

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 точечной сварки в условиях
шунтирования тока

Студент	<u>О.А. Смиркин</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	<u>А.С. Климов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультанты	<u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>И.В. Дерябин</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Ельцов
(учёная степень, звание, И.О. Фамилия) _____ (личная подпись)

« » _____ 2017 г.

Тольятти 2017 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« » 20 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

Студент Смиркин Олег Александрович

1. Тема «Технология контактной точечной сварки в условиях шунтирования тока»

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 1 мая 2017г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе материалы ООО "ЭВР", материалы по практикам и научно-исследовательским работам, научные статьи, патенты по теме

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

Введение (обосновать актуальность темы, сформулировать цель работы)

Раздел 1. Анализ состояния вопроса (описание типовой детали, описание материала детали, базовая технология сварки и возникающие при этом трудности, критический анализ известных решений по теме, задачи работы)

Раздел 2. Проектная технология сварки (методика оценки тепловых процессов при контактной точечной сварке в условиях шунтирования, разработка рекомендаций по сварке в условиях шунтирования)

Раздел 3. Безопасность и экологичность предлагаемых решений (сформулировать опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие внедрение предлагаемых решений, предложить средства снижения воздействия этих факторов, рассмотреть обеспечение пожарной и экологической безопасности)

Раздел 4. Экономическое обоснование предлагаемых решений (доказать экономическую эффективность внедрения предлагаемых решений в производство)

Заключение по проекту (с доказательством достижения поставленной цели)

Библиографический список

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

Изделие – 1 лист

Базовая технология сварки – 1 лист

Исследование формирования сварной точки

в условиях шунтирования тока – 2...3 листа

Технологические рекомендации по сварке – 1 лист

Экономическая эффективность – 1 лист

6. Консультанты по разделам

Нормоконтроль: В.Г. Виткалов

«Экономическая эффективность»: И.В. Краснопевцева

«Безопасность и экологичность»: И. В. Дерябин

7. Дата выдачи задания «14» февраля 2017 г.

Заказчик (указывается должность, место работы

Ученая степень, ученое звание)

Руководитель выпускной
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

А.С. Климов

(И.О. Фамилия)

О.А. Смиркин

(И.О. Фамилия)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20__ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы**

Студента Смиркин Олег Александрович

по теме: «Технология контактной точечной сварки в условиях шунтирования
тока»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Характеристика изделия, принцип действия, условия эксплуатации, требования к сварным соединениям	16.01.17 – 30.01.17	30.01.17	выполнено	
2. Анализ технологии, сварочного и технологического оборудования, применяемого для выполнения сварных швов при изготовлении изделия	01.02.17 – 28.02.17	28.02.17	выполнено	
3. Анализ известных технических решений по теме	01.03.17 – 30.03.17	30.03.17	выполнено	
4. Выбор сварочных материалов, оборудования и назначение параметров режима сварки.	01.04.17 - 14.04.17	14.04.17	выполнено	
5. Разработка проектной технологии и технологической карты	15.04.17 30.04.17	30.04.17	выполнено	
6. Безопасность и экологичность проекта	01.05.17 – 14.05.17	14.05.17	выполнено	
7 Техничко-экономическое обоснование проекта	15.05.17 – 21.05.17	21.05.17	выполнено	

Руководитель выпускной
квалификационной работы

(подпись)

А.С. Климов

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

О.А. Смиркин

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

До настоящего времени отсутствует полная картина, представляющая взаимосвязь параметров качества сварного соединения, электрических параметров процесса сварки и параметров режима сварки в условиях шунтирования сварочного тока, что затрудняет выбор оптимальных параметров режима сварки. Необходимым условием образования качественного соединения в процессе контактной точечной сварки является получение литого ядра сварной точки с заданными геометрическими размерами. Размеры и качество сварки определяются количеством тепла, вложенного в точку. Следовательно, регулирование выделения энергии на участке «электрод-электрод» позволит стабилизировать качество соединений в условиях действия возмущений.

В работе поставлена цель – повышение стабильности качества контактной точечной сварки в условиях шунтирования тока на основе изучения тепловых и электрических процессов.

В работе решены следующие задачи:

- 1) предложена методика оценки тепловой обстановки в зоне контактной сварки;
- 2) предложена методика оценки влияния шунтирования на формирование соединения при контактной сварке;
- 3) предложены мероприятия по компенсации влияния шунтирования при реализации технологического процесса контактной точечной сварки.

Пояснительная записка состоит из 65 страниц, содержит 33 таблицы, 20 иллюстраций, 31 библиографическое наименование. Графическая часть включает в себя 7 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА	
1.1 Описание типового изделия и условий его работы	9
1.2 Сведения о материале изделия	11
1.3 Базовая технология сварки	13
1.4 Краткий анализ способов изучения тепловых процессов при контактной сварке	22
1.5 Формулировка задач работы	28
2 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ	
2.1 Шунтирование как возмущающий фактор при контактной сварке	29
2.2 Оценка тепловой обстановки в области сварки	30
2.3 Методика оценки влияния шунтирования	34
3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Вводные данные	40
3.2 Пожарная безопасность технологического объекта	43
3.3 Экологическая безопасность технологического объекта	44
3.4 Заключение по разделу	45
4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	62

ВВЕДЕНИЕ

Все современные технические достижения (атомная, авиационная, химическая промышленности, машиностроение, радиоэлектроника, строительная отрасль) объясняются развитием технологии. В основе эффективной работы машиностроительного оборудования лежат Машиностроительное оборудование будет работать наиболее эффективно и новые и прогрессивные технологии. При этом следует учитывать тот факт, что современные технологии производства не исчерпали до конца свой потенциал в области снижения энергоёмкости и ресурсоёмкости. Одним из таких технологических процессов, который дал от совершенства, является контактная точечная сварка. Среди многочисленных способов сварки доля контактной сварки в общем объеме соединений составляет порядка 30 % [1, 2, 3]. Контактная сварка обладает чрезвычайно большой областью распространения – с её использованием производят крупногабаритные строительные конструкции, космические аппараты и миниатюрные полупроводниковые приборы и пленочные микросхемы.

Среди достоинств контактной сварки можно выделить увеличенную производительность, простоту механизации и автоматизации, высокое качество получаемых соединений. Ограничение применения контактной сварки связано с наличием возмущений, которые оказывают существенное влияние на стабильность качества сварки, заставляют существенно повышать стоимость сварочного оборудования и цену конечного продукта. Одним из таких возмущений является шунтирование сварочного тока, который может протекать по деталям, приспособлению и не участвует в образовании сварного соединения [4, 5, 6, 7]. В результате шунтирования тока повышается вероятность образования дефектов: наружных выплесков, непроваров, наплывов, вмятин от электродов, массопереноса в контакте «электрод-деталь», повышенного износа электродов, неудовлетворительного внешнего вида сварных соединений. Зачастую такие дефекты могут заставить

технолога отказаться от использования контактной точечной сварки применительно к конкретной детали, применить различные виды сварки плавлением.

Вопросу повышения стабильности качества контактной сварки в условиях действия возмущений посвятили свои работы отечественные и зарубежные исследователи: Ф. А. Аксельрод, А. А. Чакалев, Ю. Е. Иоффе, Б. Д. Орлов, T. W. Eagar, K. I. Johnson, S A. Gedeon, H. S. Cho, D. W. Dickinson и многие другие.

Электрические процессы, которые сопровождают формирование соединения при контактной сварке, изучены достаточно полно. В настоящее время получены различные зависимости, позволяющие производить оценку величины сварочного тока и выделения тепла между сварочными электродами в зависимости от характеристик сварочной машины и параметров фазового регулирования [1, 8, 9]. Однако до настоящего времени отсутствует полная картина, представляющая взаимосвязь параметров качества сварного соединения, электрических параметров процесса сварки и параметров режима сварки в условиях шунтирования сварочного тока, что затрудняет выбор оптимальных параметров режима сварки.

Необходимым условием образования качественного соединения в процессе контактной точечной сварки является получение литого ядра сварной точки с заданными геометрическими размерами [10]. Размеры и качество сварки определяются количеством тепла, вложенного в точку. Следовательно, регулирование выделения энергии на участке «электрод-электрод» позволит стабилизировать качество соединений в условиях действия возмущений.

Цель работы – повышение стабильности качества контактной точечной сварки в условиях шунтирования тока на основе изучения тепловых и электрических процессов.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

1.1 Описание типового изделия и условий его работы

Арка заднего колеса правая в сборе (рис. 1.1.) представляет собой сварную конструкцию из нескольких деталей:

- Арка заднего колеса (1118-5101242) – 1 шт.;
- Усилитель крепления катушки заднего ремня безопасности (1118-8217294) – 1 шт.;
- Опора пружины задней подвески правая (1118-5101210) – 1 шт.;
- Усилитель под крепление фиксатора (1118-5101610) – 1 шт.;
- Болт приварной (1/41414/10) – 5 шт.

Болт приварной 1/41414/10 с диаметром М6 (рис. 1.2) является крепёжной деталью, предназначенной для приварки к листовым заготовкам контактной рельефной сваркой.

Остальные детали выполняются методом холодной штамповки из стали 08Ю и соединяются между собой контактной точечной сваркой путём простановки 23 сварных точек и двух швов дуговой сваркой в среде углекислого газа. При этом детали имеют следующую толщину:

- Арка заднего колеса (1118-5101242) – 0,9 мм;
- Усилитель крепления катушки заднего ремня безопасности (1118-8217294) – 1,8 мм;
- Опора пружины задней подвески правая (1118-5101210) – 2,0 мм;
- Усилитель под крепление фиксатора (1118-5101610) – 1,5 мм.

Эксплуатация изделия происходит при температурах от +40° до -40°. Изделие подвергается действию статических и динамических нагрузок, которые возникают в процессе движения автомобиля, его стоянки и буксирования прицепа. В зависимости от состояния дорожного покрытия возможно действие вибрационных нагрузок. С точки зрения обеспечения пассивной безопасности в случае аварии автомобиля изделие противостоит

защищает деформации салона и проникновению в него посторонних предметов.

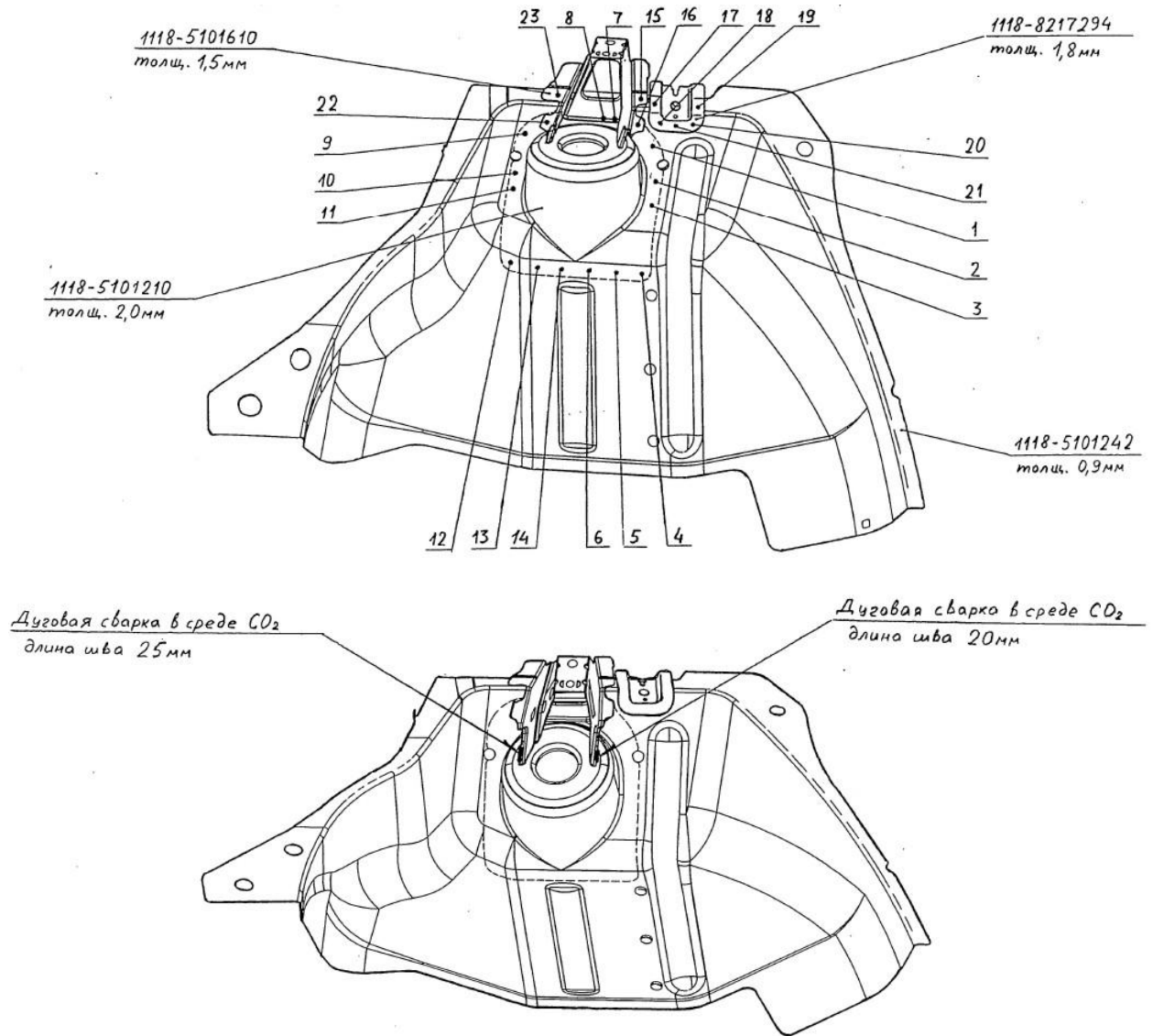


Рисунок 1.1 – Арка заднего колеса правая в сборе

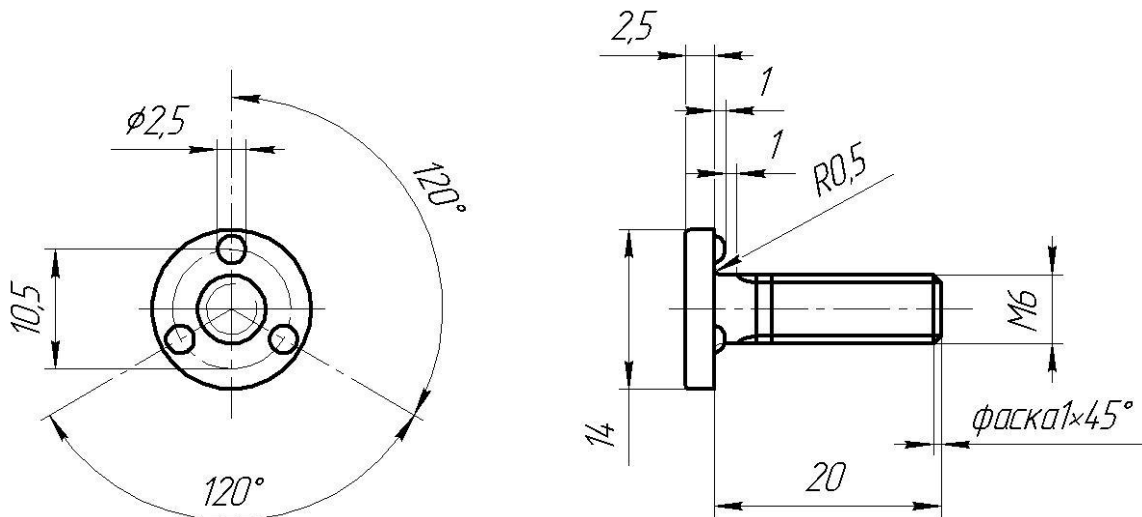


Рисунок 1.2 – Болт приварной 1/41414/10

1.2 Сведения о материале изделия

Заготовки выполняются из стали 08Ю - конструкционной углеродистой качественной. Сталь 08Ю обладает хорошей свариваемостью и штампуемостью. Эта сталь сваривается без ограничений и не образует закалочные структуры [11], поэтому замену на другой материал рекомендовать не будем.

