

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 Методика изучения вторичного контура машин контактной сварки

Студент	<u>С.М. Незамов</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

Качество контактной точечной сварки зависит от многих факторов, в первую очередь от выбранной технологии, применяемого оборудования и автоматического контроля процесса в реальном времени.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности контактной точечной сварки за счёт анализа существующей нормативной документации по теме и формирования методического указания и внутреннего стандарта по проектированию вторичного контура контактных сварочных машин.

В работе поставлены и решены следующие задачи:

- 1) Разработать методику изучения вторичного контура (будет использована как основа для составления методического указания к выполнению лабораторной работы);
- 2) Разработать методику проектирования и представить примеры проектирования составных элементов вторичного контура;
- 3) Обеспечить технику безопасности при исследовании устройства вторичного контура в лаборатории контактной сварки.
- 4) Произвести экономическое обоснование результатов дипломного проекта.
- 5) Предусмотреть мероприятия по защите авторского права на полученные в проекте решения и методики.

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

## **ABSTRACT**

This graduation work deals with methods of study the secondary circuits of welding machines, analysis of the existing regulatory documentation on the topic of formation of methodological and internal standards for the design of the secondary circuit of contact welding machines.

The aim of the work is to give some information about the ways of designing of secondary circuits of welding machines by adhering formed in this work the methodology for the design of secondary circuits. And also give information about the economic efficiency of this method and safety.

We give full coverage to the technique of designing the secondary circuit of the contact welding machine, the design of electrodes, the selection of the sizes of the conical electrode landings, the design of the trunk, the method of measuring the active and inductive resistance of the secondary circuit, was also tested this technique on the machine «MTIIY-300».

In conclusion we'd like to stress formed guidelines and internal standard for the design of the secondary circuit of contact welding machines allows you to get positive economic effects: reduce labor intensity by 20%, increase productivity by 25%, reduce the technical cost by 33%, conditional annual savings of 1.3 million rubles and pays for 0.53 years. Overall, the results suggest that the goal of this work is achieved.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1 Анализ состояния вопроса	
1.1 Особенности проектирования вторичного контура .....	8
1.2 Задание параметров режима контактной сварки .....	13
1.3 Задачи выпускной квалификационной работы .....	17
2 Изучение и проектирование вторичного контура	
2.1 Методика изучения вторичного контура контактной сварочной машины .....	19
2.2 Проектирование сварочных электродов .....	23
2.3 Проектирование электродных узлов .....	25
2.4 Методика измерения составляющих сопротивления вторичного контура .....	30
2.5 Измерения на машине МТПУ-300 .....	32
3 Безопасность и экологичность технического объекта	
3.1 Технологическая характеристика объекта .....	34
3.2 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков .....	36
3.3 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки .....	37
3.4 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений .....	38
3.5 Заключение по экологическому разделу .....	39
4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы	
4.1 Исходные данные для выполнения расчетов .....	40
4.2 Расчёт фонда времени .....	42
4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся	

операции технологического процесса .....	43
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии .....	45
4.5 Калькуляция заводской себестоимости базовой и проектной Технологии .....	49
4.6 Капитальные затраты по базовой и проектной технологиям .....	50
4.7 Показатели экономической эффективности проектной технологии.....	52
4.8 Заключение по экономическому разделу .....	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	56

## ВВЕДЕНИЕ

Лаборатория контактной сварки создана для материального обеспечения дисциплины «Технология контактной сварки», проведения научно-исследовательской работы бакалавров и магистров.

В лаборатории «Контактная сварка» проводится лабораторный практикум и курсовое проектирование по дисциплинам «Технология контактной сварки» и «роботизированные комплексы и автоматические линии в сварке». В ходе обучения студент получает навыки наладки, ремонта и проектирования оборудования для контактной сварки. Лаборатория «Контактная сварка» является одной из наиболее оснащённых в ТГУ и содержит в себе все основные виды оборудования для контактной сварки, применяемые на современных предприятиях. Шефскую помощь в оснащении лаборатории оказал ОАО «АВТОВАЗ».

В настоящее время на кафедре «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы» учебным планом по предусмотрено выполнение студентами курсовой работы по дисциплине «Технология контактной сварки». Исторически сложилось (и не только у нас на кафедре), что основными разделами данной курсовой работы являются:

- 1) расчёт режимов контактной сварки;
- 2) проектирование сварочных электродов;
- 3) проектирование вторичного контура контактных машин;
- 4) расчёт сварочного трансформатора.

Первый и четвертый пункты достаточно детально проработаны в существующих вариантах методических указаний и литературе по теме, которые позволяют дать однозначные ответы на поставленные вопросы. Выполнение этих пунктов не вызывает особых трудностей у студентов. Однако второй и третий пункты предусматривают творческий подход к их выполнению, что не позволяет дать однозначных рекомендаций студенту. В то же время существует множество нормативной документации,

предъявляющей определённые требования к форме и размерам элементов проектируемого вторичного контура, что ещё больше усложняет задачу студента.

Качество контактной точечной сварки зависит от многих факторов, в первую очередь от выбранной технологии, применяемого оборудования и автоматического контроля процесса в реальном времени [11...15].

Известно много стационарных и карманных приборов, систем на основе офисных и промышленных компьютеров и ноутбуков, предназначенных для контроля процесса контактной точечной и шовной сварки сопротивлением.

Эти приборы и системы позволяют исследовать процесс сварки новых и известных материалов и конструкций, автоматизировать выбор режима сварки, оптимизировать его, задавать и проверять допустимые пределы колебаний параметров режима, следить в реальном времени за качеством сварки. С их помощью можно накапливать, статистически обрабатывать и анализировать данные, сертифицировать производство, калибровать датчики, осуществлять техническое обслуживание сварочных машин и электродов.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности контактной точечной сварки за счёт анализа существующей нормативной документации по теме и формирования методического указания и внутреннего стандарта по проектированию вторичного контура контактных сварочных машин.

# 1 Анализ состояния вопроса

## 1.1 Особенности проектирования вторичного контура

Основными размерами вторичного контура (рис. 1.1) являются: полезный вылет  $l_3$  и раствор  $h_3$  сварочных электродов, габариты  $L$  и  $H$  прямоугольника, который описывает вторичный контур.

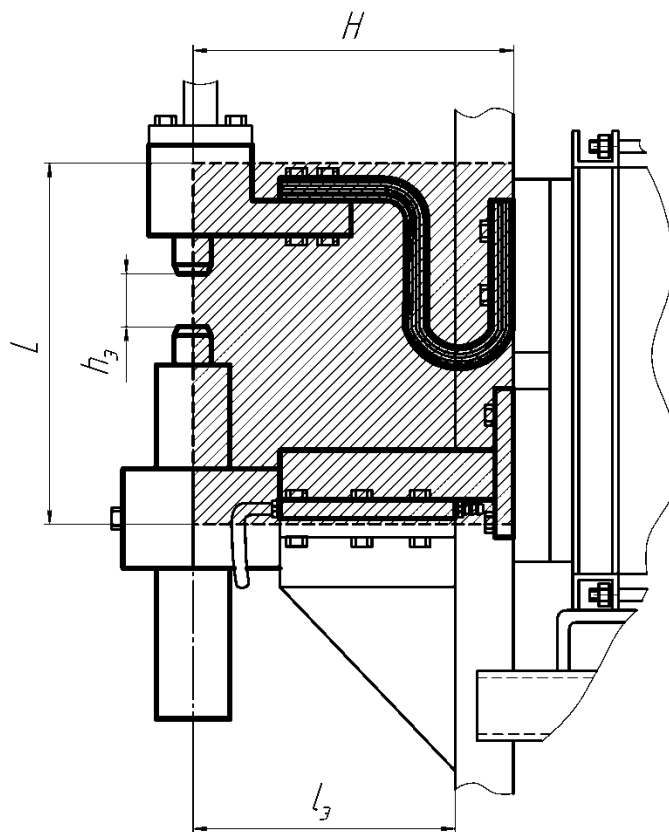


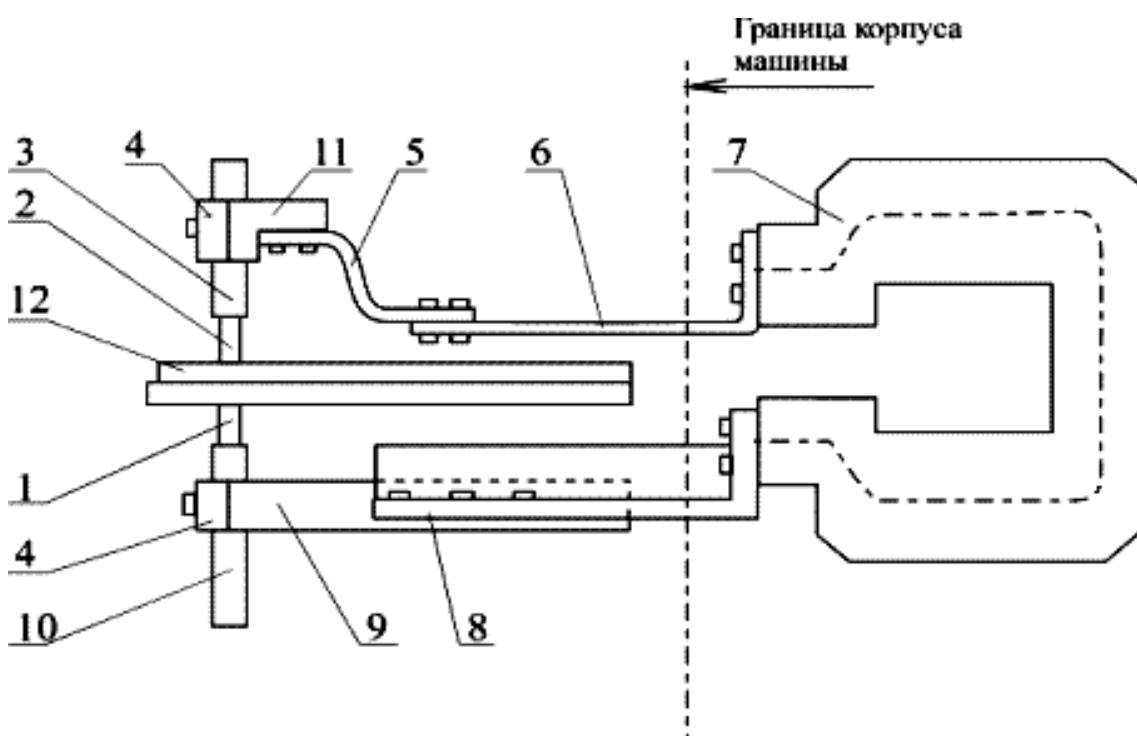
Рисунок 1.1 – Геометрические характеристики вторичного контура

На серийных машинах контактной сварки полезный вылет  $l_3$  электродов составляет 200...500 мм. На специализированных машинах контактной сварки полезный вылет  $l_3$  электродов может достигать 1200 мм. На машинах контактной сварки с выпрямлением тока во вторичном контуре постоянного тока полезный вылет  $l_3$  электродов может достигать 1500 мм.

