Об.Баз.}} = 1500000 - (1500000 \cdot 3 \cdot 21,5/100) = 532500 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОбщБаз.}} = 1 \cdot 532500 \cdot 0,71 = 378075 \text{ рублей}$$

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

$$K_{\text{ОбщПР}} = K_{\text{ОбПР}} + K_{\text{ПлПР}} + K_{\text{СопПР}} \quad (4.22)$$

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:

$$K_{\text{ОбПР}} = 2000000 \cdot 1,05 \cdot 0,43 = 903000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{Соп}} = K_{\text{дем}} + K_{\text{монт}} \quad (4.24)$$

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:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 1500000 \cdot 0,05 = 75000 \text{ руб.}$$

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

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:

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

$$K_{\text{СОП}} = 75000 + 100000 = 175000 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{ОБЩПР}} = 903000 + 175000 = 1078000 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{ДОП}} = 1078000 - 378075 = 699925 \text{ руб.}$$

#### **4.7 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:

$$\Delta t_{\text{ШТ}} = \frac{0,05 - 0,03}{0,05} \cdot 100\% = 40\%$$

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:

$$П_T = \frac{100 \cdot 40}{100 - 40} = 67\%$$

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:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{43,74 - 27,80}{43,74} \cdot 100\% = 36\%$$

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

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

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

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (76,80 - 47,62) \cdot 60000 = 1750800 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

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

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

$$T_{ок} = \frac{699925}{1750800} = 0,4$$

Годовой экономический эффект в сфере производства вычисляем согласно формуле:

$$\text{Эг} = \text{Эуг} - \text{Ен} \cdot \text{Кдоп} \quad (4.33)$$

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

$$\text{Эг} = 1750800 - 0,33 \cdot 699925 = 1519824 \text{ руб.}$$

#### **4.8 Заключение по экономическому разделу**

Экономический раздел настоящей выпускной квалификационной работы посвящён определению основных экономических показателей, которые могут охарактеризовать внедрение предлагаемых решений в производство.

В ходе выполнения расчётов установлено, что проектная технология при внедрении в производство позволит получить положительные эффекты: уменьшить трудоемкость на 40 %, увеличить производительность труда на 67 %, уменьшить технологическую себестоимость на 36 %. Размер расчётной величины условно-годовой экономии составил 1,8 млн. рублей.

Размер годового экономического эффекта, оцененный с учетом капитальных вложений в приобретаемое технологическое оборудование, составил 1,5 млн. рублей. Финансовые затраты на капитальные вложения в технологическое оборудование окупятся за 0,4 года.

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



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение производительности и качества контактной точечной сварки в условиях возмущений.

Базовый технологический процесс сварки типовых деталей кузова автомобиля включает в себя выполнение следующих операций: подготовка деталей к сварке, сборка деталей в кондукторе, сварка, контроль качества. При этом в большинстве случаев практически невозможно гарантировать стопроцентно получение качественного соединения. Даже при соблюдении технологии и высокой культуры производства периодически возникают такие дефекты, как непровар, выплеск, трещины, раковины и отклонение геометрических параметров сварного соединения.

Анализ возмущений позволил выделить самые опасные: колебание напряжения питающей сети; изменение активного и индуктивного сопротивлений вторичного контура; износ сварочных электродов; шунтирование тока.