Таблица 1.1 – Химический состав в % материала 08Ю

углерод	кремний	марганец	никель	сера
менее 0,07	менее 0,01	от 0,2 до 0,35	менее 0,06	менее 0,025
фосфор	хром	алюминий	медь	
менее 0,02	менее 0,03	от 0,02 до 0,07	менее 0,06	

Таблица 1.2 – Механические свойства при T=20°C стали 08Ю

σ_B	σ_T	δ_5	ψ	KCU
МПа	МПа	%	%	кДж / м ²
255-350	205	34		

Механические свойства:

σ_B - Предел кратковременной прочности , [МПа]

σ_T - Предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), [МПа]

δ_5 - Относительное удлинение при разрыве , [%]

ψ - Относительное сужение , [%]

KCU- Ударная вязкость , [кДж / м²]

Рулонный прокат из стали 08Ю изготавливают с катанной и обрешной кромкой. На кромках должны отсутствовать расслоения и торцевые трещины, видимые невооруженным глазом. Кромки проката в рулоне не должны быть загнуты под углом более 90 °, не должно присутствовать скрученных и смятых концов. Поставка металла происходит в

дрессированном состоянии. Испытание тонколистового проката проводят выдавливанием. Наносят нейтральную смазку с обеих сторон полосы. Прокат должен иметь механические свойства, величина которых соответствует таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Механические свойства проката из стали 08Ю

категория вытяжки	марка стали	предел текучести σ_t , МПа не более	временное сопротивление $\sigma_{\text{в}}$, МПа	относительное удлинение, %, менее при толщине листа 0,5-1,5 мм	твёрдость по Роквеллу, HRB, не более
ВОСВ	08Ю	186	255...323	40	46
ОСВ	08Ю	196	255...323	36	46
СВ	08Ю	206	255...353	34	48

Повышенное содержание алюминия (0,017...0,093 %) в стали 08Ю улучшает прочностные свойства и приводит к измельчению зёрен феррита.

При содержании в стали углерода (до 0,07) и никеля (0,05...0,06 %) никеля достигается оптимальное сочетание структуры, физических и механических свойств, которые удовлетворяют требованиям ГОСТ 9045-80 для высших категорий вытяжки.

1.3 Базовая технология сварки

Базовая технология сборки и сварки арки заднего колеса состоит из следующих этапов:

- подготовка деталей к сварке;
- приварка болтов;
- сборка и точечная сварка;
- дуговая сварка;
- контроль качества.

Подготовка деталей к сварке (рис. 1.3)

Современные предприятия осуществляют полностью автоматизированный процесс мойки деталей перед контактной сваркой. Мойку производят с использованием струйных механизированных агрегатов, которые установлены в поточных линиях. Детали пропускают через моечные камеры, подвешивая их к конвейерной цепи. Мойку производят горячим (с температурой до 90°C) водным раствором 1...1,5 % кальцинированной соды, после чего производят обдувку деталей сухим сжатым воздухом и подают подготовленные детали на участок сварки.

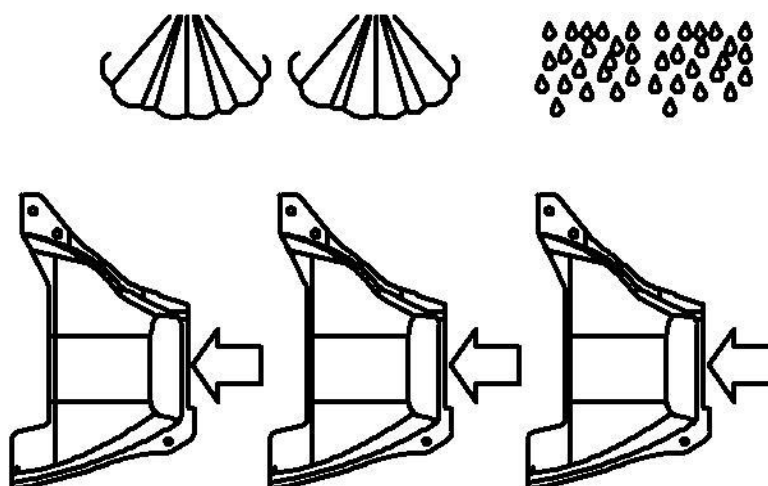


Рисунок 1.3 – Подготовка деталей к сварке (промывка и просушка)

Приварка болтов (рис. 1.4)

Приварка болтов рельефных производится на стационарной контактной точечной машине МТ-1932 (рис. 1.5).

Компактная, быстродействующая и простая в эксплуатации машина универсального назначения. Предназначена для сварки деталей из нержавеющей (типа 12Х18Н9Т) сталей, титановых сплавов (ОТ4), алюминиевых сплавов, низкоуглеродистой стали, крестообразных соединений стержней арматуры классов В1, А1, А2, А3. Конструкция верхнего и нижнего хоботов и возможность регулировки вылета нижнего хобота, позволяют сваривать изделия сложной конфигурации, например, с отбортовкой. Раствор регулируется ступенчато.

Корпус 14 является основной несущей конструкцией машины. На верхнем кронштейне корпуса установлен привод сжатия 7, который перемещает верхний электрододержатель 6. На приводе сжатия и верхней части кронштейна закреплены электропневматический клапан 8, фильтр-маслораспылитель 12 и регулятор давления 11. Внутри корпуса машины размещены: сварочный трансформатор 13, регулятор сварки 9, автоматический выключатель 10, тиристорный контактор 15.

Токоподвод состоит из электрододержателей 2 и 6 с электродами, хобота 3, шины 5 и плиты 4.

Система охлаждения машины состоит из гибких водонапорных шлангов, концы которых выведены к сливной коробке, закреплённой на задней стенке корпуса, там же закреплён запорный вентиль 16. Гидравлические реле установлены внутри корпуса. Педальная кнопка 1 имеет гибкую связь с машиной и устанавливается в удобном для работы месте.

После ввода свариваемых деталей в зазор между электродами производят нажатие педальной кнопки. С этого момента начинается автоматическая работа машины; в определённой последовательности и в строго заданные по длительности отрезки времени совершаются отдельные

операции цикла сварки: сжатие деталей – сварка, выдержка деталей в сжатом состоянии при выключенном электрическом токе – проковка, раскрытие электродов – пауза.

Таблица 1.4 – Техническая характеристика машины МТ-1932

Параметры	Единицы измерения	Величина
Род сварочного тока	-	переменный
Ход электрода	-	прямолинейный
Регулирование сварочного тока	-	ступенчатое и плавное
Число ступеней регулирования	шт	3
Напряжение питания (50Гц)	В	3х380
Наибольшая мощность при коротком замыкании	кВА	125±12
Мощность при ПВ=50%	кВА	83
Наибольший вторичный ток	кА	19±1,9
Номинальный длительный ток, не менее	кА	9
Номинальное усилие сжатия	даН	630
Пределы регулирования усилия сжатия	даН	150...670
Вылет	мм	500±10
Раствор	мм	170...330
Рабочий ход верхнего электрода	мм	5...30
Полный ход верхнего электрода	мм	80
Коэффициент мощности при КЗ	-	0,35
Расход охлаждающей воды	л/ч	700
Расход свободного воздуха	м ³ /100ход	0,17
Свариваемые толщины: - низкоуглеродистая сталь - нержавеющая сталь - титановые сплавы - алюминиевые сплавы - медные сплавы (латуни) - арматура класса А1, В1 - арматура класса А2, В3	мм мм мм мм мм мм мм	от 0,5+0,5 до 5,0+5,0 от 0,5+0,5 до 1,5+1,5 от 0,5+0,5 до 1,5+1,5 0,6+0,6 0,5+0,5 от 4,0+4,0 до 16,0+16,0 от 6,0+6,0 до 12,0+12,0
Наибольшая длительная производительность	сварок/ч	2097
Габариты	мм	1350х460х1950
Масса, не более	кг	550

Детали для изготовления изделия поставляются в контейнерах, в контейнер же складываются сваренные изделия. Режимы контактной рельефной сварки следующие: ток сварки – 8...10 кА при напряжении 4 В, время сварки – 0,1 секунды, сварочное давление – 2,5...3,0 кН.

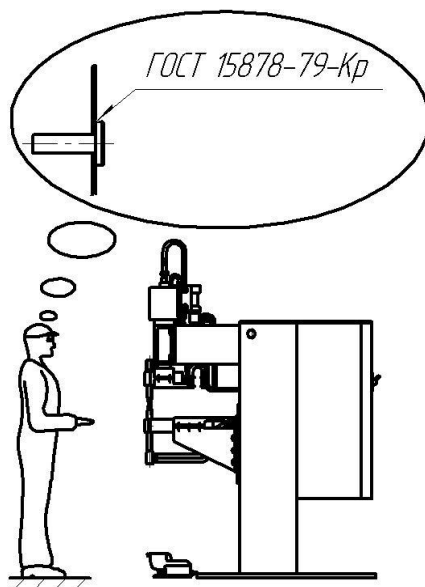


Рисунок 1.4 – Операция приварки болтов

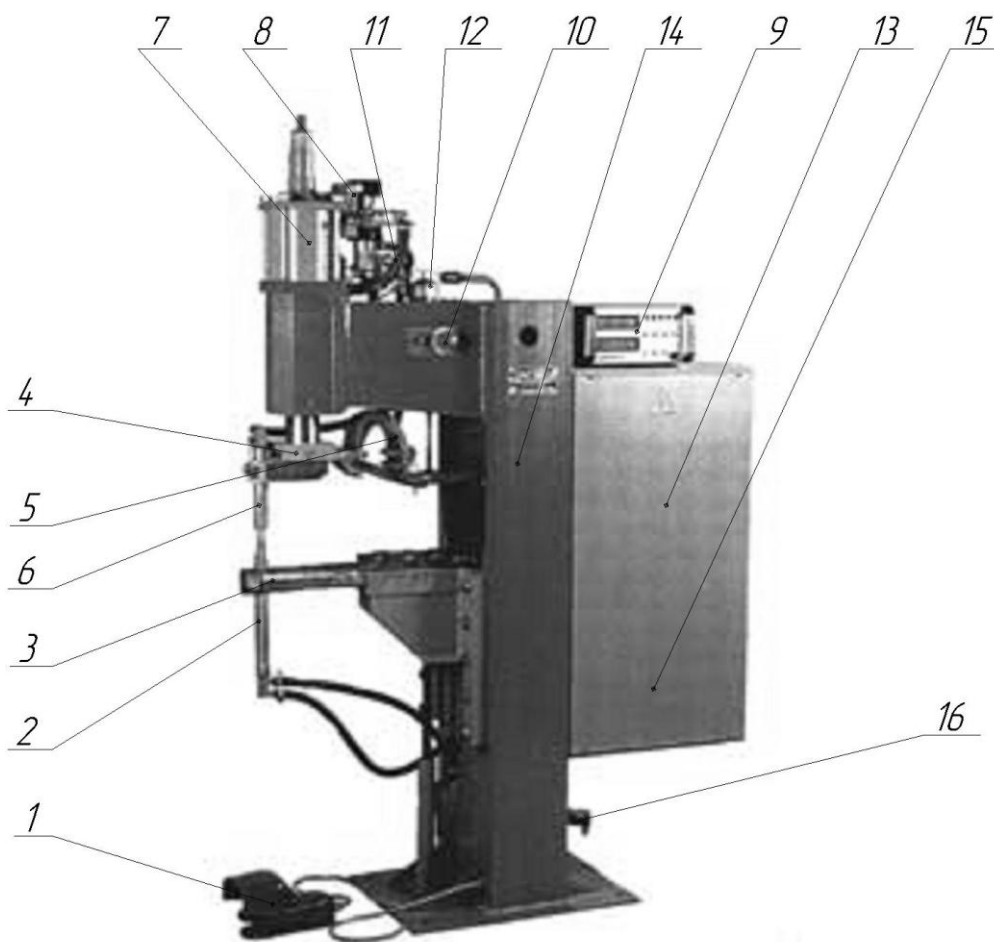


Рисунок 1.5 – Контактная сварочная машина МТ-1932

Сборка и точечная сварка (рис. 1.6)

Заготовки транспортируются на производственный участок цеха. 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 заготовку и укладывает их в ложементы сборочного кондуктора. Собранное 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, при этом проставляется 23 сварные точки.

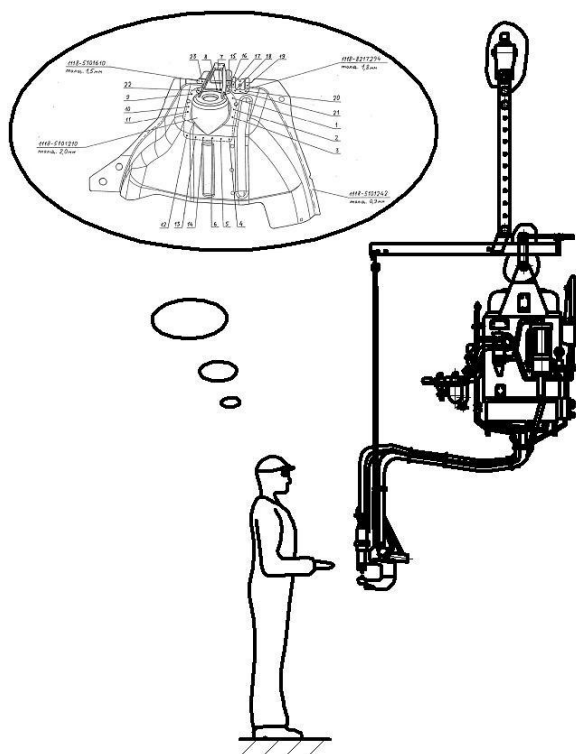


Рисунок 1.6 – Операция сборки и точечной сварки

При сварке применяются жёсткие режимы (табл. 1.5), которые должны обеспечить формирование сварной точки с размерами в соответствии с ГОСТ 15878-79 при сочетании толщин 0,9+1,5 мм, 0,9+1,8 мм и 0,9+2,0 мм.