Величина наибольшего раствора  $h_3$  вторичного контура на стационарных машинах для контактной точечной сварки в зависимости от полезного вылета  $l_3$  электродов составляет: для  $l_3 \leq 200$  мм – не менее 100 мм, для  $200 < l_3 \leq 500$  мм – не менее 150 мм, для  $l_3 > 500$  мм - не менее 200 мм.



Составными элементами вторичного контура (рис. 1.2) являются электроды 1 и 2, электрододержатели 3 и 10, гибкая шина 5, жёсткая шина 6, вторичный виток сварочного трансформатора 7, колодка 8 и хобот 9.



1, 2 – электроды; 3, 10 – свечи; 4 – прижимы; 5 – гибкая шина; 6 – пластина; 7 – вторичный виток трансформатора; 8 – колодка нижняя; 9 – хобот; 11 – колодка верхняя; 12 – свариваемые детали

Рисунок 1.2 – Эскиз вторичного контура точечной контактной машины

Назначение **жёстких шин** – увеличение полезного вылета вторичного контура. Жёсткие шины не подвергаются значительным силовым нагрузкам в процессе сварки, они изготавливаются с применением полосовой меди.

Назначение **гибких шин** – увеличение полезного вылета вторичного контура и обеспечение подвода тока к подвижным частям вторичного контура. Гибкие шины изготавливаются с применением медной фольги, толщина которой составляет 0,2...0,3 мм. Уменьшение контактного сопротивления на концах гибких шин достигается применением диффузионной сварки.

Назначение хоботов – подвод сварочного тока к электрододержателям и передача сварочного усилия от привода сжатия к электродам. Хоботы выполняют из меди или бронзы, поперечное сечение хобота зависит от токовых нагрузок и механической прочности. Величина допускаемого прогиба хобота при действии на него номинального сварочного усилия задана ГОСТ 297-80 и определяется номинальным вылетом электродов, группой сварочной машины и типом её привода сжатия (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Допускаемое смещение электродов точечных и шовных машин под действием номинального усилия

Номинальный вылет, мм	Смещение для машин, мм			
	группы А		группы Б	
	прессового типа	радиального типа	точечных прессового типа	шовных прессового типа
$l_э \leq 500$	1,0	1,5	2,0	2,5
$500 < l_э \leq 1200$	1,5	2,0	2,3	2,8
$l_э > 1200$	2,0	2,3	2,5	3,0

Назначение **электродержателя** – передача закреплённому в нём электроду сварочного усилия и сварочного тока. В процессе сварки электрододержатель подвергается значительным токовым и силовым нагрузкам, поэтому он выполняется из бронзы.

В соответствии с требованиями ГОСТ 297-80 во вторичных контурах контактных сварочных машин хотя бы один из электрододержателей должен иметь возможность регулирования расстояния до передней стенки машины. При вылете электродов до 1000 мм возможность изменения вылета должна быть не менее чем на 10 % длины вылета. При вылете электродов 1000 мм и более величина регулирования вылета должна быть не 100 мм . Для этого хобота 1 круглого сечения закрепляют в колодке 2 (рис. 1.3). При ослаблении

зажимных элементов 3 ослабевает крепление хобота в колодке, становится возможным свободно перемещать хобот по длине, регулируя вылет, и вращать его вокруг оси, регулируя соосность электродов.

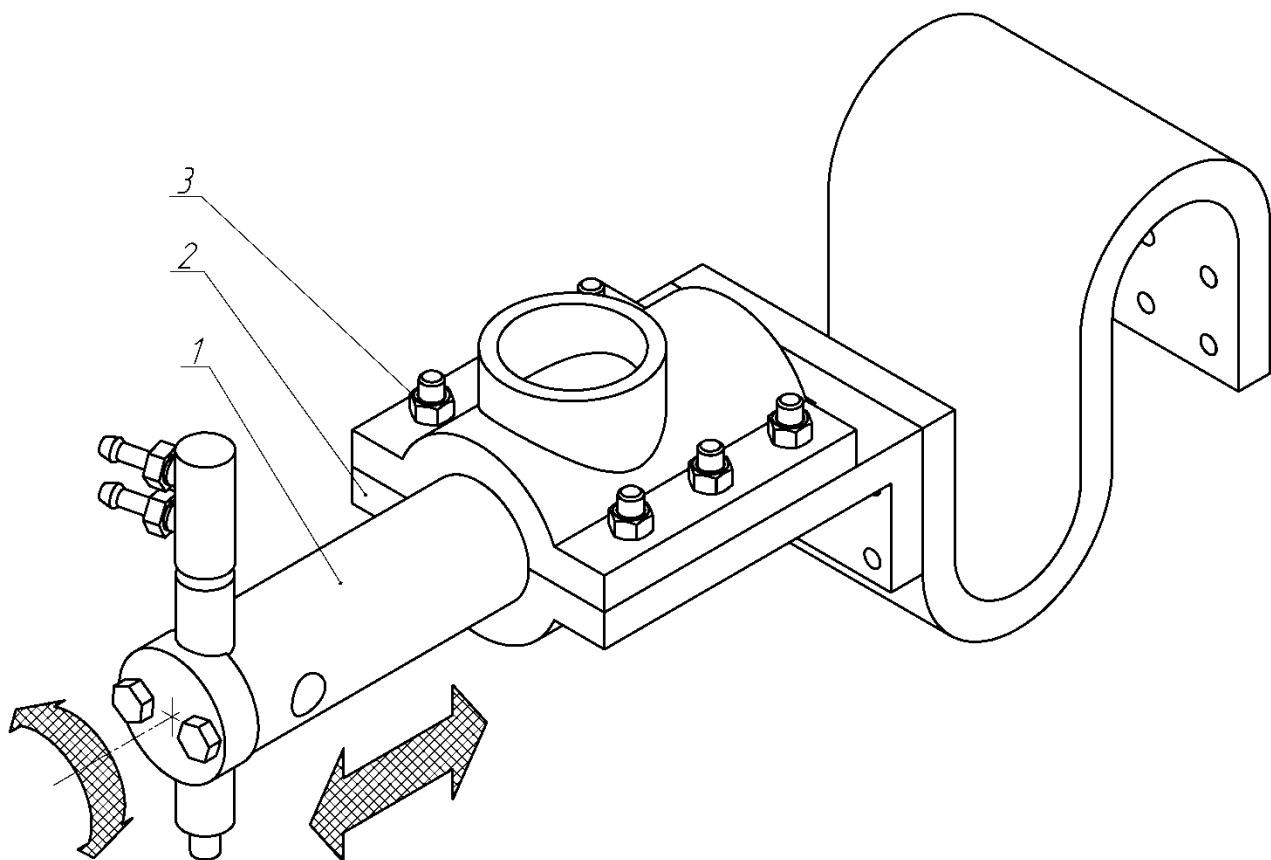
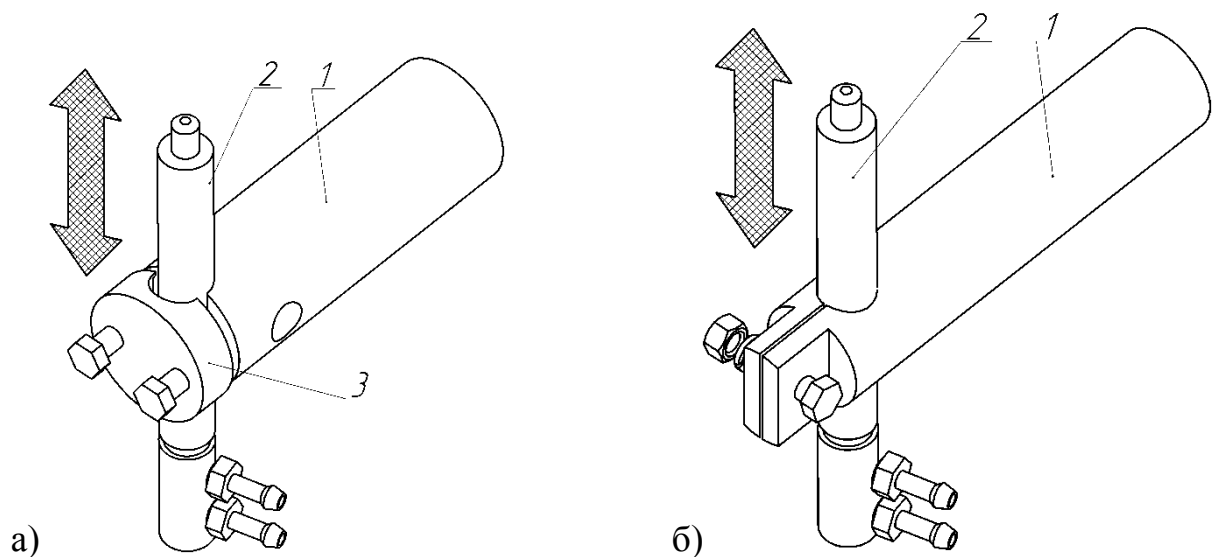


Рисунок 1.3 – Регулирование вылета и соосности электродов изменением положения хобота