На основании проведённого анализа были сформулированы задачи выпускной квалификационной работы, последовательное выполнение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) предложить методику измерения основных электрических параметров контактной сварки;
- 2) предложить способ управления контактной сваркой в условиях действия возмущений;
- 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 1,5 млн. рублей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) ГОСТ 15878-79. Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы и размеры – Введ. 1980-01-07. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 9 с.
- 2) Кочергин, К. А. Контактная сварка / К.А. Кочергин. – Л.: Машиностроение, 1987. – 240 с.
- 3) Климов А. С. Контактная сварка. Вопросы управления и повышению стабильности качества / А.С. Климов. – М.: Физматлит, 2011. – 216 с.
- 4) Шаповалов, Е.В. Современные методы и средства неразрушающего контроля сварного соединения, выполненного контактной точечной сваркой / Е.В. Шаповалов, Р.М. Галаган, Ф.С. Клишар, В.И. Запара // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2013. – № 1. – С. 10–22.
- 5) Гуляев А. И. Технология и оборудование контактной сварки / А.И. Гуляев. — М: Машиностроение, 1985. – 254 с.
- 6) Технология и оборудование контактной сварки: Уч. для машиностр. вузов / Б. Д. Орлов, А. А. Чакалев, Ю. В. Дмитриев и др. // Под общ. ред. Б. Д. Орлова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1986. — 352 с.
- 7) Горячий, Д.В. Технология изготовления автомобильных узлов / Д.В. Горячий. – М.: Машиностроение, 1990. – 367 с.
- 8) Сварка. Резка. Контроль. Справ. В 2-х т. Т. 2 / Н. П. Алешин, Г. Г. Чернышов, А. И. Акулов и др. // Под общ. ред. Н. П. Алешина, Г. Г. Чернышова. – М.: Машиностроение, 2004. – 480 с.
- 9) Технология и оборудование контактной сварки: Уч. для машиностр. вузов / Б. Д. Орлов, А. А. Чакалев, Ю. В. Дмитриев и др. // Под общ. ред. Б. Д. Орлова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1986. — 352 с.

10) Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т. II. Технология и оборудование. Справ. изд. / Под ред. В. М. Ямпольского. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1996. — 574 с.

11) Andrews, D.R. Quality assurance for resistance spot welding / D.R. Andrews, J. Broomhead // *Welding Journal*. – 1975. – № 5. – P. 158–162.

12) Gedeon, S.A. Measurement of dynamic electrical and mechanical properties of resistance spot welding / S.A. Gedeon, C.D. Sorensen, K.T. Ulrich, T.W. Eagar // *Welding Journal*. – 1987. – № 65 (12). – P. 378s–385s.

13) Zhou, M. Relationships between Quality and Attributes of Spot Welds / M. Zhou, H. Zhang and S.J. Hu // *Welding Journal*. – 2003. – № 4. – P. 72-77.

14) Richard, A.A. Real-time control of nugget formation in spot welds / Alan A. Richard, Alan C. Traub and Riccardo Vanzetti // *Euromicro Newsletter*. – 1980. – Vol. 6. – P. 296-303.

15) Dickinson, D.W. Characterization of spot welding behavior by dynamic electrical parameter monitoring / D.W. Dickinson, J.E. Franklin, A. Stanya // *Welding Journal*. – 1980. – № 6. – P. 170-176.

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

17) Левченко, О.Г. Безопасный уровень напряженности электромагнитного поля при контактной сварке / О.Г. Левченко, В.К. Левчук // *Автоматическая сварка*. – 2008. – № 5. – С. 46–55.

18) Грачева, К. А. Экономика, организация и планирование сварочного производства: учебное пособие для студентов вызов, обучающихся по специальности "Оборудование и технология сварочного производства" / К. А. Грачева. – М. : Машиностроение, 1984. – 386 с.

19) Панащенко, Н. И. Нормирование расхода материалов и электроэнергии при контактной сварке / Н. И. Панащенко, Ю. В. Скульский, П. Л. Чулошников // *Автоматическая сварка*, 1996 – №1. – С 45–52.

20) Панащенко, Н. И. Нормирование расхода материалов и электроэнергии при контактной сварке / Н. И. Панащенко, Ю. В. Скульский, П. Л. Чулошников // Автоматическая сварка, 1996 – №1. – С 45–52.

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

22) Амирджанова, И.Ю. Правила оформления выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие / И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова – Тольятти : ТГУ, 2019. – 145 с.