Таблица 1.5 – Параметры режима контактной точечной сварки, применяемые при сварке на подвесных клещах деталей толщиной 0,9+1,5 мм, 0,9+1,8 мм и 0,9+2,0 мм

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

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.

В качестве сварочных клещей по базовой технологии применяются клещи S 5861 (рис. 1.7) производства концерна ARO (Франция), техническая характеристика которых показаны в табл. 1.6.

Таблица 1.6 – Технические характеристики сварочных клещей S 5861 (ARO)

Параметры	Значение
Номинальное усилие сжатия на электродах, кН	5,0
Толщина свариваемых деталей из низкоуглеродистой стали, мм	0,5+0,5...4,0+4,0
Полезный вылет электродов, мм	150
Максимальный ход подвижного электрода, мм	50
Масса, кг	17

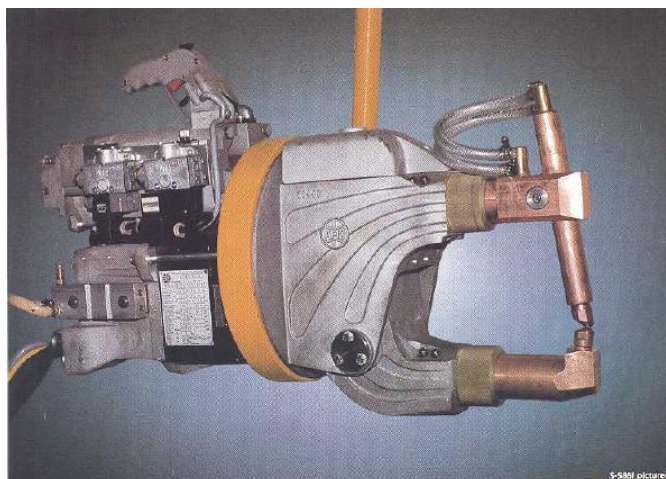


Рисунок 1.7 – Клещи сварочные S 5861

Приспособление (рис. 1.8), используемое в базовой технологии, представляет собой оснастку, состоящую из плиты, на которой установлены базовые опоры и прижимы, приводимые в действие пневмоцилиндрами.

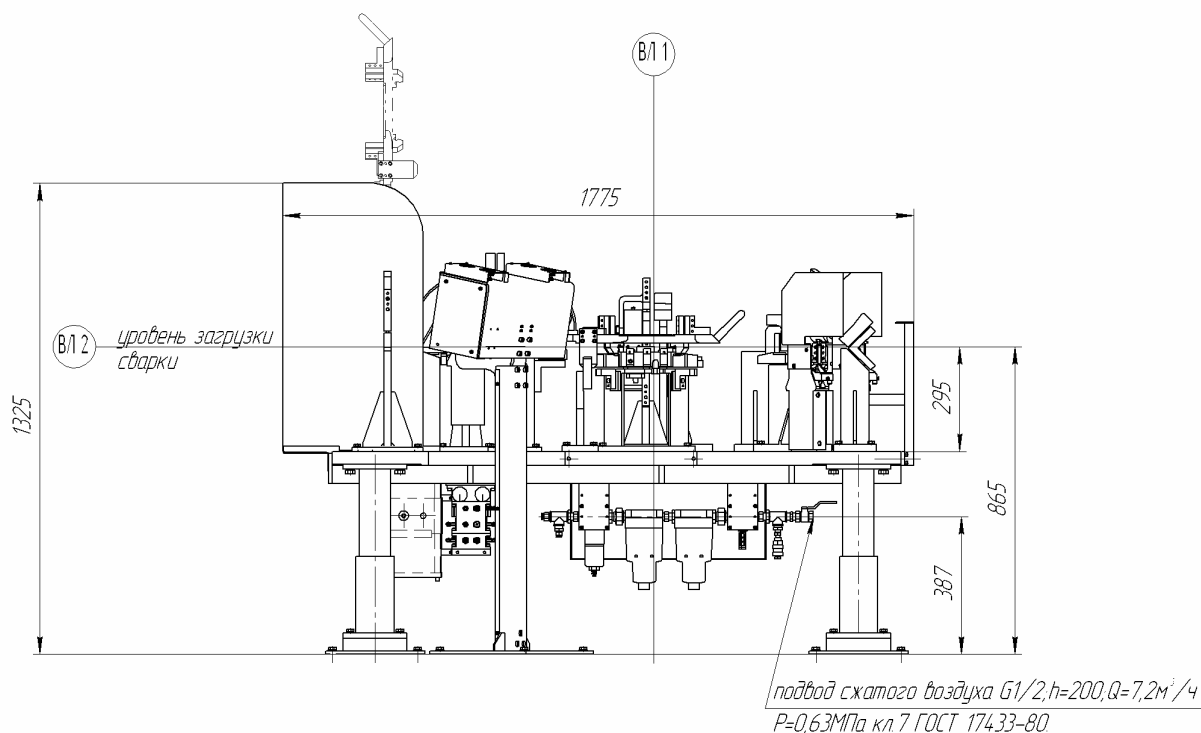


Рисунок 1.8 – Приспособление для сборки и сварки

Дуговая сварка (рис. 1.9)

Сваренные изделия укладываются в обратную тару, которую по мере наполнения изымают с участка и перевозят на участок дуговой сварки, где сварщик выполняет 2 сварных шва длиной по 20 мм и 25 мм.

Принятые режимы дуговой сварки (табл. 1.7) призваны обеспечить формирование сварных соединений по ГОСТ 14771-76, при этом используется омеднённая сварочная проволока Ф 0,8 Св08Г1С.

Таблица 1.7 – Параметры режима механизированной сварки в углекислом газе

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

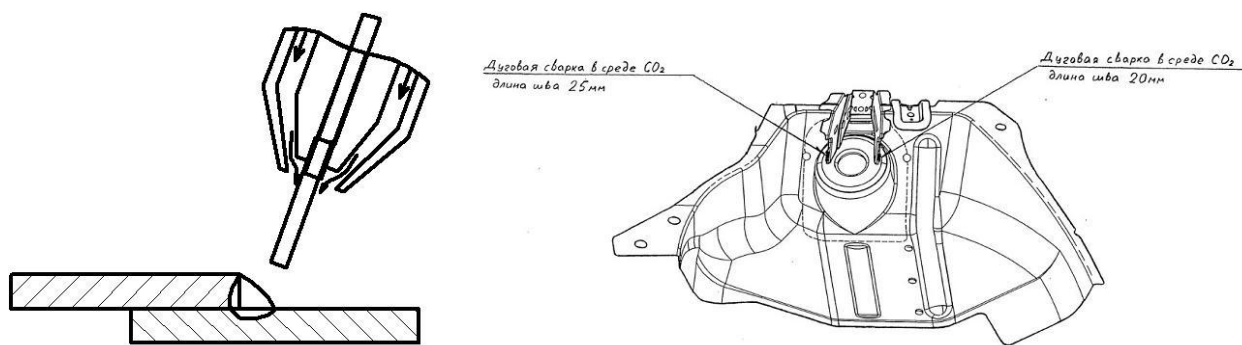


Рисунок 1.9 – Операция дуговой сварки

Для выполнения швов дуговой сваркой в среде CO_2 используют как стандартное, так и специализированное сварочное оборудование. В том числе для сварки деталей в специальном сварочном приспособлении применяется шланговый полуавтомат для дуговой сварки в среде защитных газов типа Kemromat 3200 (рис. 1.10) производства КЕМРПИ.

Установки КЕМПОМАТ представляют собой основные сварочные полуавтоматы, созданные для работы профессиональных сварщиков на

ответственных производственных и ремонтных объектах. Они просты по своим функциям и надежны в работе. Сварочные характеристики установок Кемпомат отличны, и без проблем достигают предельных значений, в которых обыкновенные установки уже устают.

Установки серии Кемпомат для сварки MIG/MAG при полуавтоматической сварке в среде CO₂ и смесях газов. В серии Кемпомат выпускаются аппараты рассчитанные на 170, 200, 250, 320 и 400 А. Плавное регулирование подачи проволоки, и удобная регулировка напряжения позволяют найти точные параметры сварки. С Кемпоматами применяются надежные и прочные, удобные в руке горелки серии МТ для сварки МИГ, гарантирующие подачу проволоки без отказов и ход работы без помех. Кемпомат 3200 имеет 16-ступенчатую регулировку напряжения



Рисунок 1.10 – Установка Кемпомат 3200

Таблица 1.8 – Технические характеристики установок Кемпомат

Кемпомат	2100	2500	3200
Напряжение сети 400 В	380 -10 %- 415 +6 %		
Напряжение сети 230 В	220 -10 %- 240 +6 %		
Нагрузка при ПВ 40%, А	200	250	320
Нагрузка при ПВ 100%, А	100	140	205
Диаметр проволоки, мм	0.6...1.2	0.6...1.2	0.6...1.6
Габариты (мм) Д x Ш x В	910 x 410 x 820	930 x 440 x 860	970 x 480 x 970
Масса (кг)	54	80	118

1.4 Краткий анализ способов изучения тепловых процессов при контактной сварке

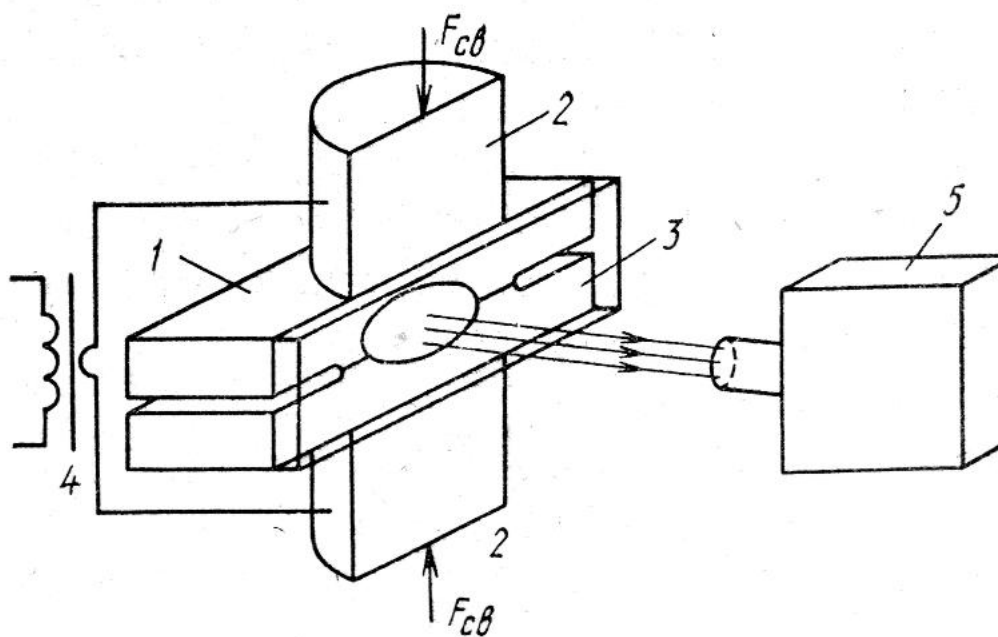
Физическое моделирование [1]

Динамику развития температурного поля при контактной сварке можно оценить с использованием стальных или титановых моделей, помещённых между электродами и нагреваемых сварочным током (рис. 1.11). В процессе моделирования сварки с расплавлением металла необходимо обеспечить плотное прижатие к образцам пластины из кварцевого стекла. Температуру в зоне сварки будут характеризовать цвета побежалости, изменение цвета термокрасок, излучение с торца образцов, которое фиксируется цветной или чувствительной к инфракрасным лучам киноплёнкой.

Измерение магнитных свойств металла [15]

Для изучения тепловых процессов при контактной сварке может быть использована зависимость магнитных свойства металла нагрева. Участок конструкции, на котором производят сварку, намагничивают постоянным магнитным полем с заданной величиной и направлением, после чего выполняют сварку. Нагрев от сварки вызывает размагничивание металла. Таким образом, остаточная намагниченность металла будет отражать характер температурного поля в свариваемых образцах.

Функциональная схема установки (рис. 1.12) состоит из намагничивающей катушки *НК*, одеваемой на один из электродов сварочной машины, намагничивающей область сварного соединения при включении источника питания *ИП* при помощи ключа *К*. Состоянием ключа *К* управляют при помощи системы управления *СУ*. Измерение остаточной намагниченности после сварки производят магнитометром на основе преобразователя Холла.



1 – свариваемые детали; 2 – сварочные электроды; 3 – кварцевое стекло;
 4 – трансформатор; 5 – фиксирующая инфракрасная камера

Рисунок 1.11 – Схема киносъёмки моделей точечной сварки

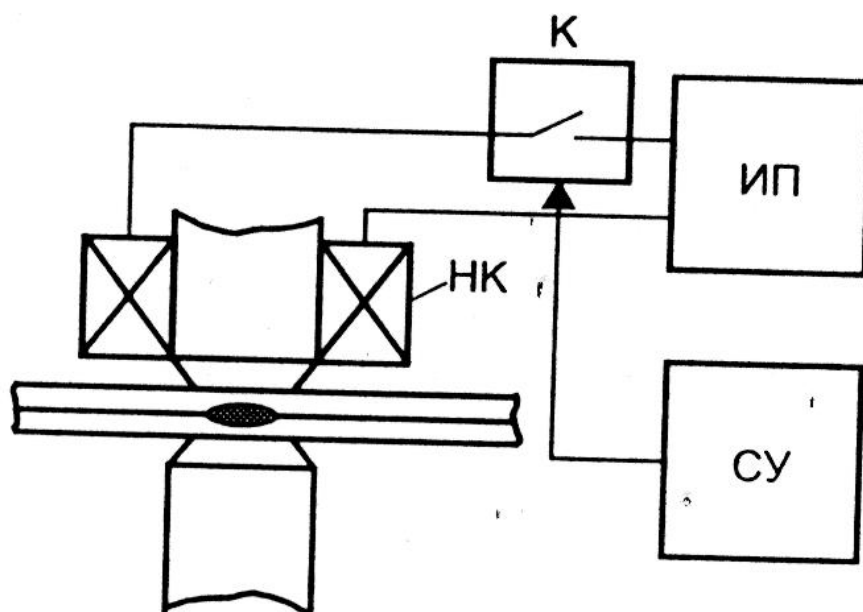


Рисунок 1.12– Схема установки для проведения магнитно-теплого
 контроля контактной сварки

Измерение термо-ЭДС [16]

Измерение температуры в области свариваемых деталей может производиться с использованием термо-ЭДС, которая возникает между сварочными электродами и деталью, и измеряется в промежутке времени между импульсами сварочного тока (рис. 1.13). Роль горячего спая термопары играет участок касания нижнего электрода (1) и свариваемой детали (2). Роль холодного спая термопары играет участок касания щупа (3) с ненагретой поверхностью детали. Выводы такой термопары подводят к усилителю сигнала (4). В качестве недостатка такого способа измерения температуры при контактной сварке можно отметить падение точности из-за разогрева сварочных электродов.