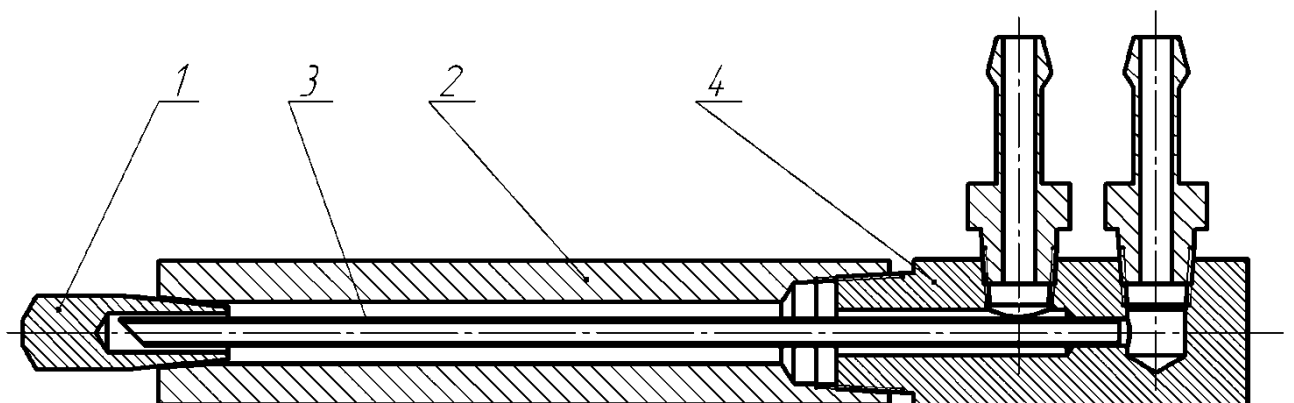
Раствор электродов регулируется перемещением электрододержателя относительно хобота. У контактных машин большой и средней мощности на конце хобота 1 крепится съёмная колодка 2 (рис. 1.4 а), при ослаблении прижимных винтов прижим колодкой электрододержателя ослабляется, появляется возможность регулирования положения электрододержателя относительно хобота. У контактных машин малой мощности на конце хобота выполнена вилка (рис. 1.4 б), при ослаблении крепящего болта ослабляется крепление электрододержателя в вилке и появляется возможность его перемещения относительно хобота.



1 – хобот, 2 – электрододержатель, 3 – съёмная колодка

Рисунок 1.4 – Регулирование раствора электродов перемещением электрододержателя на машинах средней и большой мощности (а), на машинах малой мощности (б)

Назначение **электрода** – передавать усилие и ток свариваемым деталям. Крепление электрода 1 в электрододержателе 2 осуществляется по конусной посадке. Охлаждение электрода и электрододержателя осуществляется водой, которая подаётся по медной или латунной трубке 3. Подвод и отвод охлаждающей воды выполняется через штуцеры стальной колодки 4, которая ввёрнута с противоположного конца электрододержателя.



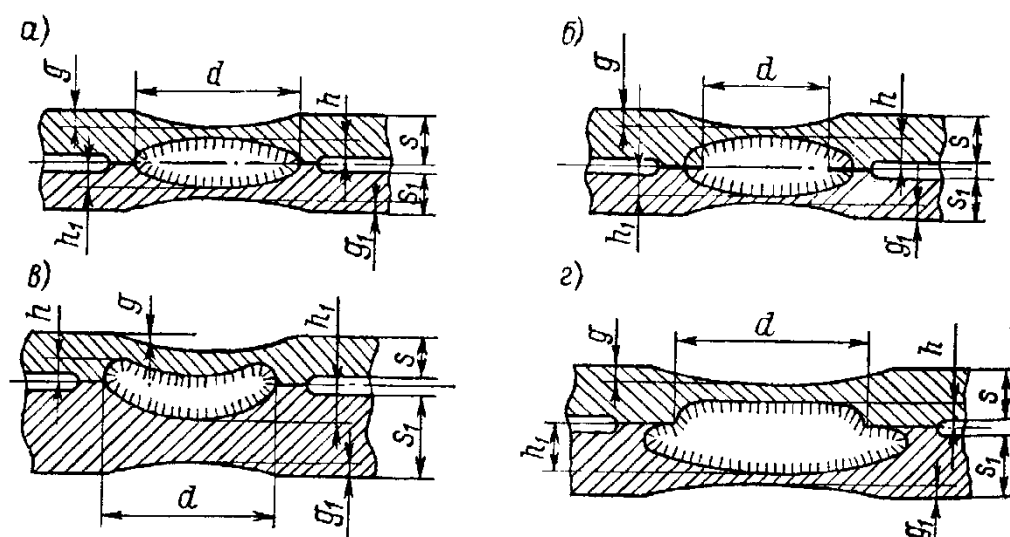
1 – электрод, 2 – электрододержатель, 3 – трубка водяного охлаждения, 4 – стальная колодка крепления штуцеров

Рисунок 1.5 – Строение типового электрододержателя

## 1.2 Задание параметров режима контактной сварки

Для проектирования вторичного контура для специализированной сварочной машины необходимо задать параметры режима сварки. Величина сварочного тока и сварочного усилия будут определять сечение элементов вторичного контура.

При контактной точечной сварке образуется литое ядро, диаметр  $d$  этого ядра определяет прочность соединения. Также сварное соединение характеризуется величинами проплавления  $h$  и  $h_1$ , глубиной вмятины на деталях  $g$  и  $g_1$  (рис. 1.6).



- а) неплакированные металлы; б) плакированные металлы;  
в) детали неравной толщины; г) разноимённые металлы

Рисунок 1.6 – Конструктивные элементы сварных соединений, выполненных точечной сваркой

Сварная точка должна получаться по ГОСТ 15878-79. ГОСТ 15878-79 регламентирует две группы точечных соединений: группа А и группа Б (табл. 1.2). 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 1.2 – 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	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 2,2	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 1,3...1,6 1,6...1,8 1,8...2,2 2,2...2,7 2,7...3,2	4 5 6 6,5 7 8 9	11 13 14 15 17 19 21	14 16 18 19 20 22 26	15 17 20 22 25 30 35	18 20,5 24 26 30 36 42	3 3,5 4 4,5 5 6 7	9 10 11 12 13 15 17	12 13 14 15 16 18 20	12 14 16 18 20 23 26	15 16 18 19,5 24 27 31
3,2...3,7 3,7...4,2 4,2...4,7 4,7...5,2 5,2...5,7 5,7...6,0	10,5 12 13 14 15 16	24 28 31 34 38 42	28 32 36 40 46 50	40 45 50 55 60 65	48 54 60 66 72 78	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	

При выборе параметров режима сварки исходными данными являются:

- 1) материал свариваемой детали;
- 2) толщина свариваемых деталей;
- 3) производительность сварки, которая определяет жёсткость режима сварки и задаваемую продолжительность включения.

Основными параметрами режима контактной точечной сварки являются:

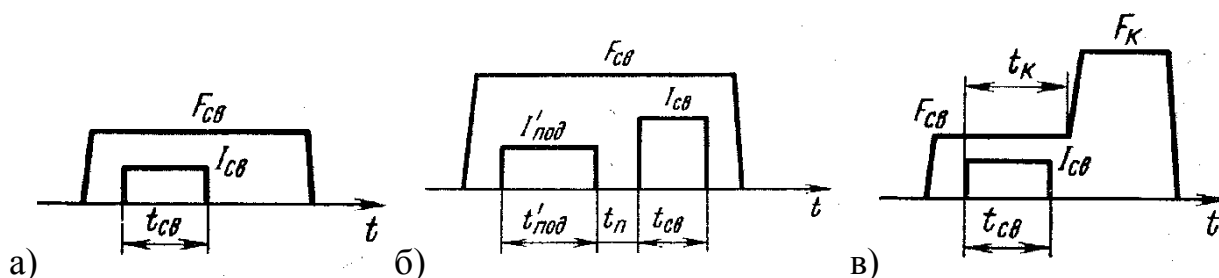
- 1) Диаметр рабочей части электродов  $d_э$ , мм.
- 2) Сила сварочного тока  $I_{св}$ , кА.
- 3) Время сварки  $t_{св}$ , сек.
- 4) Усилие электродов  $F_{св}$ , кН.

Дополнительными параметрами режима контактной точечной сварки могут быть:

- 1) Усилия проковки  $F_{ков}$ , Н.
- 2) Сила тока термообработки  $I_{доп}$ , кА.

3) Длительность импульса термообработки  $t_{доп}$ , сек.

Наличие дополнительных параметров режима контактно сварки определяется циклограммой сварки (рис. 1.7) в зависимости от материала и толщины свариваемых деталей.



а) низкоуглеродистых сталей; б) углеродистых и низколегированных сталей;  
в) алюминиевых сплавов

Рисунок 1.7 – Циклограммы точечной сварки

Расчёт параметров режима сварки выполняют в такой последовательности.

Определяют величину сварочного усилия  $F_{св}$  на электродах в зависимости от материала и толщины  $S$  свариваемых деталей (табл. 1.3).

Таблица 1.3 – Сварочное усилие на электродах  $F_{св}$ , Н в зависимости от материала и толщины деталей  $S$ , мм

Ст3 и низколегированные стали	Высоколегированные стали	Алюминиевые сплавы типа АМг	Титан и его сплавы	Магниеые сплавы
(2000...3000)S	(3000...5000)S	(2000...3000)S	(3500...5000)S	(2500...3500)S

Вычисляют силу тока сварки  $I_{св}$ , А:

$$I_{св} = d \sqrt{\frac{C \cdot \lambda \cdot T_{пл}}{\rho_T}}, \quad (1.1)$$

где  $\rho_T$  – удельное сопротивление при  $T_{пл}$ , Ом·см (табл. 1.4);  $T_{пл}$  - температура плавления материала деталей, °С (табл. 1.4);  $d$  - диаметр сварной точки, см;  $C$  – критерий М.В. Кирпичёва ( $C=80...85$  для низкоуглеродистых сталей,  $C=85...90$  для коррозионно-стойких сталей,

$C=20...25$  для алюминиевых сплавов);  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала изделия  $\frac{Вт}{см \cdot ^\circ C}$  (табл. 1.4).

Таблица 1.4 – Физические свойства материалов

	Температура плавления	Плотность	Средние значения от 0 <sup>0</sup> C до T <sub>пл</sub>			Предел текучести	Удельное сопротивление при T <sub>пл</sub> / 20 °C
			Коэффициент аккумуляции и тепла	Температуропроводность	Коэффициент теплопроводности		
Обозначение	T <sub>пл</sub>	$\gamma$	$\sqrt{\lambda\gamma c}$	a	$\lambda$	$\sigma_T$	$\rho_T$
Размерность	°C	г/см <sup>3</sup>	$\frac{Вт}{см^2 \cdot ^\circ C}$	см <sup>2</sup> /с	$\frac{Вт}{см \cdot ^\circ C}$	кг/см <sup>2</sup> (МПа)	мкОм·см
Алюминиевый сплав АМг6	620	2,8	2,35	0,7	1,9	1700 (170)	10 / 7,5
Сталь 08кп	1500	7,8	1,47	0,08	0,41	2200 (220)	140 / 13
12Х18Н10Т	1440	7,9	1,05	0,053	0,244	4000 (400)	130 / 75
Титан ОТ-4	1660	4,6	0,775	0,072	0,20	4500 (450)	165 / 160

Расчёт продолжительности  $t_{св}$  импульса тока производят по формуле:

$$t_{св} = \frac{K^2 \cdot T_{пл}^2 \cdot F_{св}^2 \cdot d^2 \cdot (\sqrt{\lambda\gamma c})^2 \cdot h^2}{\rho_T^2 \cdot \sigma_T^2 \cdot I_{св}^4 \cdot S^2},$$

где  $t_{св}$  - продолжительность импульса сварки, сек; S - толщина свариваемой детали (тонкой при сварке деталей разных толщин), см;  $\sigma_T$  - предел текучести металла в холодном состоянии, кг/см<sup>2</sup>; d - диаметр сварной точки, см; h - высота сварной точки, см; T<sub>пл</sub> - температура плавления металла, °C; F<sub>св</sub> - сварочное усилие на электродах, кг; K - критерий технологического подобия, для процесса точечной сварки K=50;  $\sqrt{\lambda\gamma c}$  - коэффициент аккумуляции тепла, где  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности,  $\frac{Вт}{см \cdot ^\circ C}$ ,  $\gamma$  - плотность металла, г/см<sup>3</sup>; c - средняя теплоёмкость металла,  $\frac{Дж}{г \cdot ^\circ C}$ .



Производят сравнение расчётных значений параметров режима сварки с рекомендуемыми (табл. 1.5). В случае, если отклонение от табличного расчётного параметра режима составляет более 20 %, выполняют корректировку размеров сварной точки (изменением глубины проплавления  $h$  и диаметра точки  $d$ ) в необходимую сторону.

Таблица 1.5 – Рекомендуемые режимы точечной сварки (без учёта шунтирования) деталей из различного материала

	Жёсткий режим				Средний режим		
	$d_3$ , мм	$F_{св}$ , кгс	$I_{св}$ , кА	$t_{св}$ , сек	$F_{св}$ , кгс	$I_{св}$ , кА	$t_{св}$ , сек
Низкоуглеродистая сталь							
1+1	5	300	9	0,12	200	6	0,34
2+2	7	600	13	0,22	450	9	0,48
3+3	9	900	16,5	0,30	700	11	0,64
Нержавеющая сталь 12Х18Н9Т							
1+1	5	400	8	0,09	350	7	0,18
2+2	7	800	10	0,18	700	9,5	0,32
3+3	9	1100	14	0,26	1000	12	0,38
Алюминиевый сплав АМгб							
1+1	5	300	27	0,12	250	17	0,22
2+2	7	600	38	0,18	500	28	0,44
3+3	9	900	50	0,24	700	38	0,58

Расчёт дополнительных параметров режима сварки выполняют следующим образом:

- пауза между импульсами тока сварки и термообработки  $t_n=(1,1\dots 1,4)t_{св}$ ;
- длительность импульса термообработки  $t_{доп}=(2,5\dots 3,0)t_{св}$ ;
- ток термообработки  $I_{доп}=(0,7\dots 0,85)I_{св}$ ;
- ковочное усилие  $F_{ков}=1,5 F_{св}$ .

### 1.3 Задачи выпускной квалификационной работы

В разделе «Состояние вопроса» даны назначение и основные элементы вторичных контуров контактных сварочных машин, а так же подходы к их проектированию. Представлена методика расчётного определения параметров режима контактной сварки, в частности, сварочного тока,

значение которого используется для проектирования специализированных сварочных машин. На основании проведённого анализа состояния вопроса можно сформулировать задачи, последовательное решение которых позволит достичь цели, поставленной во введении:

1) Разработать методику изучения вторичного контура (будет использована как основа для составления методического указания к выполнению лабораторной работы);

2) Разработать методику проектирования и представить примеры проектирования составных элементов вторичного контура;

3) Обеспечить технику безопасности при исследовании устройства вторичного контура в лаборатории контактной сварки.

4) Произвести экономическое обоснование результатов дипломного проекта.

5) Предусмотреть мероприятия по защите авторского права на полученные в проекте решения и методики.

## 2 Изучение и проектирование вторичного контура

### 2.1 Методика изучения вторичного контура контактной сварочной машины

Изучение вторичного контура контактной сварочной машины выполняется в такой последовательности:

- 1) Получить у преподавателя название контактной сварочной машины для выполнения работы.
- 2) Произвести мероприятия по обеспечению безопасности работы со сварочной машиной.
- 3) Определить электрические характеристики сварочной контактной машины согласно таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Электрические характеристики данной контактной машины, необходимые для расчёта сварочного контура

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Значение
Номинальный сварочный ток	$I_{2н}$	А	
ПВ на номинальной ступени	ПВ	%	
Номинальный длительный вторичный ток	$I_{2н.дл}$	А	

- 4) Произвести эскизирование вторичного контура данной преподавателем машины с обозначением всех его составных элементов. При этом необходимо придерживаться условных обозначений (рис. 2.1).
- 5) Выполнить замер реальных сечений элементов вторичного контура и зарисовать их с обозначением размеров.
- 6) Выполнить расчёт сечений элементов вторичного контура, заполнить таблицу 2.2.
- 7) Выполнить расчёт активных сопротивлений элементов вторичного контура и заполнить таблицу 2.3.

8) Выполнить расчёт индуктивного и полного сопротивлений вторичного контура.

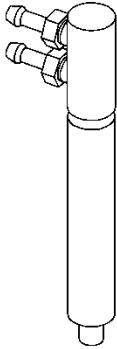

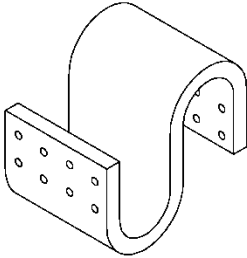
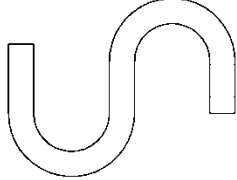
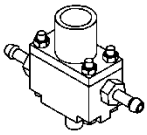
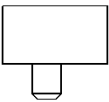
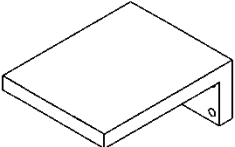
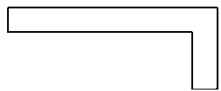
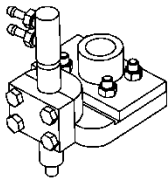
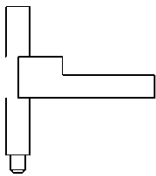
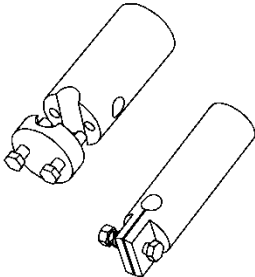
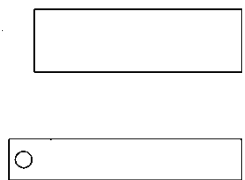
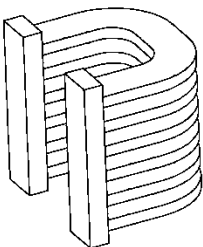
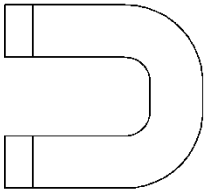
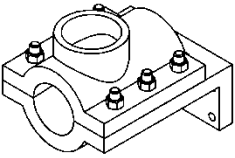
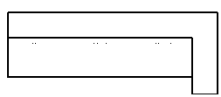
<i>Электродержатель</i>		<i>Шина гибкая</i>	
			
<i>Плита электродная</i>		<i>Шина жёсткая</i>	
			
<i>Плита электродная</i>		<i>Хобот</i>	
			
<i>Виток вторичный трансформатора</i>		<i>Колодка</i>	
			

Рисунок 2.1 Условные обозначения элементов вторичного контура на эскизе

Таблица 2.2 – Расчётные и измеренные сечения элементов сварочного контура данной контактной машины

Наименование элемента	Допускаемая плотность тока $i_n$ , А/мм <sup>2</sup>	Расчётное значение $F_p$ , мм <sup>2</sup>	Измеренное значение $F_{изм}$ , мм <sup>2</sup>	Отклонение $\frac{F_p - F_{изм}}{F_{изм}} \cdot 100\%$

Таблица 2.3 – Расчёт активного сопротивления вторичного контура

Название элемента	Сечение элемента $F_n$ , см <sup>2</sup>	Длина элемента $l_n$ , см	Коэффициент поверхности $K_n$	Активное сопротивление элемента $R_n$ , Ом

Расчёт площади поперечного сечения элемента вторичного контура выполняется по следующей формуле:

$$F_n = \frac{I_{2n} \sqrt{\frac{ПВ}{100}}}{j_n}, \quad (2.1)$$

где  $F_n$  – сечение n-го элемента вторичного контура, мм<sup>2</sup>;  $I_{2n}$  – номинальный вторичный ток, А;  $ПВ$  – номинальная продолжительность включения машины, %;  $j_n$  – допускаемая плотность тока на n-ом элементе, А/мм<sup>2</sup> (табл. 2.4).