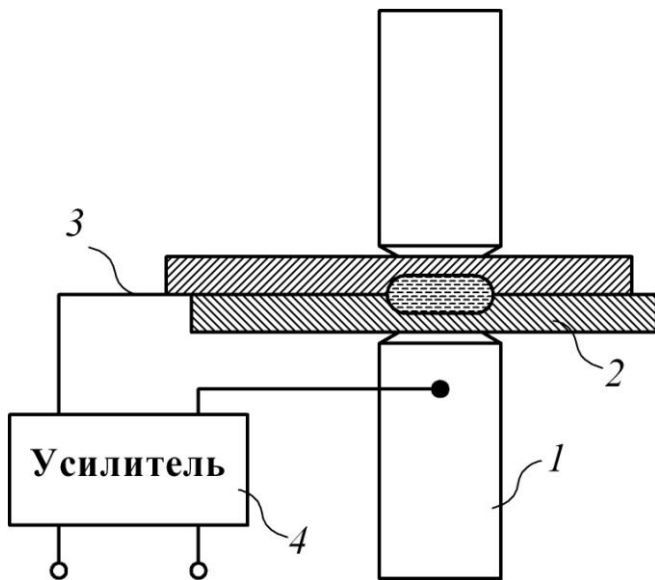
Измерение инфракрасного излучения [17]

В этом способе температурную обстановку оценивают путём измерения инфракрасного излучения с поверхности свариваемых деталей под одним из сварочных электродов. Установку инфракрасного сенсор (рис. 1.14) осуществляют в сварочном электроде, передача сигнала осуществляется по оптическому кабелю, который проложен через электрододержатель. В специальном сварочном электроде (1) проложен световод (2), который связан с датчиком (3), фиксирующим инфракрасное излучение (рис. 1.14).

Математическое моделирование [18, 19]

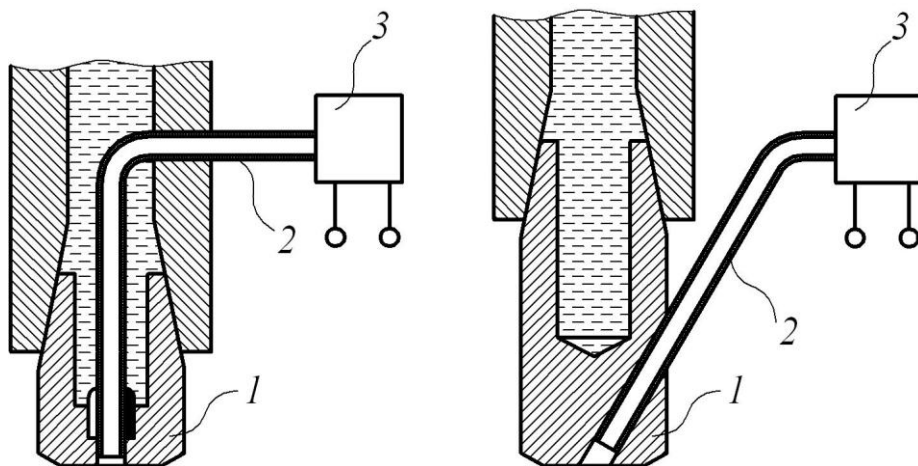
Самая точная оценка температурного поля может быть произведена при использовании математического моделирования процесса сварки на ЭВМ. Температурное поле при контактной сварке может быть описано уравнением теплопроводности Фурье, которое при определённых начальных условиях имеет вид:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{c\gamma} \left[\frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\lambda \partial T}{r \partial r} \right] + \frac{j^2 \rho}{c\gamma}.$$



1 – нижний электрод; 2 – свариваемые детали; 3 – щуп; 4 – усилитель сигнала

Рисунок 1.13 – Измерение температуры свариваемых деталей при помощи термо-ЭДС между деталью и электродом



1 – сварочный электрод; 2 – световод; 3 - датчиком инфракрасного излучения

Рисунок 1.14 – Измерение температуры под сварочным электродом при помощи ИК-датчиков и световода

Левая часть уравнения выражает скорость изменения температуры в точке деталей. Правая часть уравнения выражает сумму частных производных, которые учитывают теплообмен теплопроводностью внутри детали. Решение тепловой задачи должно производиться с учётом условий однозначности: начальных и граничных условий.

Электрическое поле в свариваемых деталях описывается при помощи дифференциального уравнения:

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{\rho} \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{\rho} \frac{\partial \varphi}{\partial r} \right) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \varphi}{r \partial r} = 0.$$

Решение приведённых выше уравнений заставляет решать трудности, связанные с непрерывным изменением основных параметров процесса сварки, свойств металла и граничных условий. Расчеты могут быть облегчены путём использования приближенных численных решений методом конечных разностей, которые устанавливают зависимость между малыми изменениями температуры, временем, координатами, силой тока и пр.. Производят разбивку объема зоны сварки на ряд конечных элементов в виде кубиков со стороной $\Delta h = 0,1 \dots 0,2$ мм. Время также разбивают на достаточно малые интервалы Δt , обычно равные 0,001 с. Расчет значений φ , j и T производят дискретно в каждой ячейке, имеющей координаты z , r и по времени Δt . В результате получается объемная мозаика нагретых колец (рис. 1.5) имеющих ширину и высоту Δh , наглядно проявляемую при рассмотрении поперечного сечения деталей и электродов.

Расчёт температурного поля с использованием метода конечных элементов требует значительных вычислительных мощностей и привлечения серьёзного математического аппарата. Результаты же, которые получают при использовании численных методов, позволяют получить лишь количественную картину температурного поля. Информации о качественной картине они дать не могут. Поэтому при исследовании тепловых процессов контактной сварки целесообразно использование аналитических методов расчётов.

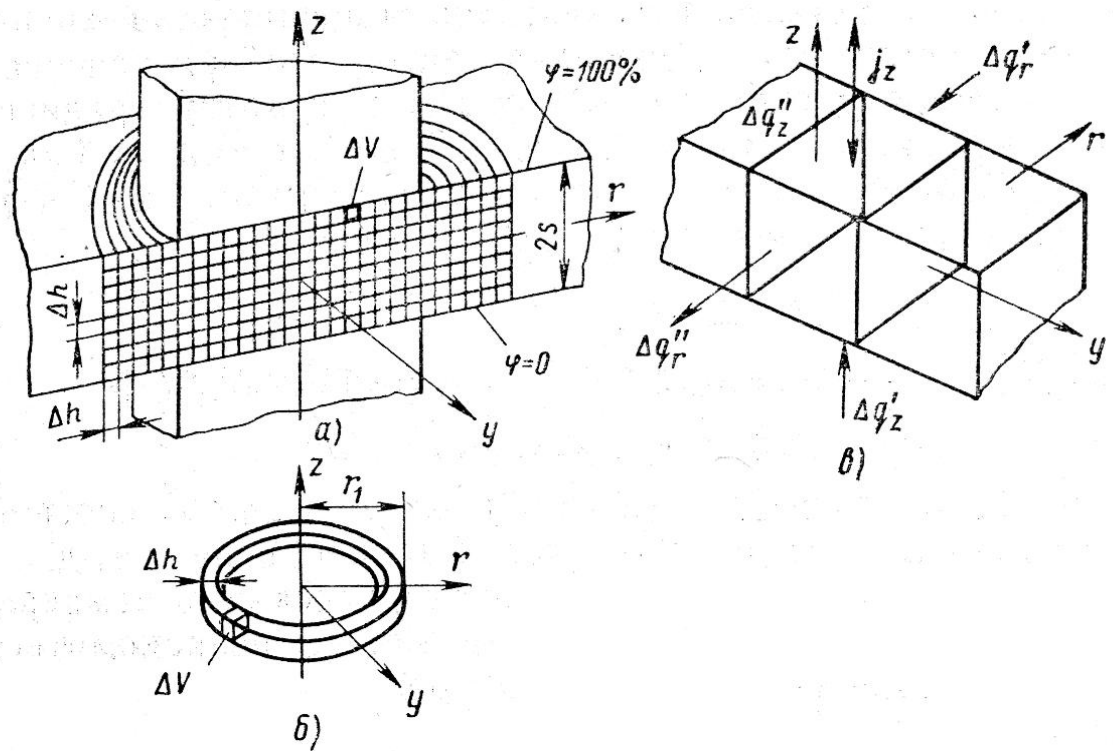


Рисунок 1.15 – Схема расчёт температурных полей методом конечных элементов: а) сечение сварного соединения; б) единичный кольцевой элемент; в) теплообмен в пределах одного элемента

1.5 Формулировка задач работы

В ходе анализа базовой технологии с применением контактной точечной сварки установлены её недостатки: в результате шунтирования сварочного тока по ранее сваренным точкам существенно снижается стабильность качества сварки, при использовании стандартных режимов наблюдается непровар. Использование же форсированных режимов сварки (увеличение величины сварочного тока) приводит к частому появлению выплесков.

Поставленная цель будет достигнута путём последовательного решения задач:

- 1) разработать методику, позволяющую производить оценку тепловой обстановки в зоне контактной сварки;
- 2) предложить методику, позволяющую производить оценку влияния шунтирования на формирование соединений при контактной сварке;
- 3) предложить технологические мероприятия, позволяющие компенсировать влияние шунтирования при осуществлении технологического процесса контактной сварки;
- 4) предусмотреть мероприятия по обеспечению безопасности жизни и здоровья производственного персонала;
- 5) экономически обосновать предложенные технические решения.

2 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Шунтирование как возмущающий фактор при контактной сварке

В результате шунтирования проходящий через свариваемую точку ток изменяет свой значение из-за ответвления его части через ранее сваренные точки (рис. 2.1). Оценить величину шунтирования и соответствующим образом скорректировать ток не представляется возможным. Ток I_2 во вторичном контуре при шунтировании практически не изменяется – изменяются лишь его составляющие: сварочный $I_{св}$ и шунтирующий $I_{ш}$ токи. Сумма же этих токов постоянна: $I_2 = I_{св} + I_{ш}$.

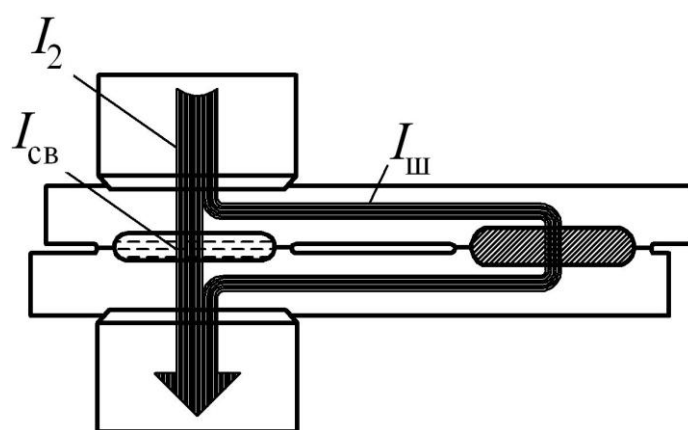
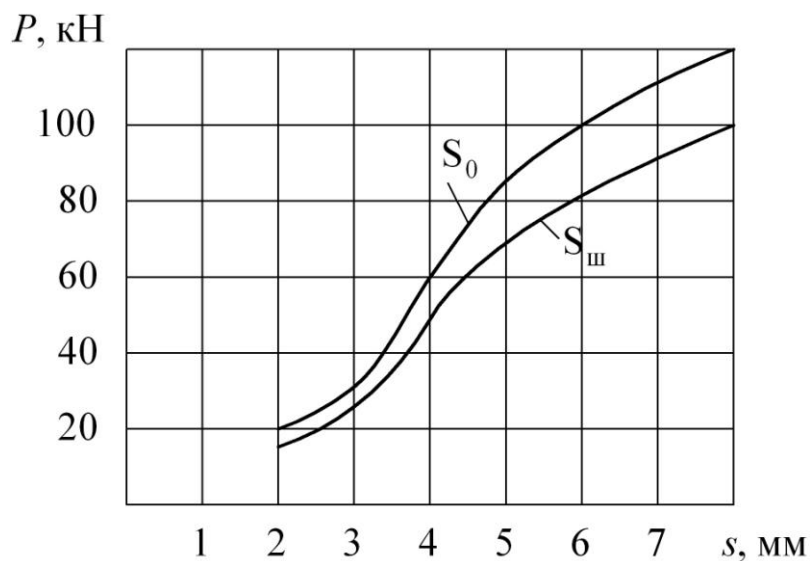


Рисунок 2.1 – Схема шунтирования сварочного тока

В ряде случаев шунтирование может проявиться очень сильно и являться существенным возмущением, значительное влияющее на прочность сварных точек (рис. 2.2). В результате шунтирования происходит значительное снижение прочности сварного соединения вплоть до получения непровара.

При контактной сварке шунтирование тока соседними точками может быть скомпенсировано путём увеличения тока и длительности токового импульса. Случайные влияния шунтирующих контактов могут в

значительной мере быть снижены с использованием помощи автоматического регулирования процесса сварки.



S_0 – при отсутствии шунтирования, $S_{ш}$ – при наличии шунтирования (расстоянии между точками $3d_я$)

Рисунок 2.2 – Прочность точек от толщины деталей в условиях шунтирования [20]

2.2 Оценка тепловой обстановки в зоне сварки

Количество энергии $Q_{э}$, требуемое для получения ядра сварной точки с заданными размерами, задаётся уравнением теплового баланса [1, 13, 14] (рис. 2.3):

$$Q_{э} = Q_1 + Q_2 + Q_3, \quad (2.1)$$

где Q_1 – теплота, расходуемая на нагрев металла до температуры плавления;

Q_2 – теплота, передаваемая теплопроводностью в основной металл;

Q_3 – теплота, поглощённая сварочными электродами.