Расчёт активного сопротивления элемента вторичного контура выполняется по формуле

$$R_{1...n} = \rho_n K_n \frac{l_n}{F_n}, \quad (2.2)$$

где  $\rho_n$  – удельное сопротивление материала, из которого выполнен элемент вторичного контура, Ом·мм<sup>2</sup>/м;  $l_n$  – длина токового пути по данному элементу, м;  $F_n$  – сечение элемента, мм<sup>2</sup>;  $K_n$  – коэффициент добавочных

потерь за счёт поверхностного эффекта и влияния магнитного поля соседних элементов.

Таблица 2.4 – Допустимая плотность тока на элементах вторичного контура

Элемент вторичного контура	Материал или марка сплава	Удельное сопротивление при 20 °С, Ом·мм <sup>2</sup> /м	Условия охлаждения	Допускаемая плотность тока, А/мм <sup>2</sup>
Электроды	Бронза БрХ	0,021...0,035	Интенсив	20-30
Электрододержатели	Бронза БрХ		0,032...0,058	ное водяное
	Бронза БрНБТ Бронза БрНК	10-18		
Хоботы, консоли, плиты	Медь М1	0,0175	Воздушное Водяное	1,0 – 2,0 3 – 5
	Медь М3	0,030...0,050	Воздушное Водяное	1,4 – 2 2 – 3
Шины жёсткие	Медь М1	0,0175	Воздушное Водяное	1,0 – 2,0 2,5 – 4
Шины гибкие	Лента МГМ (фольга)	0,0175	Воздушное	2,0 – 2,5
Неподвижные контактные поверхности	-	-	Воздушно – водяное (одна поверхность контакта – водоохлаждаемая)	0,5 – 1,0
Медное литьё с залитыми трубками охлаждения	Медь М3	0,030...0,050	Водяное	2,0 – 3,0
Скользящие контакты шовных машин	-	-	Водяное	0,5 – 1,0

Коэффициент поверхностного эффекта обусловлен неравномерным распределением переменного тока в массивных элементах контура. Величина  $K_{\text{п}}$  лежит в пределах 1...5 и ориентировочно может быть определена в зависимости от площади поперечного сечения элемента по диаграмме на рис. 2.2. Для гибких шин, набранных из фольги с монолитными (сваренными или припаянными) концами при двухстороннем токоподводе тока  $K_{\text{п}}=1,1\dots 1,3$ .

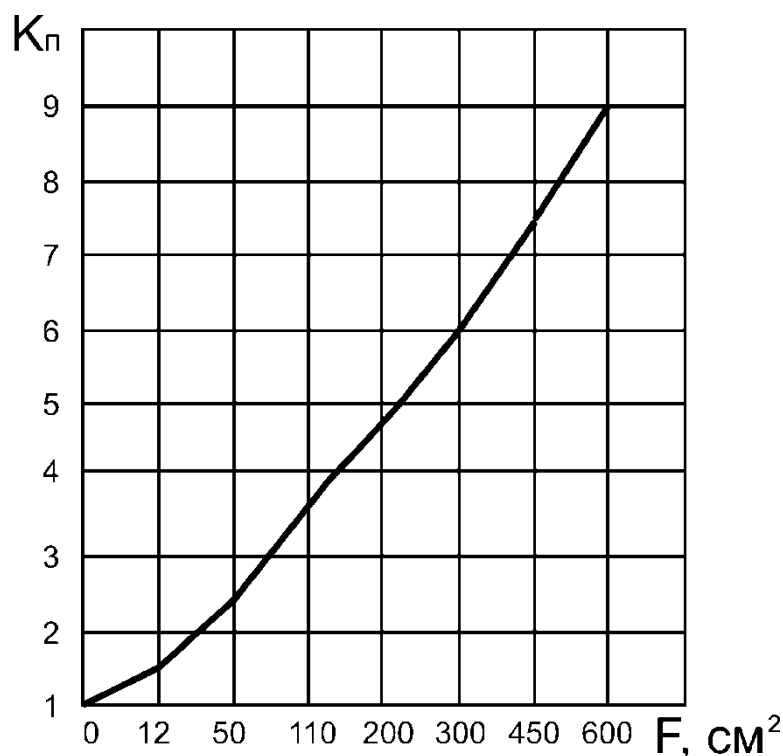


Рисунок 2.2 – Зависимость коэффициента поверхностного эффекта от площади поперечного сечения элемента вторичного контура при частоте тока 50 Гц

## 2.2 Проектирование сварочных электродов

Ориентировочный выбор диаметра рабочей части электрода  $d_1$  вычисляют по формуле

$$d_1 = 2 \cdot S + 3, \quad (2.3)$$

где  $S$  – толщина свариваемой детали, мм.

Расчётный диаметр  $d_1$  рабочей части электрода приводят к стандартной величине (табл. 2.5). В случае, если разница в толщинах свариваемых заготовок не превышает 30 %, диаметр рабочей части электрода  $d_3$  выбирают по тонкой детали. В случае, если разница в толщинах деталей составляет более 30 %, но менее 100 %, диаметр рабочей части то размеры устанавливаются для каждой детали в отдельности. Если разница в толщинах деталей составляет более 100 %, диаметр рабочей части электродов рассчитывают для толстой детали, а для тонкой детали уменьшают диаметр рабочей части электрода на 25...30 %.

Таблица 2.5 – Геометрические размеры электродов, мм для контактной точечной сварки по ГОСТ 14111-90

										Тип А			Тип В			Тип С		
										Тип D			Тип E			Тип F		
d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>4</sub>	1:X	c	l <sub>1</sub>	l <sub>3, max</sub>	l <sub>4</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	l <sub>2</sub> при l <sub>5</sub>							F <sub>max</sub> , кН	
										16	20	25	32	40	50	63		
10	4	5,5	1:10	2	13	14	13	25	4	29	33	38	45	53	63	-	2,5	
13	5	7,5		3	16	15	14	32	5	32	36	41	48	56	66	79	4	
16	6	8,5		4	20	16	15	40	6	-	40	45	52	60	70	83	6,3	
20	8	10,5		5	25	17	16	50	8	-	-	50	57	65	75	88	10	
25	10	13,5		6,5	31,5	18	17	63	10	-	-	56,5	63,5	71,5	81,5	94,5	16	
32	12,5	14	1:5	8,5	40	20	15	80	12,5	-	-	-	72	80	90	103	25	
40	16	16		11	50	25	16	100	16	-	-	-	-	90	100	113	40	



Для надёжной передачи сварочного тока и сварочного усилия необходимо обеспечить надёжную посадку сварочных электродов в электрододержателе. Для этого применяется конусная посадочная часть. Чтобы обеспечить хороший электрический контакт и герметичность соединения электрода с электрододержателем, конусную поверхность электрода обрабатывают не ниже  $R_z 1,25$ , она не должна иметь механических повреждений, следов окислов и других загрязнений. Для электродов диаметром  $d_I = 10, 13, 16, 20$  и  $25$  мм принимается конусность 1:10. Для электродов диаметром  $d_I = 32$  и  $40$  мм принимается конусность 1:5.

### **2.3 Проектирование электродных узлов**

Хоботы контактных сварочных машин служат для крепления электродных узлов и восприятия сварочного усилия. Они изготавливаются, как правило, из меди или бронзы, редко из латуни. Сечение хоботов определяется их механической прочностью. Упругий прогиб конца хобота должен составлять не больше 0,005 от длины вылета, но не быть более 2 мм.

Полезный вылет в серийных машинах равен 200...500 мм, в специализированных машинах – до 1200 мм, в машинах для сварки легких сплавов – 1500 мм.

В серийных точечных машинах общего применения с прямолинейным перемещением верхнего электрода (мощность машины до 400 кВА) и машинах с ходом верхнего электрода по дуге окружности (мощность до 75 кВА) обычно применяются хоботы цилиндрической формы. Эти хоботы изготовлены из цветного металла, легко перемещаются по длине и вращаются вокруг своей оси при установке соосности электродов.

Конструктивно хоботы выполняются либо без съемной колодки (рис. 2.3 а), либо со съемной колодкой (рис. 2.3 б). Особенно хорошо зарекомендовали себя хоботы со съемной колодкой. Крепление электрододержателя в них осуществляется просто и надежно.

В машинах небольшой мощности нижний электрод часто бывает установлен непосредственно в хоботе (рис. 2.3 в).

Электрододержатель является промежуточным элементом между хоботом и электродом. Он изготавливается из меди, бронзы, редко латуни. На рис. 2.3 г представлена самая распространенная конструкция электрододержателя. Электрододержатель имеет коническое гнездо под электрод, внутри сделана проточка для ввода медной или латунной трубочки, через которую к электроду подается холодная вода для охлаждения. Вода подводится и отводится через ниппели, ввернутые в противоположный электроду конец контактодержателя.