Составляющие уравнения (2.1) могут быть определены с применением некоторых допущений. В свариваемых деталях задают условный цилиндр диаметром $d_э$, приблизительно равным диаметру ядра сварной точки. Высота этого цилиндра равна суммарной толщине свариваемых деталей. Значение

средней температуры в этом цилиндре принимают равным температуре плавления металла $T_{пл}$, тогда имеем:

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot d_y^2}{4} 2sc_1 \gamma_1 T_{пл}, \quad (2.2)$$

где γ_m – плотность свариваемых деталей (7,84 г/см³);

c_m – теплоёмкость свариваемых деталей (0,46 Дж/(г·°C));

$T_{пл}$ – температура плавления свариваемых деталей (1480 °C)

Заметное повышение температуры основного металла происходит на расстоянии x_1 от границы ядра, которое задаётся временем сварки $t_{св}$ и значением коэффициента температуропроводности деталей a_m :

$$x_1 = 4\sqrt{a_1 t_{св}}, \quad (2.3)$$

где a_m – значение коэффициента температуропроводности свариваемых деталей (0,08 см²/с)

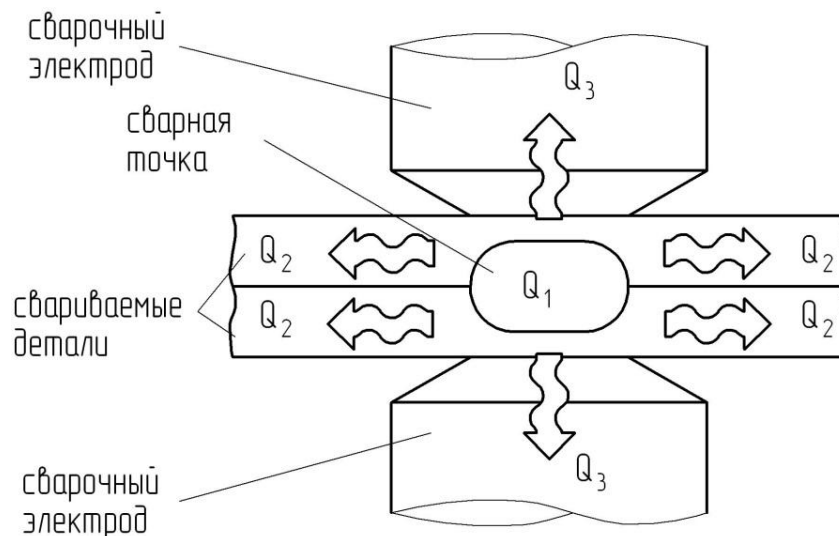


Рисунок 2.3 – Схема теплового баланса при контактной сварке

Вводят допущение, что значение средней температуры в кольце шириной x_1 вокруг диаметра $d_э$ составляет $0,25T_{пл}$. Это позволяет задавать площадь нагреваемого кольца как:

$$\frac{\pi \cdot (d_э + 2x_1)^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} = \frac{\pi(d_э^2 + 4d_эx_1 + 4x_1^2 - d_э^2)}{4} = \pi x_1 (d_э + x_1). \quad (2.4)$$

Расчёт объёма нагреваемого кольца может быть выполнен по формуле:

$$\pi x_1 (d_9 + x_1) 2s \quad (2.5)$$

Значение теплоты Q_2 может быть ориентировочно задано как

$$Q_2 = k_1 \pi x_1 (d_9 + x_1) 2s c_m \gamma_m 0,25 T_{пл}, \quad (2.6)$$

где k_1 – значение коэффициента, который учитывает неравномерность распределения температуры в кольце, составляющее приблизительно $k_1=0,8$.

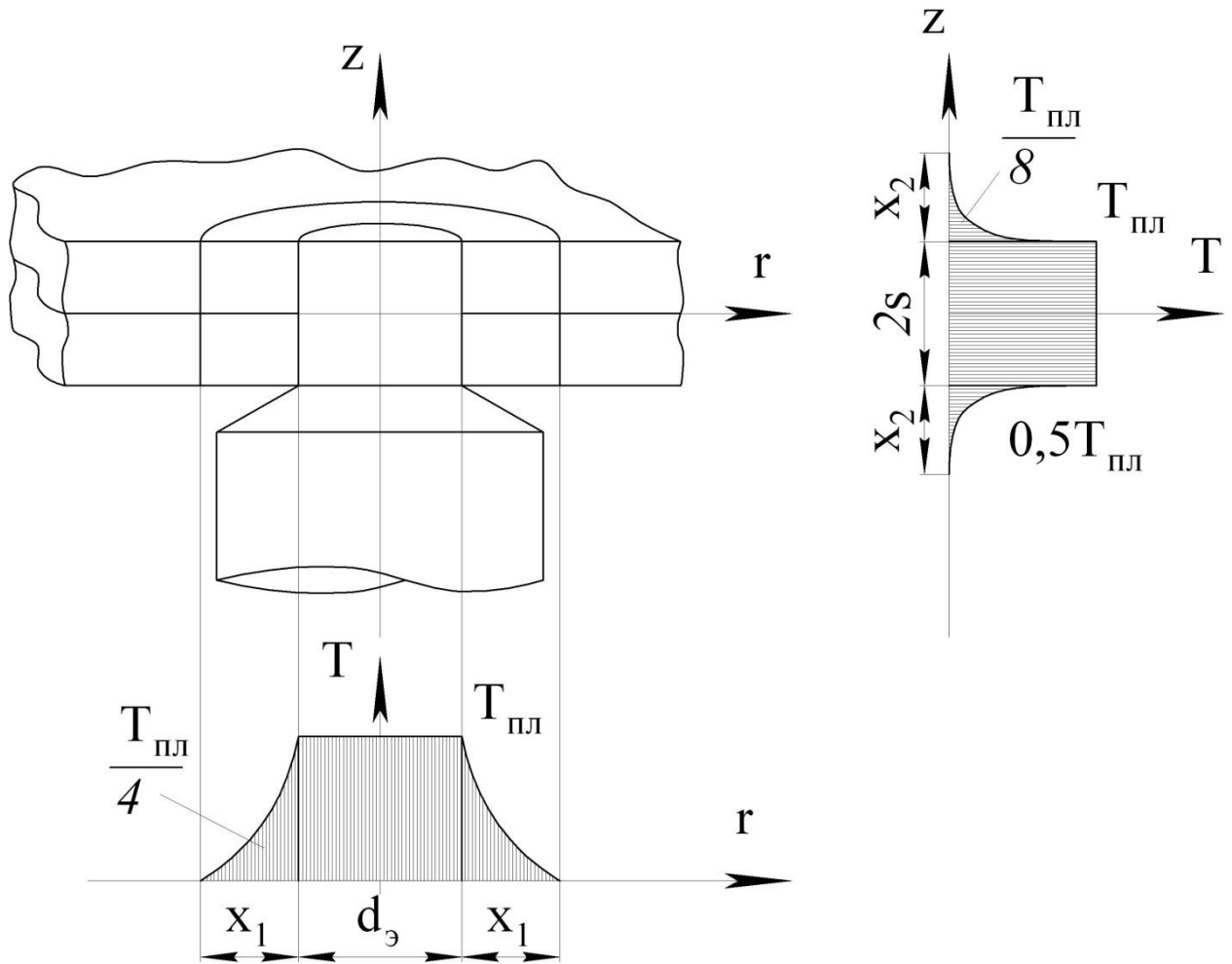


Рисунок 2.2 – Схема изучения теплового баланса при контактной сварке

Отвод тепла в сварочные электроды может быть определён исходя из допущения, что тепло Q_3 приводит к нагреву до средней температуры $T_{пл}/8$ участка электродов длиной

$$x_2 = 4\sqrt{a_3 t_{св}}, \quad (2.7)$$

где a_3 – значение коэффициента температуропроводности сварочных электродов ($0,08 \text{ см}^2/\text{с}$).

Расчёт объёма нагреваемого электрода может быть произведён по формуле:

$$k_2 \frac{\pi \cdot d_э^2 x_2}{4}, \quad (2.8)$$

где k_2 – значение коэффициента, учитывающего форму электрода ($k_2=1$ для цилиндрических электродов, $k_2=1,5$ для конических электродов с плоской рабочей поверхностью, $k_2=2$ для конических электродов со сферической рабочей поверхностью).

Тогда имеем:

$$Q_3 = 2k_2 \frac{\pi d_э^2}{4} x_2 c_э \gamma_э \frac{T_{пл}}{8}, \quad (2.9)$$

где $c_э$ – теплоёмкость сварочных электродов (0,388 Дж/(г·°С));

$\gamma_э$ – плотность сварочных электродов (8,9 г/см³).

Используя формулы (2.1)...(2.9) была произведена оценка выделившегося при сварке тепла применительно к толщине деталей 0,9+1,5, 0,9+1,8, 0,9+2,0 и 1,5+0,9+2,0 миллиметров. Значения параметров режима сварки были приняты из базовой технологии сварки (табл. 1.5).

Таблица 2.2 – Тепловой баланс при контактной сварке деталей рассматриваемых толщин (0,9+1,5, 0,9+1,8, 0,9+2,0 и 1,5+0,9+2,0 мм)

Толщина деталей, мм	$t_{св}$, сек	$d_э$, мм	Q_1 , Дж	Q_2 , Дж	Q_3 , Дж	$Q_{ээ}$, Дж
0,9+1,5	0,10...0,12	5	252	247	431	930
0,9+1,8	0,10...0,12	5	283	278	431	992
0,9+2,0	0,10...0,12	5	304	298	431	1033
1,5+0,9+2,0	0,12...0,14	5	461	453	431	1345

2.3 Методика оценки влияния шунтирования

Оценка величины шунтирования и соответствующая коррекция сварочного тока в ряде случаев весьма трудноосуществимы. Ток I_2 во вторичном контуре контактной машины в результате шунтирования практически не изменяется – происходит изменение лишь его составляющих: сварочного $I_{св}$ и шунтирующего $I_{ш}$ токов. Сумма же этих токов остаётся постоянной: $I_2 = I_{св} + I_{ш}$. Свариваемые детали представим в виде бесконечно протяжённых пластин толщиной s , зажатых между двух сварочных электродов диаметром $d_э$ (рис. 2.3 а). Расчёт полного сопротивления ветви шунтирования (рис. 2.3 б) производим с учётом значения её индуктивности по формуле:

$$Z_{\phi} = \sqrt{(R_{\phi} + r_{\delta})^2 + X_{\phi}^2}, \quad (2.10)$$

где $Z_{ш}$ – величина полного сопротивления ветви шунтирования;

$R_{ш}$ и $X_{ш}$ – соответственно значения активного и индуктивного сопротивлений ветви шунтирования;

r_T – величина активного сопротивления ранее сваренной точки.

Для контактной точечной сварки значение составляющей r_T относительно мало по сравнению со величиной активного сопротивления ветви шунтирования $R_{ш}$, поэтому значением r_T можно пренебречь. В этом случае величина полного сопротивления ветви шунтирования рассчитывается как:

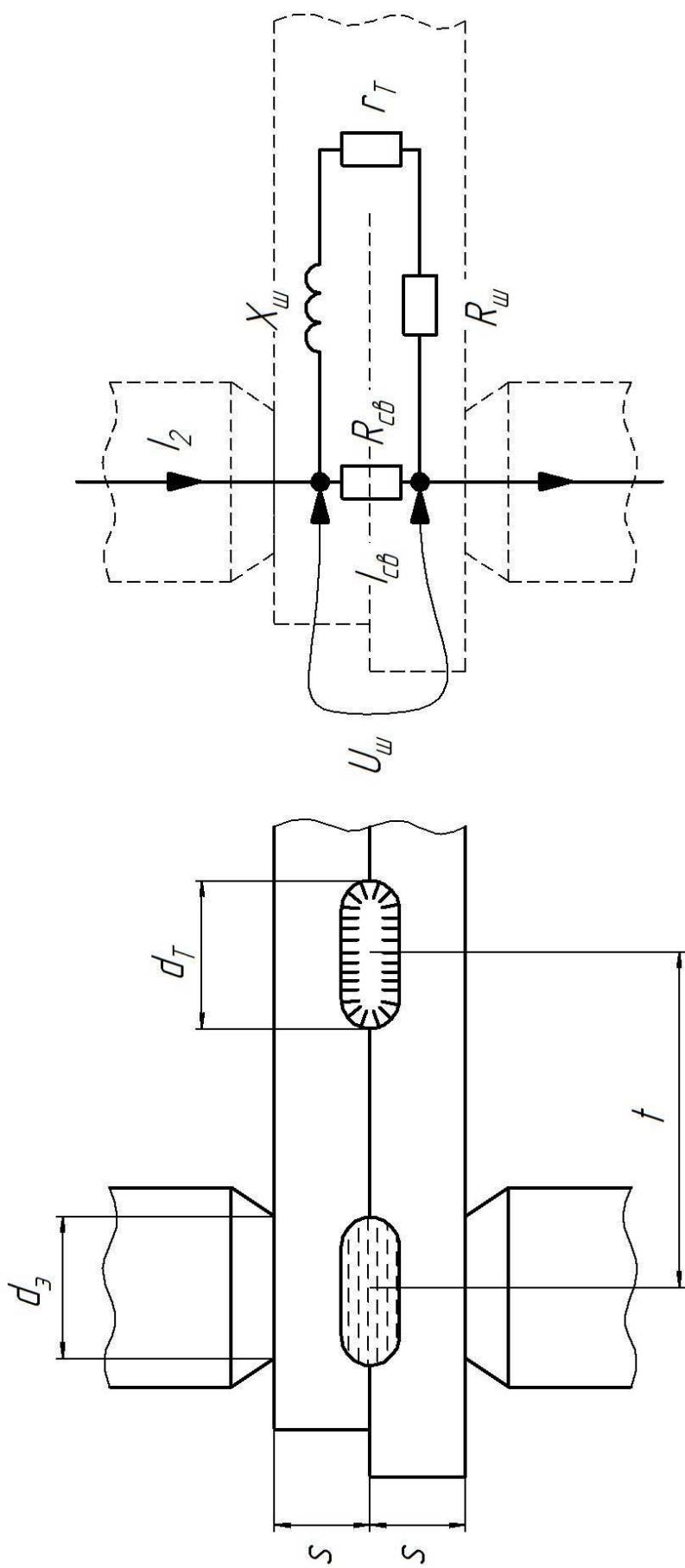
$$Z_{\phi} = \sqrt{R_{\phi}^2 + X_{\phi}^2}. \quad (2.11)$$

Величина активного сопротивления ветви шунтирования может быть рассчитана по формуле:

$$R_{\phi} = R_{0\phi} (1 + 0,6\chi\sqrt{\chi}), \quad (2.12)$$

где $R_{0ш}$ – сопротивление постоянному току в условиях его равномерного распределения по сечению проводника;

χ – критерий Неймана.



s – толщина свариваемых деталей; d_1 – диаметр сварной точки; d_3 – диаметр сварочных электродов; t – шаг между точками; $I_{св}$ – ток сварки;

I_2 – вторичный ток; $R_{ш}$ и $X_{ш}$ – активное и индуктивное сопротивление ветви шунтирования; r_T – активное сопротивление ранее сваренной точки;

$R_{св}$ – сопротивление свариваемой точки; $U_{ш}$ – падение напряжения на ветви шунтирования

Рисунок 2.3 – Схема шунтирования сварочного тока: а) общий вид; б) расчётная схема

Значение индуктивного сопротивления ветви шунтирования определяют по формуле:

$$X_{\phi} = R_{0\phi} 0,84\chi. \quad (2.13)$$

Расчёт величины $R_{0ш}$ производим по формуле:

$$R_{0\phi} = \frac{2 \cdot \rho \cdot t}{\pi \cdot s} \ln \frac{2t}{d_{\phi}}, \quad (2.14)$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление свариваемых деталей при температуре 20 °С;

t – шаг между точками;

d_{ϕ} – диаметр сварной точки;

s – толщина свариваемых деталей.

Расчёт величины критерия Неймана приближённо производим по формуле:

$$\chi = \frac{2 \cdot t \cdot s \cdot h_{\phi}}{25 \cdot U_{\phi} (s + h_{\phi})}, \quad (2.15)$$

где h_{ϕ} – ширина эквивалентной ветви шунтирования, вычисляемая по формуле:

$$h_{\phi} = \frac{\pi \cdot t}{\ln\left(\frac{2t}{d_{\phi}}\right)}; \quad (2.16)$$

$U_{ш}$ – величина падения напряжения на ветви шунтирования, приближённо вычисляемая по формуле:

$$U_{\phi} = R_{\hat{n}\hat{a}} \cdot I_{\hat{n}\hat{a}}. \quad (2.17)$$

Расчёт тока шунтирования производим по формуле:

$$I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\phi}}. \quad (2.18)$$

Расчёт сопротивления участка «электрод-электрод» при сварке производим как сумму сопротивлений каждой детали в горячем состоянии:

$$r_{\text{гор}} = A_0 \cdot K \cdot \frac{\rho_t}{s}, \quad (2.19)$$

где $r_{\text{гор}}$ – сопротивление детали в горячем состоянии (125 мкОм·см);

A_0 и K – значения коэффициентов, учитывающих отношение диаметра сварной точки к толщине свариваемых деталей (рис. 2.4);

s – толщина свариваемых деталей.

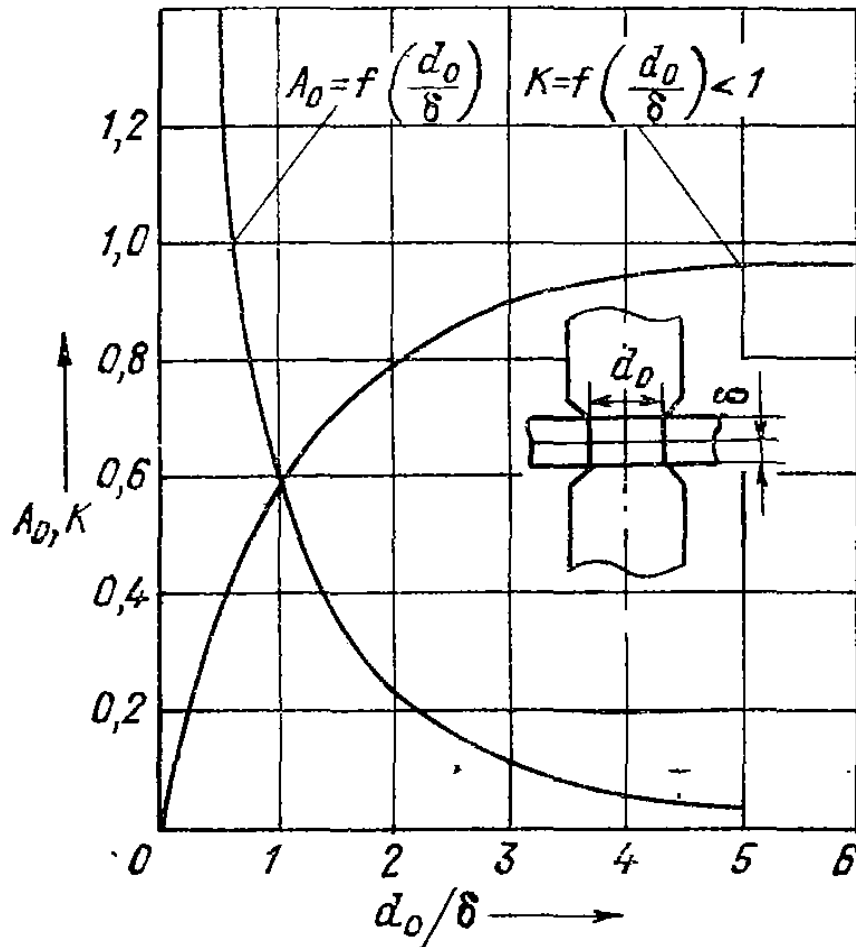


Рисунок 2.4 – Коэффициенты, учитывающие отношение диаметра сварной точки к толщине свариваемого металла

С использованием формулы (2.19) для толщин деталей 0,9, 1,5, 1,8, и 2,0 мм был произведён расчёт величины $r_{\text{гор}}$ (табл. 2.3). Величину сопротивления участка «электрод-электрод» для соотношения толщин 0,9+1,5, 0,9+1,8, 0,9+2,0 и 1,5+0,9+2,0 мм вычисляли как сумму соответствующих сопротивлений из табл. 2.3 (табл. 2.4).

Таблица 2.3 – Вычисление сопротивления $r_{гор}$

Толщина s , мм	0,9	1,5	1,8	2,0
d_0/s	4,4	2,7	2,2	2,0
A_0	0,05	0,15	0,20	0,25
K	0,95	0,85	0,82	0,80
$r_{гор}$, мкОм	66	106	114	125

Таблица 2.4 – Вычисление сопротивления участка «электрод-электрод» для различных сочетаний тощин

Сочетание толщин, мм	Величина $R_{св}$, мкОм
0,9+1,5	66+106=172
0,9+1,8	66+114=180
0,9+2,0	66+125=191
1,5+0,9+2,0	106+66+125=297

С использованием формул (2.11)...(2.18) произведён расчёт величины шунтирования при контактной точечной сварке деталей толщиной 0,9+1,5, 0,9+1,8, 0,9+2,0 и 1,5+0,9+2,0 мм (рис. 2.4). Полученные номограммы могут быть использованы для назначения режимов сварки в зависимости от особенностей взаимного расположения сварных точек.

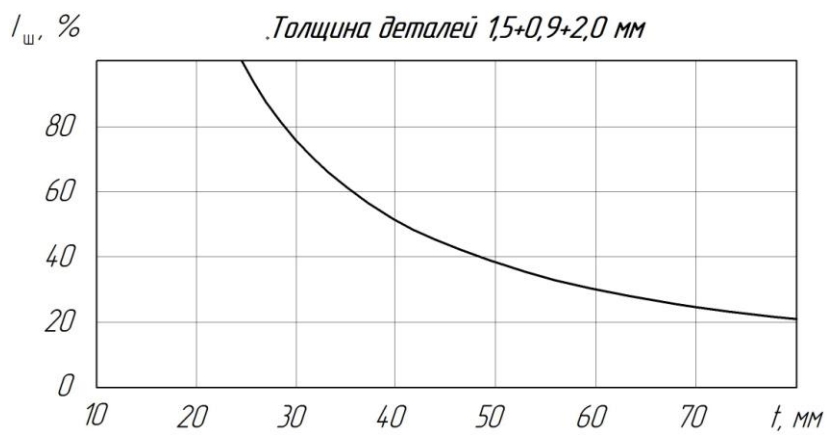
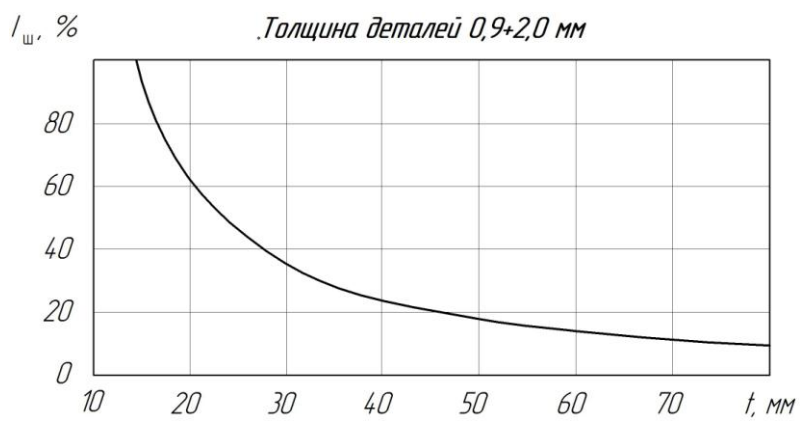
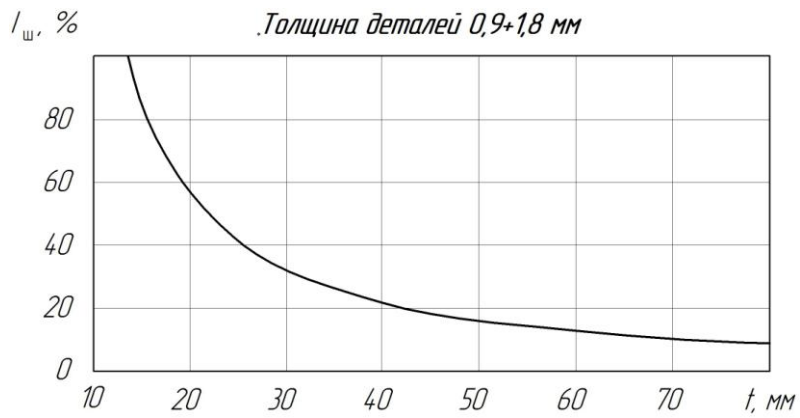
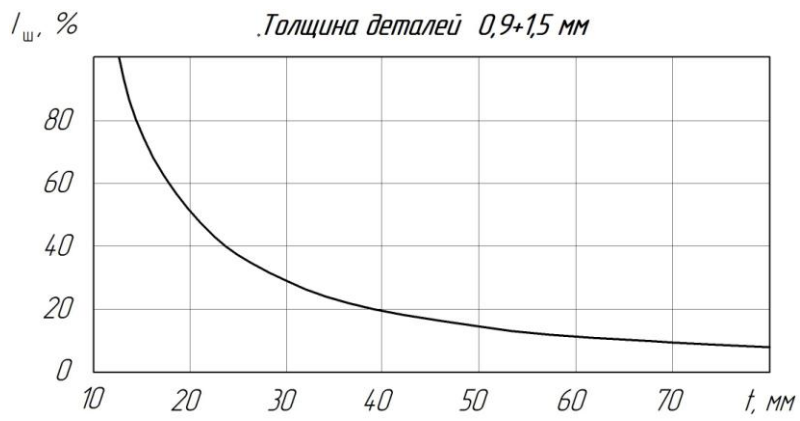


Рисунок 2.4 – Результаты вычисления шунтирования для различных толщин свариваемых деталей и шага между точками

3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Вводные данные

В выпускной работе были предложены мероприятия, предусматривающие расчётное определение тепловыделения при контактной сварке в условиях шунтирования тока. Измерения проводятся в лаборатории контактной сварки на машине МТПУ-300.

Таблица 3.1 – Идентификация профессиональных рисков

Операция технологического процесса, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы	Источники опасных и вредных производственных факторов
1	2	3
1. Подготовка образцов к сварке	<ul style="list-style-type: none">- наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок, инструмента и оборудования- движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования- повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека	Острые края образцов
2. Сборка измерительного комплекса	<ul style="list-style-type: none">- наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок, инструмента и оборудования- движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования- повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека- повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне	Машинка сварочная, измерительный комплекс

3. Экспериментальная сварка	<ul style="list-style-type: none"> - высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов - повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека - повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне - высокий уровень инфракрасной радиации - высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов 	Машинка сварочная, измерительный комплекс
4. Проведение измерений	<ul style="list-style-type: none"> - высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов - повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека - повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне - высокий уровень инфракрасной радиации - высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов 	Машинка сварочная, измерительный комплекс

Таблица 3.2 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы	Организационные мероприятия и технические средства для защиты, снижения и устранения опасных и вредных производственных факторов	Средства индивидуальной защиты работника
1. Наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок	Периодический инструктаж по технике безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующей окраски, установка ограждений	-
3. Высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов	Периодический инструктаж по технике безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека	Организация заземления электрических машин и периодического контроля изоляции.	-
5. Высокий уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне	Экранирование зоны сварки при помощи щитов	-

3.2 Пожарная безопасность технологического объекта

Таблица 3.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок контактной сварки	Машина контактной сварки МТПУ-300	пожары, которые протекают при воспламенении и горении веществ и материалов на электроустановках, имеющих электрическое напряжение (Е)	Наличие пламени и искр; теплового потока; повышенной температуры окружающей среды; повышенной концентрации токсичных продуктов горения горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода;	замыкание на проводящие ток части технологических установок напряжения с высоким значением на оборудовании, агрегатах, изделиях и иного имущества; термохимическое воздействие огнетушащих веществ, которые используются при пожаре, на предметы и людей

Таблица 3.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства для тушения	Мобильные средства для тушения	Стационарные системы и установки для тушения	Пожарная автоматика	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-10	Пожарные машины (вызываются)	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таблица 3.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Технологический процесс	Вид реализуемого организационного или технического мероприятия	Требования для обеспечения пожарной безопасности, достигаемый эффект
Участок контактной сварки	Ознакомление рабочего персонала и служащих с правилами пожарной безопасности, использование средств наглядной агитации по пожарной безопасности, проведение с производственным персоналом учений по обеспечению пожарной безопасности	Необходимо в достаточном количестве наличие на участке первичных средств пожаротушения, применять защитные экраны для ограничения разлёта искр.

3.3 Экологическая безопасность технологического объекта

Таблица 3.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Реализуемый технологический процесс	Составляющие операции технологического процесса	Отрицательное влияние технического объекта на атмосферу	Отрицательное влияние технического объекта на гидросферу	Отрицательное влияние технического объекта на литосферу
Участок контактной сварки	Подготовка деталей, сборка под сварку, сварка, контроль качества	-	-	металлолом, преимущественно стальной черных металлов; бытовой мусор.

Таблица 3.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Лаборатория контактной сварки
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Необходимо произвести установку контейнеров, для селективного сбора бытового мусора и производственных отходов. Предусмотреть отдельный контейнер для металлолома. Нанести на контейнеры соответствующие надписи. Проводить инструктаж среди производственного персонала по правильному складыванию в контейнеры мусора и отходов.

3.4 Заключение по разделу

В ходе выполнения данного раздела были выявлены опасные и вредные производственные факторы при экспериментальной сварке на машинах контактной сварки.

Произведён анализ возможности устранения и уменьшения этих факторов, показавший, что при использовании стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства можно добиться безопасности работников при промышленном внедрении результатов проекта. В разработке специальных и дополнительных средств защиты нет необходимости. Наблюдается угроза экологической безопасности. При осуществлении проектной технологии требуется соблюдать технологический регламент и производственную санитарную.

4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

4.1 Исходные данные для экономических расчётов

Представленная работа является научно-исследовательской и направлена на разработку методики и рекомендаций по коррекции параметров режима контактной точечной сварки в условиях шунтирования сварочного тока.

Экономическое обоснование данной научно-исследовательской работы состоит из следующих этапов:

- 1) определить трудоемкость и длительность выполнения работ;
- 2) составить линейный план-график выполнения работ в течение всего исследования.
- 3) рассчитать текущие, капитальные и полные затраты, необходимые для проведения данной научно-исследовательской работы.