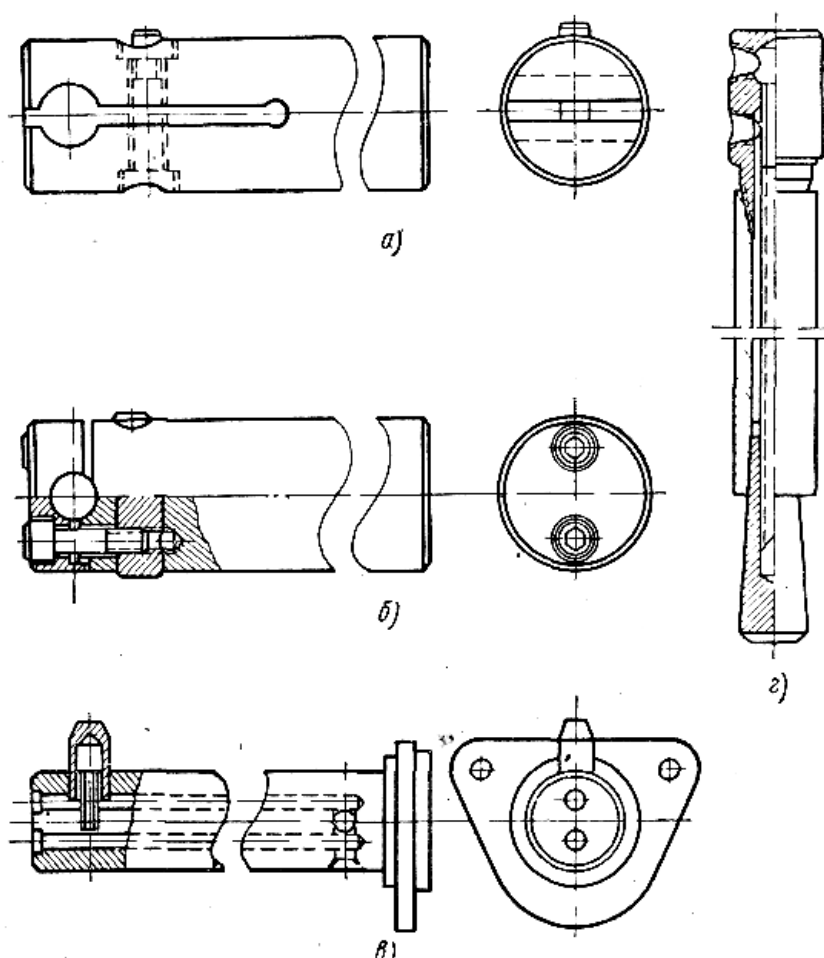


Рисунок 2.3 – Конструкция хоботов и электрододержателя контактных точечных машин: а – хобот с гнездом под электрододержатель; б – хобот со съёмной колодкой; в – хобот с электродом; г – электрододержатель с электродом

Конструктивно хоботы выполняются либо без съемной колодки (рис. 2.4, а), либо со съемной колодкой (рис. 2.4, б). Особенно хорошо зарекомендовали себя хоботы со съемной колодкой. Крепление электрододержателя в них осуществляется просто и надежно.

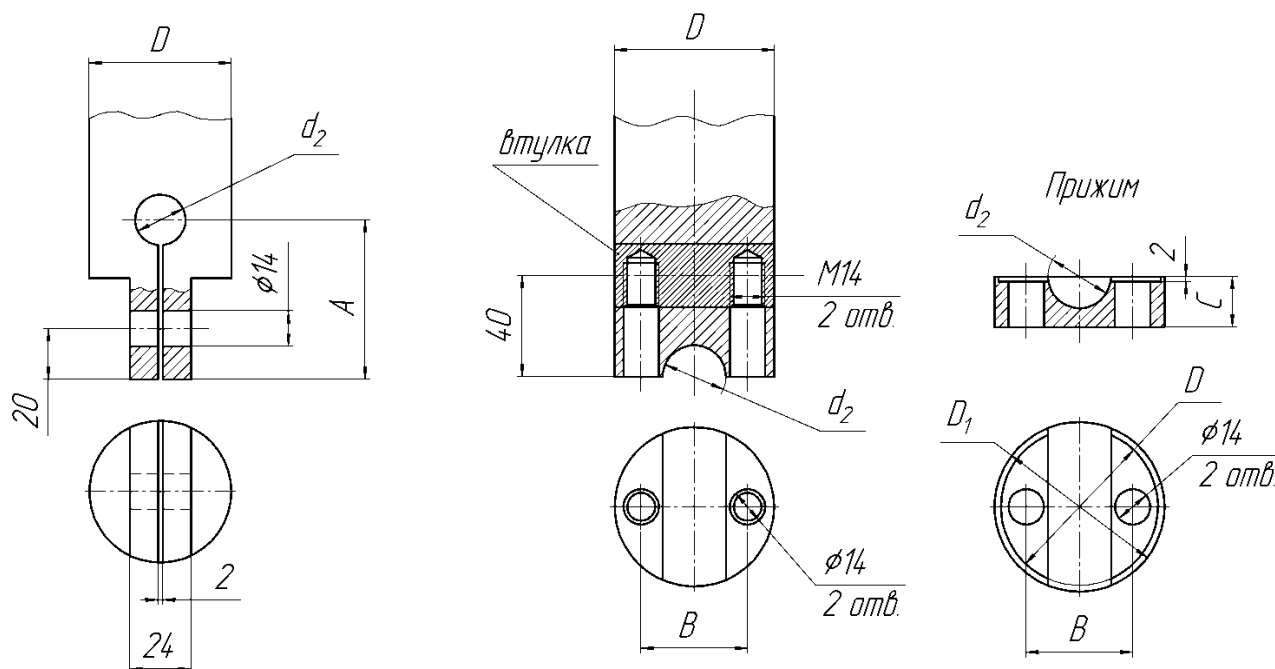


Рисунок 2.4 – Установочные размеры хоботов контактных сварочных машин

Таблица 2.6 – Рекомендуемые размеры хоботов контактных машин

D, мм	d <sub>2</sub> , мм	Исп. 1		Исп. 2	
		A, мм	B, мм	C, мм	D <sub>1</sub> , мм
40	16	56	-	-	-
56	16	63	-	-	-
	20				
63	25	-	42	20	67
	20				
80	25	-	50	25	85
	31,5				
	25				
110	31,5	-	63	32	115
	40				
	25				

При проектировании электрододержателей необходимо руководствоваться требованиями ГОСТ 25444-90 «Электроды прямые и электрододержатели для контактной точечной сварки. Посадки конические», который устанавливает размеры конуса и допуски конических посадок электрододержателей, когда усилия на электроде не превышают значений, указанных в таблице 2.7. При этом возможно изготовление электрододержателя в двух исполнениях (рис. 2.5). В первом исполнении штуцеры подвода воды вворачиваются непосредственно в электрододержатель. Во втором исполнении штуцеры подвода воды крепятся в держателе штуцеров, который в свою очередь вворачивается в электрододержатель.

Таблица 2.7 – Рекомендуемые размеры электрододержателей для контактной точечной сварки

Электродная посадка	d <sub>2</sub> , мм	d <sub>3</sub> , мм	d <sub>5</sub> , мм	Усилия на электроде, кН	Условное обозначение		Длина электрододержателя, мм	
					Исп. 1	Исп. 2	А	В
A10	16	9,8	8,5	2,5	ЕН 01	-	100, 160, 250, 320, 400	63, 100, 160, 250, 320, 400
	20				ЕН 02	-		
	25				ЕН 03	-		
A13	20	12,7	11	4	ЕН 04	-		
	25				ЕН 05	-		
	31,5				ЕН 06	ЕН 11		
	40				-	ЕН 12		
A16	25	15,5	13,5	6,3	ЕН 07	-		
	31,5				ЕН 08	ЕН 13		
	40				-	ЕН 14		
A20	31,5	19	16,5	10	ЕН 09	ЕН 15		
	40				-	ЕН 16		
A25	40	24,5	21,5	16	-	ЕН 17		

Электродный узел (рис. 2.6) включает в себя электрод, электрододержатель или электродную плиту, штуцеров и трубки для подачи охлаждающей воды. Размеры трубки для подачи охлаждающей воды должны быть такими, чтобы площадь поперечного сечения отверстия трубки была приблизительно равна площади кольца, образованного между наружным контуром трубки и поверхностью канала охлаждающего электрода.