Работы, которые выполняются в ходе научного данного исследования, разбиваем на отдельные стадии и этапы и сводим в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 - Наименование стадий и содержание этапов НИР

Наименование этапа НИР	Содержание этапа НИР
1	2
1. Знакомство с существующими в настоящее время рекомендациями и технологическими приёмами по назначению параметров режима контактной сварки и изучению температурных полей	1.1 Анализ литературы по теме исследования тепловых процессов при контактной сварке 1.2 Изучение влияния режимов сварки на тепловые процессы при контактной сварке 1.3 Инженерные расчёты по определению тепловыделения при контактной сварке 1.4 Изучение влияния тепловыделения на формирование соединений при контактной сварке

1	2
2. Экспериментальная изучение влияния краевых условий на формирование соединения при контактной сварке	2.1 Математическое моделирование 2.2 Вычислительные эксперименты. 2.3 Обработка результатов вычислительного эксперимента
3. Изучение влияния шунтирования на формирование соединения при контактной сварке	3.1 Математическое моделирование 3.2 Обоснование требований к погрешностям. 3.3 Вычислительный эксперимент 3.4 Обработка результатов вычислительного эксперимента
4. Оформление результатов и формулирование выводов по научно - исследовательской работе	4.1 Оформить отчет, отражающий этапы проведенных работы 4.2 Сформулировать выводы по результатам проведенных работ 4.3 Разработать рекомендации по использованию результатов работы в производстве и сформулировать направления проведения дальнейших исследований. 4.4 Составить фактический график выполнения работ и провести анализ причин отклонения от принятого плана. 4.5 Рассчитать фактически произведённые материальные затраты

4.2 Трудоемкость и длительность выполнения этапов работ

Назначаем длительность выполнения этапов научно-исследовательской работы: оптимистическая (наименьшая) трудоемкость T_{\min} и пессимистическая (наибольшая) трудоемкость T_{\max} .

Таблица 4.2 – Величина трудоёмкости проведения этапов научно-исследовательской работы

Труд-ть, чел/дни	№ этапа научно-исследовательской работы															
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
Тмин	2	1	2	3	4	7	2	12	4	2	1	3	10	2	1	4
Тмакс	4	3	3	6	5	9	5	17	7	5	5	6	13	4	3	5

1) Расчёт ожидаемой трудоёмкости выполнения каждого этапа работы (в человеко/днях) производим с применением формулы:

$$T_{ож} = \frac{3T_{min} + 2T_{max}}{5} \text{ (чел/дн.)}, \quad (4.1)$$

где $T_{мин}$ – величина оптимистической (наименьшей) трудоёмкости;

$T_{макс}$ – величина пессимистической (наибольшей) трудоёмкости.

Результаты расчета величины ожидаемой трудоёмкости представим таблично (табл. 4.3).

Таблица 4.3 – Величина ожидаемой трудоёмкости этапов научно-исследовательской работы

Тожд., чел/дн.	№ этапа научно-исследовательской работы															
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
	3	2	2,5	4	4,5	8	3	14	5	3	2,5	4	11	3	2	4,5

2) Расчёт длительности каждого этапа научно-исследовательских работ (в человеко/ днях) произведём с применением формулы:

$$T_{эт} = \frac{T_{ож}}{Ч} \text{ (чел/дн.)}, \quad (4.2)$$

где $Ч$ – количество исполнителей (человек) на данном этапе научно-исследовательской работы.

После вычисления длительности всех этапов проведения научно-исследовательской работы, назначим количество участников (человек) на каждом её этапе.

Результаты расчета величины $T_{эт}$ для каждого этапа научно-

исследовательской работы сводим в таблицу 4.5.

Таблица 4.4 – Расчётная численность участников на этапах научно-исследовательской работы

№ этапа НИР	Число исполнителей			
	Инженер	Рабочий	Техник	Всего
1.1.	1	–	1	2
1.2.	1	–	1	2
1.3.	1	–	1	2
1.4.	1	–	1	2
2.1.	–	–	1	1
2.2.	1	–	–	1
2.3.	–	–	1	1
3.1.	1	1	1	3
3.2.	1	1	1	3
3.3.	1	–	1	2
3.4.	1	–	1	2
4.1.	1	–	1	2
4.2.	1	–	1	2
4.3.	1	–	1	2
4.4.	1	–	1	2
4.5.	1	–	1	2

Производим расчёт суммарной длительности научно-исследовательской работы: $T_{\text{НИР}} = \sum T_{\text{эт}}$, $T_{\text{НИР}} = 44$ дня.

3) Расчёт удельного значения каждого этапа производим по формуле:

$$U_{\text{эт}} = \frac{T_{\text{эт}}}{T_{\text{НИР}}} \cdot 100\% \quad (4.3)$$

Таблица 4.5 – Количество участников проекта по этапам НИР

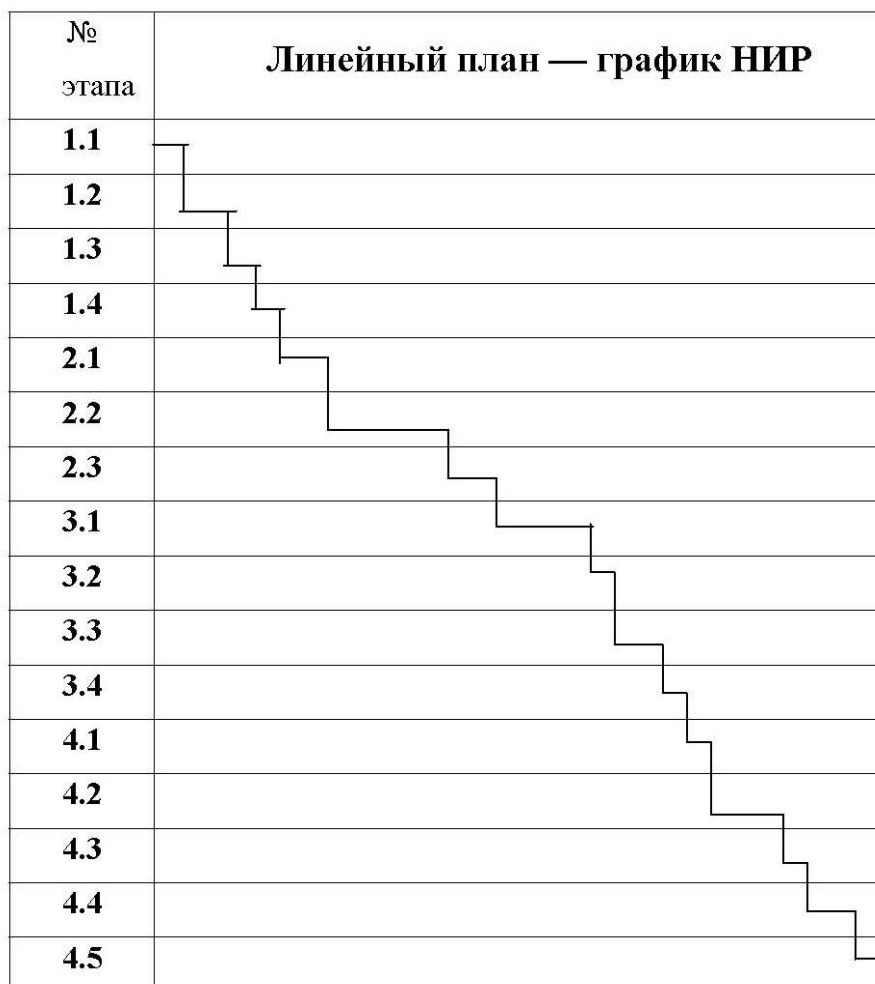
Тэт, чел/дн.	№ этапа научно-исследовательской работы															
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
	1,5	1	1,5	2	4,5	8	3	5	2	1,5	1,5	2	5,5	1,5	1	2,5

Результаты расчета величины $U_{\text{д.эт}}$ сводим в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 – Значение удельной трудоёмкости по этапам

Уд. этапа, %	№ этапа научно-исследовательской работы									
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
	3,03	4,54	3,03	1,52	6,06	21,19	15,15	4,55	4,55	7,58
Уд. этапа, %	№ этапа научно-исследовательской работы									
	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5				
	4,55	4,55	12,12	1,52	3,03	3,03				

4) Производим построение линейного плана — графика выполнения научно-исследовательской работы. Построение графика осуществляем путем последовательного откладывания отрезков, длина которых пропорциональна длительности каждого этапа (рис. 4.1).



$$T_{\text{нир}} = 44 \text{ дня.}$$

Рисунок 4.1 – Линейный план-график выполнения научно-исследовательской работы

4.3 Текущие, капитальные и общие затраты на проведение НИР

Затраты на проведение исследований рассматриваем как полную себестоимость выполнения работы.

Расчёт текущих затрат производим как:

$$K_{тек} = \PhiЗП + Ос.с. + ЗМ + Зтех.эн. + \\ + Аоб. + Зплощ. + Зинстр. + Нр + РП пр \quad (4.4)$$

где $\PhiЗП$ – величина фонда оплаты труда;

$Ос.с.$ – величина отчислений на социальное страхование;

$ЗМ$ – объем средств, затрачиваемых на материалы;

$Зтех.эн.$ – стоимость электрической энергии;

$Аоб$ – объём затрат на амортизацию оборудования;

$Зплощ.$ – затраты на производственные площади;

$Зинстр.$ – объём средств, затраченных на приобретение инструмента, необходимого для проведения научно-исследовательской работы.

$Нр$ – величина общих накладных расходов;

$РП пр$ – величина расходов прочих прямых, которые связаны со спецификой научно-исследовательской работы.

1) Рассчитываем заработную плату персонала на проведение исследований с учётом отчислений на социальное страхование

$$\PhiЗП = ЗПЛ_{осн} + ЗПЛ_{доп} \quad (4.5)$$

Расчёт затрат на основную заработную плату производим по формуле:

$$ЗПЛ_{осн} = \sum Тр_{аб} \cdot Сд \cdot К пр \cdot И \quad (4.6)$$

где $Тр_{аб}$ - время работы каждого участника исследования на всех его этапах;

$Сд$ - дневная ставка каждого участника научно-исследовательской работы;

$К пр$ – значение коэффициента, учитывающего премиальные доплаты (= 1,4);

И – число участников на каждом этапе научно-исследовательской работы.

Таблица 4.7 – Фонд заработной платы

№ п/п	Должность	Месячный оклад	Дневная ставка
1	И н ж е н е р	8380 рублей	349,2 рублей
2	Т е х н и к	5250 рублей	218,8 рублей
3	Р а б о ч и й	4720 рублей	196,7 рублей

$ЗПЛ_{осн} = (44 \cdot 349,2 \cdot 1,4 \cdot 1) + (44 \cdot 218,8 \cdot 1,4 \cdot 1) + (7 \cdot 196,7 \cdot 1,4 \cdot 1) = 36916,46$ рублей.

Расчёт дополнительной заработной платы производим по формуле:

$$ЗПЛ_{доп} = 10\% \text{ от } ЗПЛ_{осн} \quad (4.7)$$

$ЗПЛ_{доп} = 36916,46 \cdot 0,1 = 3691,65$ рублей.

Размер фонда оплаты труда на проведение НИР составляет:

$ФЗП = 36916,46 + 3691,65 = 40608,11$ рублей.

Расчёт отчислений на социальное страхование производим как:

$$Ос.с. = 40\% \text{ от } ФЗП \quad (4.8)$$

$Ос.с. = 0,4 \cdot 40608,11 = 16243,24$ рублей.

2) Расчёт затрат на материалы для проведения научно-исследовательских работ.

Затраты на материалы включают в себя затраты средств на приобретение канцелярских товаров, расходуемых в процессе эксперимента и на изготовление опытных образцов для проведения натуральных экспериментов

$$ЗМ = ЗМ_{расх.} + ЗМ_{образц.} + ЗМ_{вспом.} \quad (4.9)$$

где $ЗМ_{расх.}$ – объём затрат на приобретение расходных материалов, используемых в экспериментах;

$ЗМ_{образц.}$ – объём затрат на материал для изготовления образцов, используемых в экспериментах;

ЗМ вспом. – объём затрат на приобретение вспомогательных материалов: электродов для контактной машины и технологическую воду для охлаждения.

Составляем таблицу расходных материалов, которые используются в процессе проведения исследований.

Расчёт затрат на образцы и электроды производим по формуле:

$$\text{ЗМ образц.} = \text{Нр} \cdot \text{Цм} \cdot \text{U} \quad (4.10)$$

где Нр – расход металла на изготовление одного образца;

Цм – цена 1 кг металла изготовления образцов;

U - количество образцов, используемых при проведении эксперимента.

U = 26 штук.

Таблица 4.8 – Расчёт стоимости материалов

№ п/п	Расходный материал	Единица измерения	Количество	Стоимость
1.	Офисная бумага	пачка	1/2	70
2.	Заправка чернил принтера	штук	1	120
3.	Ручка шариковая	штук	2	17
4.	Карандаш простой	штук	2	12
5.	Стёрка	штук	1	4
6.	Линейка пластмассовая	штук	1	3
7.	Степлер малый	штук	1	20
ИТОГО				246

Таблица 4.9 – Расчёт затрат на образцы

Расход металла на один образец	Цена металла
0,02 кг	19,7 руб./кг

ЗМ образц. = $0,02 \cdot 19,7 \cdot 26 = 10,24$ рублей.

Примем объём затрат на приобретение вспомогательных материалов (электродов для контактной сварки технологическую и воду) 10% от объёма затрат на образцы.

$$\text{ЗМ вспом.} = 10\% \text{ ЗМ образц.} \quad (4.11)$$

ЗМ вспом. = $10,24 \cdot 0,1 = 1,02$ рублей.

ЗМ = $246 + 10,24 + 1,02 = 257,26$ рублей.

3) Расчёт затрат на амортизацию оборудования (Аоб) производим следующим образом.

- расчёт амортизации компьютерной техники производим по формуле:

$$A_{об}^1 = \sum \Pi_{об} \cdot \frac{N_a \cdot T_{раб.}}{\Phi_{об} \cdot 100} \quad (4.12)$$

где N_a – норма амортизации для персональных компьютеров, $N_a = 54\%$;

$\sum \Pi_{об}$ – цена оборудования, применяемого для выполнения НИР;

$\Phi_{об}$ – фонд работы оборудования;

$T_{раб.}$ – время работы оборудования, принимается приблизительно 70 часов.

- расчёт амортизации сварочного оборудования производим по формуле:

$$A_{об}^2 = \sum \Pi_{об} \cdot \frac{N_a \cdot T_{исп.}}{\Phi_{об} \cdot 100} \quad (4.13)$$

где N_a – норма амортизации сварочного оборудования, $N_a = 18\%$;

$\sum \Pi_{об}$ – цена оборудования, применяемого для проведения НИР;

$\Phi_{об}$ – фонд работы оборудования;

Тисп. время работы оборудования, принимается приблизительно 12 часов.