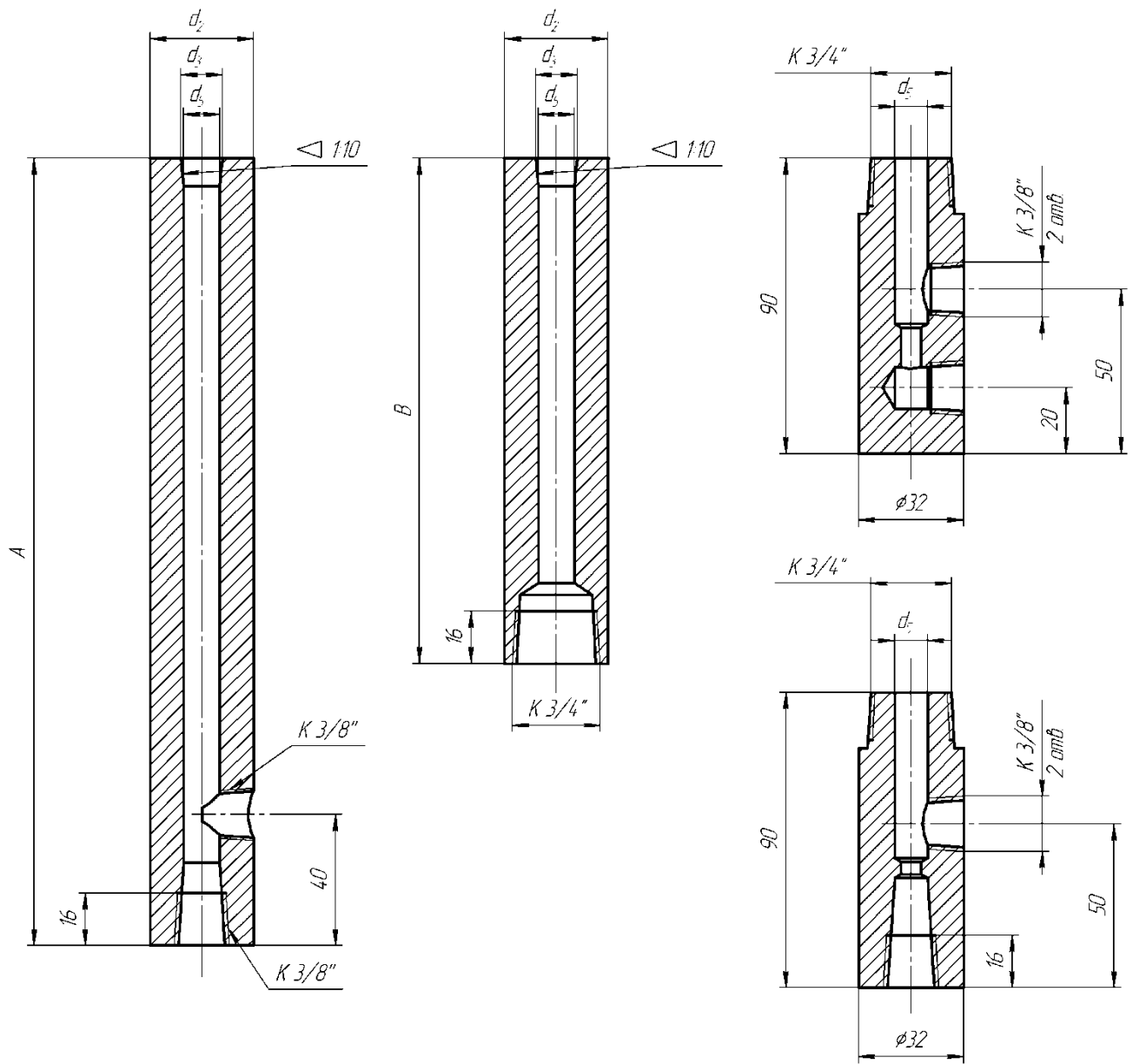


Рисунок 2.5 – Исполнения электрододержателя

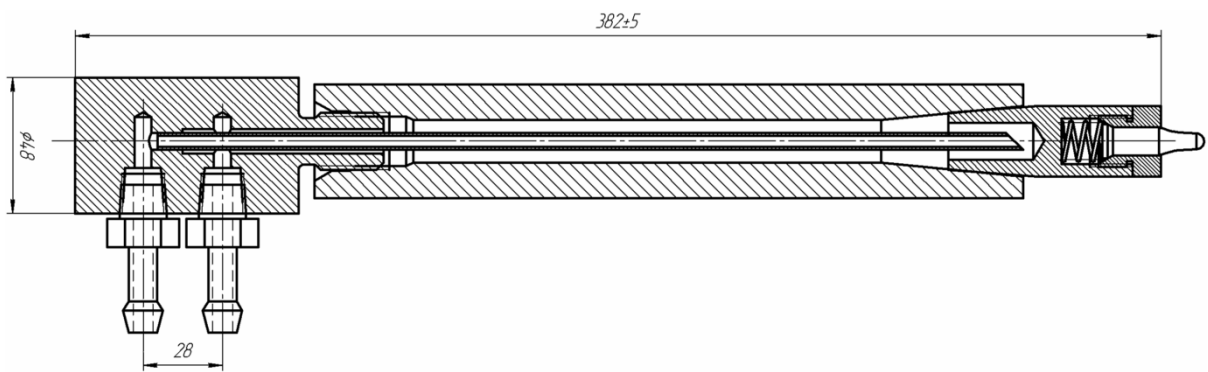


Рисунок 2.6 – Пример электродного узла в сборе

## 2.4 Методика измерения составляющих сопротивления вторичного контура

Способ измерения электрического сопротивления машин контактной сварки осуществляется следующим образом.

Подключение регистратора РКДП-0401 к сварочной машине (рис. 2.7):

- 1) Отключить сварочную машину от сети;
- 2) Подключить кабель-адаптер напряжения к первичной цепи машины до тиристорного контактора посредством "крокодилов";
- 3) Разомкнуть кольцо и одеть датчик на нижний хобот вторичного контура;
- 4) Подключить датчики к разъёмам на приборе РКДП-0401

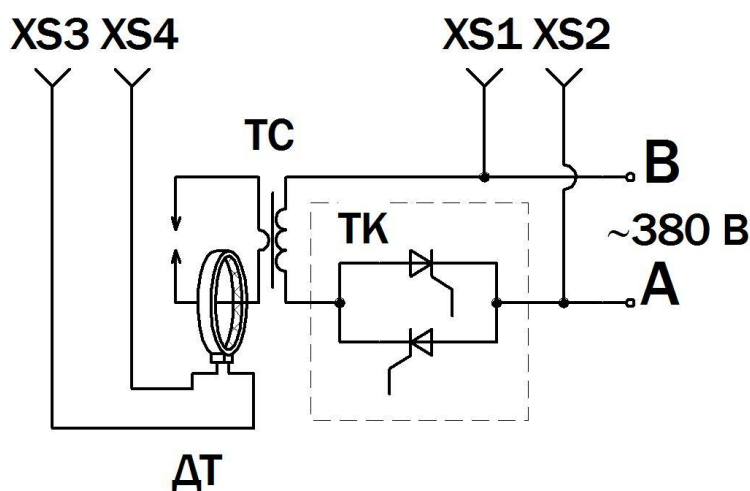


Рисунок 2.7 – Схема измерения на машине при помощи регистратора РКДП-0401

Установка ступени трансформатора:

- 1) Установить минимальную ступень трансформатора;
- 2) Выписать из паспортной таблички значение коэффициента трансформации или вычислить его по формуле  $K_T = 380/U_{20}$ ; где  $U_{20}$  - вторичное напряжение на данной ступени трансформатора

Установка режима включения сварочной машины:

- 1) Путём поворота рукояти редукционного клапана установить давление воздуха в пневматической системе машины 5 атм.;

2) На регуляторе контактной сварки установить угол открытия тиристоров ( $\alpha_1 = 60^\circ$ , и  $\alpha_2 = 100^\circ$ ) и длительность включения тока (0,12...0,20 сек)

Измерение тока (рис. 2.8):

- 1) Разместить между сварочными электродами пластинку из меди;
- 2) Произвести включение сварочного тока нажатием на педаль пуска;
- 3) Измерить действующий ток во вторичном контуре  $I'_2$  и  $I''_2$  для заданных  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  соответственно.

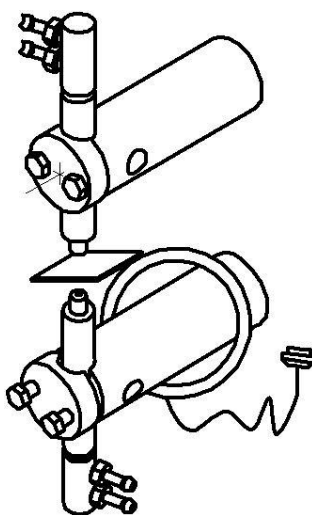


Рисунок 2.8 – Измерение тока

Вычисление полного сопротивления:

- 1) По аппроксимирующей зависимости вычислить значения  $a_0$  и  $b_0$ :

$$a_0 = (6,465\alpha_1^2 - 37,682) \cdot \left(\frac{U_c}{I'_2 \cdot K_\delta}\right)^2 + (-0,152\alpha_1^2 + 1,144) \cdot \frac{U_c}{I'_2 \cdot K_\delta}, \quad (2.4)$$

$$b_0 = (6,465\alpha_2^2 - 37,682) \cdot \left(\frac{U_c}{I''_2 \cdot K_\delta}\right)^2 + (-0,152\alpha_2^2 + 1,144) \cdot \frac{U_c}{I''_2 \cdot K_\delta},$$

где  $I'_2$  и  $I''_2$  – ток во вторичном контуре при первом и втором включении соответственно, А.

- 2) По аппроксимирующей зависимости вычислить значения  $a_1$  и  $b_1$ :

$$a_1 = -0,352\alpha_1^2 + 0,584\alpha_1 - 0,803$$

$$b_1 = -0,352\alpha_2^2 + 0,584\alpha_2 - 0,803, \quad (2.5)$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – углы открытия тиристоров при первом и втором включении соответственно, рад.

3) Путём решения системы уравнений определить искомые значения активного  $R_{2к}$  и индуктивного  $X_{2к}$  сопротивлений:

$$\begin{aligned} R_{2\hat{e}} &= a_1 \cdot X_{2\hat{e}} + a_0 \\ R_{2\hat{e}} &= b_1 \cdot X_{2\hat{e}} + b_0 \end{aligned} \quad (2.6)$$

## 2.5 Измерения на машине МТПУ-300

Установленные значения:

- 1) коэффициент трансформации на первой ступени  $K_T=140$ ;
- 2) угол открытия тиристоров при первом включении  $\alpha_1=60^\circ$  (1,047 рад);
- 3) угол открытия тиристоров при втором включении  $\alpha_2=100^\circ$  (1,745 рад);

Измеренные значения:

- 1) напряжение сети  $U_c=400$  В;
- 2) измеренный вторичный ток при первом включении  $I'_2 = 10200$  А
- 3) измеренный вторичный ток при втором включении  $I''_2 = 5600$  А
- 4) измеренная длительность включения тиристоров при первом включении  $\lambda' = 178^\circ$
- 5) измеренная длительность включения тиристоров при втором включении  $\lambda'' = 130^\circ$

Вычисления:

- 1) значения  $a_0$  и  $b_0$  по аппроксимирующей зависимости (2.4):

$$\begin{aligned} a_0 &= (6,465\alpha_1^2 - 37,682) \cdot \left(\frac{U_c}{I'_2 \cdot K_\delta}\right)^2 + (-0,152\alpha_1^2 + 1,144) \cdot \frac{U_c}{I'_2 \cdot K_\delta} = \\ &= (6,465 \cdot 1,047^2 - 37,682) \cdot \left(\frac{400}{10200 \cdot 140}\right)^2 + (-0,152 \cdot 1,047^2 + 1,144) \cdot \frac{400}{10200 \cdot 140} = 2,714 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_0 &= (6,465\alpha_2^2 - 37,682) \cdot \left(\frac{U_c}{I''_2 \cdot K_\delta}\right)^2 + (-0,152\alpha_2^2 + 1,144) \cdot \frac{U_c}{I''_2 \cdot K_\delta} = \\ &= (6,465 \cdot 1,745^2 - 37,682) \cdot \left(\frac{400}{5600 \cdot 140}\right)^2 + (-0,152 \cdot 1,745^2 + 1,144) \cdot \frac{400}{5600 \cdot 140} = 3,428 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$



2) значения  $a_1$  и  $b_1$  по аппроксимирующей зависимости (2.5):

$$a_1 = -0,352\alpha_1^2 + 0,584\alpha_1 - 0,803 = -0,352 \cdot 1,047^2 + 0,584 \cdot 1,047 - 0,803 = -0,577$$

$$b_1 = -0,352\alpha_2^2 + 0,584\alpha_2 - 0,803 = -0,352 \cdot 1,745^2 + 0,584 \cdot 1,745 - 0,803 = -0,856$$

3) определение значений  $R_{2к}$  и  $X_{2к}$  путём решения системы уравнений (2.6)