Таблица 4.10 – Стоимость оборудования, применяемого для выполнения научно-исследовательской работы

№ п/п	Оборудование	Количество	Стоимость
1	Монитор	1	12000
2	Системный блок	1	15000
3	Принтер	1	10092
4	Сканер	1	3172
5	Компьютерная мышь	1	200
6	Компьютерная клавиатура	1	300
7	Универсальная контактная сварочная машина МТПУ-300	1	277000

Расчёт фонда времени работы оборудования (Фоб) производим следующим образом:

$$\Phi_{об} = (D_K - D_{вых.} - D_{пр.}) \cdot T_{см} \cdot S \cdot (1 - k_{р.п.}) \quad (4.14)$$

где D_K – число календарных дней (365);

$D_{вых.}$ – число выходных дней (106);

$D_{пр.}$ – число праздничных дней (8);

$T_{см.}$ – продолжительность смены (8час);

S – количество смен – 1;

$k_{р.п.}$ – значение коэффициента, учитывающего потери времени на техническое обслуживание и переналадку оборудования ($k_{р.п.}=0,09$).

$$\Phi_P = (365 - 106 - 8) \cdot 8 \cdot 1 \cdot (1 - 0,09) = 1827 \text{ часов}$$

$$A_{об}^1 = \frac{(12000 + 15000 + 10092 + 3172 + 200 + 300) \cdot 54 \cdot 70}{100 \cdot 1827} = 843,4 \text{ руб.}$$

$$A_{об}^2 = \frac{(250000 + 27000 \cdot 2) \cdot 18 \cdot 12}{100 \cdot 1827} = 359,41 \text{ руб.}$$

$$A_{об} = A_{об}^1 + A_{об}^2 = 843,4 + 359,41 = 1202,81 \text{ руб.}$$

4) Расчёт затрат на электрическую энергию.

Расчёт производим исходя из мощности оборудования и времени его работы.

При компьютера:

$$Z_{\text{тех.эн.}} = \frac{M_{об} \cdot T_{\text{раб.}} \cdot C_{\text{эл.эн.}}}{\text{КПД}} \quad (4.15)$$

где $M_{об}$ – мощность оборудования;

$C_{\text{эл-эн}}$ – стоимость 1 кВт · часа электроэнергии;

КПД – коэффициент полезного действия оборудования;

$T_{\text{раб}}$ – время работы оборудования, (час).

Составляем сводную таблицу, содержащую необходимые для данной формулы параметры работы оборудования:

Таблица 4.11 – Расчёт затрат на электрическую энергию

№ п/п	Наименование оборудования	Мощность оборудования, кВт	Коэффициент полезного действия	Время работы, час.
1	Монитор	0,1	0,8	70
5	Системный блок	0,3	0,8	70
2	Принтер	0,15	0,8	70
3	Сканер	0,1	0,85	70
4	Универсальная контактная сварочная машина МТПУ-300	20	0,85	12

$$Z_{\text{тех.эн.}} = P_{\text{тех.эн.}}^{\text{монитор.}} + P_{\text{тех.эн.}}^{\text{сист.блок}} + P_{\text{тех.эн.}}^{\text{принт.}} + P_{\text{тех.эн.}}^{\text{скан.}} \quad (4.16)$$

$$P_{\text{тех.эн.}}^{\text{монитор.}} = \frac{0,1 \cdot 70 \cdot 1,1}{0,8} = 9,63 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{тех.эн.}}^{\text{сист.блок.}} = \frac{0,3 \cdot 70 \cdot 1,1}{0,8} = 15,27 \text{руб.}$$

$$P_{\text{тех.эн.}}^{\text{принт.}} = \frac{0,15 \cdot 70 \cdot 1,1}{0,8} = 14,44 \text{руб.}$$

$$P_{\text{тех.эн.}}^{\text{скан.}} = \frac{0,1 \cdot 70 \cdot 1,1}{0,85} = 9,06 \text{руб.}$$

$$3 \text{ тех.эн.} = 9,63 + 15,27 + 14,44 + 9,06 = 48,4 \text{руб.}$$

В процессе проведения эксперимента:

$$3_{\text{тех.эн.}} = \frac{M_{\text{маш.}} \cdot T_{\text{исп.}} \cdot C_{\text{эл.эн.}}}{\text{КПД}} \quad (4.17)$$

где $M_{\text{маш.}}$ – мощность применяемой сварочной машины по справочнику = 20 КВА;

$C_{\text{эл-эн}}$ – стоимость 1 кВт · часа электроэнергии;

КПД – коэффициент полезного действия сварочной машины.

$$3 \text{ тех.эн.} = \frac{20 \cdot 12 \cdot 1,1}{0,85} = 310,59 \text{руб.}$$

Расчёт полных затрат на электрическую энергию:

$$3 \text{ тех.эн.} = 48,4 + 310,59 = 358,99 \text{руб.}$$

5) Расчёт затрат на содержание и эксплуатацию производственных площадей производим по формуле:

$$3_{\text{пл.}} = \frac{\Sigma C_{\text{пл.}} \cdot \Sigma S_{\text{пл.}} \cdot N_{\text{пл.}} \cdot \Sigma t_{\text{шт}}}{100 \cdot \Phi_p} \quad (4.18)$$

где $C_{\text{пл.}}$ - цена 1м² производственной площади, руб;

$N_{\text{а пл.}}$ - норма амортизационных отчислений на здания, %;

$\Sigma S_{\text{пл.}}$ – суммарная площадь, занимаемая оборудованием, необходимым для проведения работ, м²;

$\Sigma t_{\text{шт}}$ – суммарное время выполнения работ на производственных площадях, (час).

$$3_{\text{пл.}} = \frac{3000 \cdot (7,5 + 10) \cdot 2 \cdot (70 + 12)}{100 \cdot 1827} = 47,13 \text{руб.}$$

б) Расчёт затрат на инструмент приобретаемый для проведения

исследований.

Перечень инструмента, который приобретается для проведения экспериментов, представлен в табл. 4.14

Таблица 4.12 – Затраты на инструменты

№ п/п	Наименование инструмента	Количество, шт	Стоимость, руб.
1	Ножницы	1	700
2	Маркер	1	15
3	Линейка металлическая	1	35
4	Молоток	1	70
5	Дрель	1	600
	Итого:		1420

$$Z_{\text{инстр.}} = \frac{\Sigma C_{\text{инстр.}} \cdot N_{\text{а инстр.}} \cdot t_{\text{шт}}}{T_{\text{инстр.}} \cdot 100 \cdot \Phi_p} \quad (4.19)$$

где $\Sigma C_{\text{инстр.}}$ - суммарная цена инструмента, руб.;

$N_{\text{а инстр.}}$ - норма амортизационных отчислений на инструмент.

$T_{\text{инстр.}}$ - срок службы инструмента, лет.

$t_{\text{шт}}$ – время использования рабочего инструмента = 5 час.

$$Z_{\text{инстр.}} = \frac{14200 \cdot 12 \cdot 5}{2 \cdot 100 \cdot 1827} = 0,23 \text{ руб.}$$

7) Расчёт общих накладных расходов: $H_p = 55\% \text{ ФЗП}$

$$H_p = 0,55 \cdot 40608,11 = 22334,46 \text{ руб.}$$

8) Расчёт прочих прямых расходов: $RП пр = 5\% \text{ ФЗП}$

$$RП пр = 0,05 \cdot 40608,11 = 2030,41 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{тек}} = \Phi ЗП + Ос.с. + ЗМ + Аоб. + \\ + Зтех.эн. + Зплощ. + Z_{\text{инстр.}} + H_p + RП пр \quad (4.20)$$

$$K_{\text{тек}} = 36916,46 + 3691,65 + 16243,24 + 1202,81 + 358,99 + 257,26 + 47,13 + \\ 0,23 + 22334,46 + 2030,41 = 83082,64 \text{ руб.}$$

9) Калькуляция себестоимости проведения НИР

Таблица 4.13 – Себестоимость проведения НИР

№	СТАТЬИ ЗАТРАТ	Условные обозначения	Величина затрат (руб.)
1	Основная заработная плата персонала	Зосн	36916,46
2	Дополнительная заработная плата персонала	Здоп	3691,65
3	Отчисления на социальные нужды	Осс	16243,24
4	Амортизация оборудования	Аоб	1202,81
5	Затраты на технологическую энергию	З тех. эн.	358,99
6	Затраты на материалы	ЗМ	257,26
7	Затраты на производственные Площади	Зплощ.	47,13
8	Затраты на инструмент	Зинстр.	0,23
9	Общие накладные расходы	Нр	22334,46
10	Прочие прямые расходы	РП пр	2030,41
	Себестоимость проведения НИР (текущие расходы)	$C_{НИР} = K_{ТЕК}$	83082,64

4.4 Капитальные затраты

Расчёт капитальных затрат производим следующим образом:

$$K_{\text{кап.}} = \sum C_{\text{пр. об.}} + C_{\text{изг. об.}} + P_{\text{т}} + P_{\text{м}} \quad (4.21)$$

где $C_{\text{пр. об.}}$ – цена приобретаемого оборудования;

$C_{\text{изг. об.}}$ – цена изготавливаемого оборудования;

$P_{\text{т}}$, $P_{\text{м}}$ – затраты на проведение транспортировки и монтажа оборудования.

Капитальные вложения в оборудование, которое необходимо для осуществления НИР, заключаются в затратах на измеритель сварочных

процессов МИКС-2М.

$$K_{\text{кап.}} = 27000 \cdot 2 = 54000 \text{ руб.}$$

4.5 Общие затраты на проведение работ

$$K_{\text{общ.}} = K_{\text{тек.}} + K_{\text{кап.}} \quad (4.22)$$

$$K_{\text{общ.}} = 83082,64 + 54000 = 137082,64 \text{ руб.}$$

Вывод.

Затраты на проведение научно-исследовательских работ составят 137082,64 рублей. Для их компенсации необходимо заключение договора на проведение научно-исследовательских работ с предприятием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе была поставлена цель - повышение стабильности качества контактной точечной сварки в условиях шунтирования тока на основе изучения тепловых и электрических процессов.

На основании проведённого анализа существующих методик оценки тепловой обстановки в зоне сварки сделан вывод об эффективности применения аналитических методов для расчёта. Была предложена методика инженерного расчета баланса тепла при контактной сварке и представлены результаты численного моделирования.

На основании результатов исследования влияния шунтирования сварочного тока, на формирование соединения при контактной сварке предложена методика расчётного определения величины шунтирования тока и рекомендации по его компенсации.

Экономические расчёты позволили установить объём средств, затраченных на проведение полноценной исследовательской работы, который составил порядка 137 тысяч рублей. Для компенсации понесённых затрат необходимо заключение договора на проведение научно-исследовательских работ.

Результаты работы могут быть применены в производство в виде рекомендации по осуществлению коррекции режимов контактной сварки с учётом взаимного расположения сварных точек.

Таким образом, цель проекта достигнута.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орлов, Б. Д. Технология и оборудование контактной сварки: учебник для вузов / Б. Д. Орлов, А. А. Чакалев, Ю. В. Дмитриев [и др.]. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.
2. Климов, А. С. Основы технологии и построения оборудования для контактной сварки: учебное пособие / А. С. Климов, И. В. Смирнов, А. В. Кудинов, Г. Э. Кудинова – Тольятти: ТГУ, 2008. – 313 с.
3. Банов, М. Д. Технология и оборудование контактной сварки: Учебник для студ. учреждений сред.проф. Образования / М. Д. Баннов. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 224 с.
4. Тазьба, С. М. К расчету токов шунтирования при контактной двухточечной сварке / С. М. Тазьба // Автоматическая сварка. – 1961. – № 2. – С. 12–15.
5. Рукосуев, А. П. К вопросу о расчете токов шунтирования при односторонней контактной сварке / А. П. Рукосуев, В. Г. Максимов / Сборник докладов VI Сибирской научно технической конференции «Прогрессивные методы сварки в тяжелом машиностроении». – Красноярск, 1982. – С. 95–96
6. Климов, А. С. Контактная сварка. Вопросы управления и повышения стабильности качества / А. С. Климов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 216 с.
7. Подола, Н. В. Оценка влияния параметров режима на размеры ядра при точечной сварке / Н. В. Подола, В. Г. Квачев, А. А. Урсатьев // Автоматическая сварка. – 1979. – № 11. – С. 24–27.
8. Лобасов, И. М. Расчёт сварочного тока на ЭВМ при точечной сварке с учётом типа контактной машины / И. М. Лобасов // Сварочное производство. – 1986. – № 4.
9. Оборудование для контактной сварки: Справочное пособие / Под ред. В.В. Смирнова. – СПб.: Энергоатомиздат, 2000. – 848 с.

10. Zhou, M. Relationships between Quality and Attributes of Spot Welds / M. Zhou, H. Zhang and S.J. Hu // *Welding Journal*. – 2003. – № 4. – P. 179s–183s.
11. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин [и др.] // М.: Машиностроение. – 1989. – 630 с.
12. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А. И. Акулова, 1978. – 462 с.
13. Кочергин, К. А. Контактная сварка / К. А. Кочергин // Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние. 1987. – 240 с.
14. Козловский, С. Н. Разработка теоретических основ технологии программированных режимов контактной точечной сварки узлов летательных аппаратов: дис. ... докт. тех. Наук : 05.03.06 / Сергей Никифорович Козловский : Рос. гос. технол. ун-т им. К.Э. Циолковского (МАТИ). – Москва. – 2007. – 237 с.
15. Куликов, В. П. Магнитно–тепловой метод контроля сварочных соединений, полученных контактной точечной сваркой / В. П. Куликов // *Сварочное производство*. – 2003. – № 9. – С. 16–20.
16. Способ автоматического управления термическим циклом контактной сварки и устройство для его осуществления : а.с. 1412908 СССР : МПК В 23 К 11/10 / Ю. А. Мишунин, С. Н. Смеляков. - опубл. 30.07.88, Бюл. № 28.
17. Control of spot weld quality by infrared thermal sensing : пат. 2073443 Великобритания : МПК В 23 К 11/24. / Alan C. Traub, Riccardo Vanzetti; заявл. 02.04.80; Опубл. 14.10.81.
18. Быковский, А. Г. Математическое моделирование теплового состояния металла при контактной точечной сварке / А. Г. Быковский, А. Л. Горбунов // *Сварочное производство*. – 1990. – № 6. – С. 36–37.
19. Гонтаровский, П. П. Моделирование методом конечных элементов электротермических процессов при КТС / П. П. Гонтаровский, М. Г. Пантелют // *Проблемы машиностроения*. – 1990. – № 34. – С. 42–47.

20. Гельман, А. С. Контактная электросварка / А. С. Гельман. – М.: Машгиз. – 1949. – 496 с.
21. ГОСТ 297–80. Машины контактные. Общие технические условия. – Введ. 1983–01–01. – М. : Изд–во стандартов, 1981. – 27 с.
22. Духанин, Ю. А. Техника безопасности и противопожарная техника / Ю. А. Духинан. – М.: Машиностроение, 1973 – 320 с.
23. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.
24. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
25. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.
26. Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.
27. 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.
28. 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.
29. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
30. Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.
31. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-

методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова,
И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.