(рис. 2.9):  $R_{2к}=130$  мкОм,  $X_{2к}=240$  мкОм

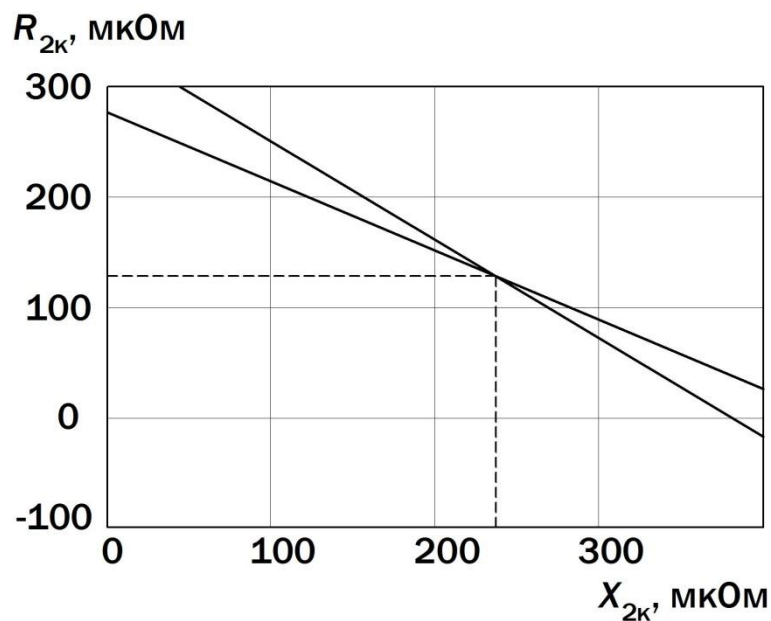


Рисунок 2.9 – Графическое решение системы уравнений (2.6) для машины МТПУ-300

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

### **3.1 Технологическая характеристика объекта**

В настоящей выпускной квалификационной работе предложена методика изучения и расчёта вторичного контура контактных сварочных машин, которая позволяет провести оптимизацию его размеров. Технология контактной сварки, предусмотренная в качестве основной операции, представляет собой источник опасных и вредных производственных факторов. 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

Результаты выпускной квалификационной работы будут внедряться в производство. Технологический процесс сварки типовых деталей кузова автомобиля включает в себя выполнение следующих операций: подготовка деталей к сварке, сборка деталей в кондукторе, сварка, контроль качества. Возникающие при реализации предлагаемой технологии опасные и вредные производственные факторы должны быть проанализированы и учтены, опасное действие необходимо устранить, а вредное действие уменьшить до приемлемого уровня.

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 экологическому 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

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы позволяют снизить энергопотребление и повысить стабильность качества контактной сварки путём изучения вторичных контуров контактных сварочных машин и оптимизации параметров режима сварки. Типовой технологический процесс сварки 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 экономичесёкого 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



Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Разряд сварщика	Р.р.		V	V
Значение часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	95,29	95,29
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.	1500 тыс.
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Задаваемое значение потребляемой мощности технологического оборудования	Муст	кВт	120	80
Принятое значение стоимость 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:

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

### **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:

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

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,03 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,04 \text{ ч.}$$

Размер годовой программы проводимого объема работ вычисляем согласно формуле:

$$\Pi_{\Gamma} = \frac{F_{\text{Э}}}{t_{\text{шт}}} \quad (4.4)$$

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:

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

$$\Pi_{\Gamma.\text{проектн.}} = 4108/0,04 = 103 \text{ тыс. за год.}$$

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

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

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

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

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

$$n_{\text{РАСЧ.ПР}} = \frac{0,04 \cdot 60000}{4108 \cdot 1,03} = 0,57$$

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:

$$K_{зб} = 0,71/1 = 0,71,$$

$$K_{зп} = 0,57/1 = 0,57.$$

#### **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:

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

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 0,04 \cdot 95,29 \cdot 1,88 = 7,17 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы вычисляем согласно формуле:

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

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

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

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

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 7,17 \cdot 12 / 100 = 0,86 \text{ рублей};$$

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

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 7,17 + 0,86 = 8,03 \text{ рублей.}$$

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:

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

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 8,03 \cdot 30 / 100 = 2,41 \text{ руб.}$$

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

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

где  $A_{\text{об}}$  – амортизация оборудования;  $P_{\text{э-э}}$  – размер затрат на электрическую энергию;

Размер амортизации оборудования вычисляем согласно формуле:

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

где  $Ц_{\text{об}}$  – 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:

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

$$A_{об.пр} = \frac{1500000 \cdot 21,5 \cdot 0,04}{4108 \cdot 100} = 3,14 \text{ рублей}$$

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:

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

$$P_{э-эпр} = \frac{80 \cdot 0,04 \cdot 3,02}{0,7} = 13,81 \text{ рублей}$$

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

$$Зоб_{проектн.} = 3,14 + 13,81 = 16,95 \text{ рублей}$$

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:

$$P_{пл} = \frac{C_{экспл} \cdot S \cdot t_{шт}}{F_э}, \quad (4.15)$$

где  $C_{\text{ЭКСПЛ}}$  – затраты на содержание площадей;  $S$  – площадь, занимаемая оборудованием.

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

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

$$P_{\text{ПЛПР}} = \frac{4500 \cdot 30 \cdot 0,04}{4108} = 1,31 \text{ руб.}$$

Размер расходов на амортизацию площади вычисляем согласно формуле:

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

где  $Na_{\text{ПЛ}}$  – норма амортизации площади;  $Ц_{\text{ПЛ}}$  – стоимость приобретения площадей

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

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

$$A_{\text{ПЛПР}} = \frac{30000 \cdot 30 \cdot 5 \cdot 0,04}{4108 \cdot 100} = 0,44 \text{ руб}$$

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

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

$$З_{\text{ПЛПР}} = 1,31 + 0,44 = 1,75 \text{ руб.}$$

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:

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

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 8,03 + 2,41 + 16,95 + 1,75 = 29,14 \text{ руб.}$$



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:

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

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 29,14 + 1,72 \cdot 7,17 = 29,14 + 12,33 = 41,47 \text{ руб.}$$

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:

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

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 41,47 + 1,97 \cdot 7,17 = 41,47 + 14,12 = 55,59 \text{ руб.}$$

#### 4.5 Калькуляция заводской себестоимости базовой и проектной технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

Показатели	Усл. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
Фонд заработной платы	ФЗП	9,04	8,03
Отчисления на соц. нужды	О <sub>СН</sub>	2,71	2,41
Затраты на оборудование	Зоб	29,81	16,95
Затраты на площади	Зпл	2,18	1,75
Себестоимость технологич.	Стех	43,74	29,14
Расходы цеховые	Рцех	15,41	12,33
Себестоимость цеховая	Сцех	59,15	41,47
Расходы заводские	Рзав	17,65	14,12
Себестоимость заводская	С <sub>ЗАВ</sub>	76,80	55,59

#### 4.6 Капитальные затраты по базовой и проектной технологиям

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

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

где  $K_{\text{З}}$  – величина коэффициента, определяющего долю загрузки технологического оборудования;  $\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}}$  – размер в рублях остаточной стоимости оборудования, определяемый согласно сроку службы;  $n$  – принятое количество единиц оборудования для выполнения заданной производственной программы по базовой технологии.

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

где  $\text{Ц}_{\text{ПЕРВ}}$  – 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;  $N_{\text{А}}$  – 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:

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

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

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

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

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.

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

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

$$K_{\text{ОБПР}} = 1500000 \cdot 1,05 \cdot 0,57 = 897750 \text{ руб.}$$

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

где  $K_{\text{ДЕМ}}$  – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии;  $K_{\text{МОНТ}}$  – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования.

$$K_{\text{ДЕМ}} = \text{Ц}_Б \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (4.25)$$

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

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

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

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

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:

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

$$K_{\text{СОП}} = 75000 + 75000 = 150000 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{ОБЩПР}} = 897750 + 150000 = 1047750 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{ДОП}} = 1047750 - 378075 = 669675 \text{ руб.}$$

#### 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:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,05 - 0,04}{0,05} \cdot 100\% = 20\%$$

Показатель повышения производительности труда вычисляем согласно формуле:

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

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

$$P_T = \frac{100 \cdot 20}{100 - 20} = 25\%$$

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:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{43,74 - 29,14}{43,74} \cdot 100\% = 33\%$$

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

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

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

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (76,80 - 55,59) \cdot 60000 = 1272600 \text{ руб.}$$

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:

$$T_{\text{ок}} = \frac{669675}{1272600} = 0,53$$

Годовой экономический эффект в сфере производства вычисляем согласно формуле:

$$\text{Э}_{\text{г}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.33)$$

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

$$\text{Э}_{\text{г}} = 1272600 - 0,33 \cdot 669675 = 1051607 \text{ руб.}$$

#### **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 20 %, увеличить производительность труда на 25 %, уменьшить технологическую себестоимость на 33 %. Размер расчётной величины условно-годовой экономии составил 1,3 млн. рублей.

Размер годового экономического эффекта, оцененный с учетом капитальных вложений в приобретаемое технологическое оборудование, составил 1,1 млн. рублей. Финансовые затраты на капитальные вложения в технологическое оборудование окупятся за 0,53 года.

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

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности контактной точечной сварки за счёт анализа существующей нормативной документации по теме и формирования методического указания и внутреннего стандарта по проектированию вторичного контура контактных сварочных машин.

В работе поставлены и решены следующие задачи:

- 1) Разработать методику изучения вторичного контура (будет использована как основа для составления методического указания к выполнению лабораторной работы);
- 2) Разработать методику проектирования и представить примеры проектирования составных элементов вторичного контура;
- 3) Обеспечить технику безопасности при исследовании устройства вторичного контура в лаборатории контактной сварки.
- 4) Произвести экономическое обоснование результатов дипломного проекта.
- 5) Предусмотреть мероприятия по защите авторского права на полученные в проекте решения и методики.

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 1,1 млн. рублей.

На основании вышеизложенного можно говорить о факте достижения поставленной цели.

## 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 повышении 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 оформление 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.