

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»
(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей
в машиностроении»
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Модернизация сварочной машины для изготовления арматурных сеток

Студент

А.В. Огибенина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

ст. преподаватель Э.А. Советкин

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2023

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности контактной рельефной сварки при изготовлении арматурных каркасов.

Рассмотрена базовая технология сварки с применением многоэлектродной сварочной машины. В работе предложены изменения в конструкции контактных сварочных машин, применение которых в производстве позволяет повысить производительность сварочных работ, стойкость сварочных электродов и качество сварных соединений.

На основании методики построения эксперимента предложен алгоритм поиска оптимальных параметров режима сварки.

Выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, действие которых сопровождается применением предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений. Также рассмотрены вопросы обеспечения экологической безопасности и проведения экологического мониторинга рассматриваемого технического объекта.

Внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений в производство позволяет получить доказанный расчётным путём экономический эффект.

Доказана экономическая и технологическая эффективность предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые проводят сварку арматурных каркасов и изготовление машин для контактной сварки.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние сварочного оборудования для изготовления арматурных сеток.	7
1.1 Описание конструкции изделия и особенности его эксплуатации.	7
1.2 Сведения о материале арматурной проволоки для изготовления сеток и каркасов.	9
1.3 Описание сварочной машины МТМК-3х100-4.	10
1.4 Обзор источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности сварки арматурных сеток.	16
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	19
2 Модернизация оборудования и технологии сварки арматурных сеток. .	20
2.1 Модернизация привода сжатия.	20
2.2 Модернизация сварочных электродов.	23
2.3 Методика экспериментальной сварки арматуры вкрест.	27
2.4 Оптимизация параметров режима контактной рельефной сварки арматуры вкрест.	29
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений.	33
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта и идентификация негативных производственных факторов.	32
3.2 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков.	35
3.3 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта.	37
3.4 Вопросы обеспечения экологической безопасности.	39
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной	

квалификационной работе решений.	40
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям.	40
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования.	42
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии.	44
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам.	46
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии.	50
4.6 Показатели экономической эффективности.	53
Заключение	55
Список используемой литературы и используемых источников.	57

Введение

Одной из самых важных отраслей народного хозяйства является строительство. Продуктом этой отрасли являются здания различного назначения и функционала, основным элементом которых в большинстве случаев являются арматурные каркасы и арматурные сетки. При этом развитие технологий производства заставляет искать новые пути для оптимизации и совершенствования даже такого давно изученного и применяемого процесса, как сварке вкрест строительной арматуры.

В настоящее время задача экономии энергетических, трудовых и материальных ресурсов выходит на первый план, от решения этой задачи зависит нормальное функционирование экономики Российской Федерации. Сложность теперешнего положения заключается в том, что в краткие сроки необходимо обеспечить ряд противоречивых мероприятий.

Первым экономическим мероприятием является увеличение выпуска строительных материалов и темпов возведения жилья. Необходимость этого объясняется требованиями к поддержанию неуклонного роста благополучия россиян и подушевой площади жилья, анонсированного в Президентской Программе развития России. Также необходимо принимать во внимание, что в ближайшее время от российской промышленности потребуется восстановление инфраструктуры городов.

Вторым экономическим мероприятием является программа повышения производительности труда, которая была анонсирована в рамках национального проекта «Производительность труда», выполнение которой позволит высвободить значительное количество людских ресурсов и мобилизовать их для выполнения иных мероприятий.

Реализация двух описанных выше мероприятий должно соответствовать требованиям ресурсосбережения и энергосбережения. Значительные затраты материалов и энергии требуются для изготовления сеток арматуры железобетона. При этом замена ручной дуговой сварки на

контактную сварку не только многократно повышает производительность процесса, но и снижает затраты на его осуществление, так как при контактной сварке не требуется применения сварочных материалов.

В настоящее время при изготовлении каркасов арматуры начинают широко применяться высокопрочные марки класса А-III, контактная сварка которой имеет свои особенности по сравнению со сваркой обычных арматурных сталей.

Растущие потребности отрасли и требования к повышению культуры производства заставляют искать пути автоматизации процесса сварки вкрест строительной арматуры. В связи с этим возможно движение по одному из двух направлений.

Первым направлением является поиск оптимальных режимов сварки, которые обеспечивают получение соединений высокого качества при использовании арматуры из высокопрочных сталей.

Вторым направлением является совершенствование применяемого для сварки оборудования, что позволяет расширить его технологические возможности. При этом за счёт замены основных элементов контактных машин (привод сжатия, сварочные электроды, система управления) может быть достигнуто кратное повышение экономической эффективности его использования.

На основании вышеизложенного следует признать актуальной выбранную тему выпускной квалификационной работы и цель – повышение эффективности сварки арматурных каркасов и сеток за счёт модернизации сварочного оборудования и построения проектной технологии на основе результатов современных исследований в области контактной рельефной сварки.

При этом основной упор следует делать на отечественные разработки, что позволит обеспечить независимость российской промышленности от иностранных технологий и оборудования [11], [15].

1 Современное состояние сварочного оборудования для изготовления арматурных сеток

1.1 Описание конструкции изделия и особенности его эксплуатации

Арматурная сетка выполняется из прутьев арматуры, которые расположены перпендикулярно друг другу. При этом фиксация прутьев относительно друг друга происходит за счёт контактной рельефной сварки, выполненной вкрест по местам пересечения. Рассматриваемое изделие призвано повысить конструкционную прочность сооружений, возводимых из железобетона. Разделение конструкций арматурных сеток происходит по диаметру и расположению проволоки в изделии, а также по другим параметрам.

В зависимости от диаметра используемой для изготовления сетки арматурной проволоки определяется класс сетки. При диаметре проволоки 3...10 мм сетка предназначена для выполнения штукатурных работ и считается «лёгкой». При диаметре проволоки 12...40 мм сетка предназначена для армирования и считается «тяжёлой».

В большинстве случаев ячейки сетки имеют квадратную или прямоугольную форму. Также сетка может быть выполнена с ячейками шестигранной формы или иной формы. Арматурная сетка может иметь ячейки размером до 200×200 мм. При диаметре используемой для изготовления сетки проволоки до 5 мм поставка сетки осуществляется в рулонах. При диаметре используемой для изготовления арматуры сетки более 5 мм поставка сетки осуществляется в виде листов (карт).

По точности изготовления арматурных сеток (каркасов) различают обычную и повышенную точность.

Арматурные сетки шли применение при сельскохозяйственном, индивидуальном, ландшафтном и промышленном строительстве. На рисунке 1 представлено применение сетки для укрепления пола, стен и туннелей.



Рисунок 1 – Армирование железобетонных конструкций

Соединение арматуры в сетке выполняется согласно ГОСТ 14098-91 и представлено на рисунке 2. Размер d_1 – диаметр арматурных стержней. Размер h – глубина проплавления арматуры, которая определяется по соотношению диаметров свариваемых стержней. При равенстве диаметров стержней глубина проплавления составляет $0,35...0,5 d_1$. При ненормируемой прочности глубина проплавления может составлять до $0,17d_1$. На рисунке 3 представлен макрошлиф образцов при сварке арматуры.

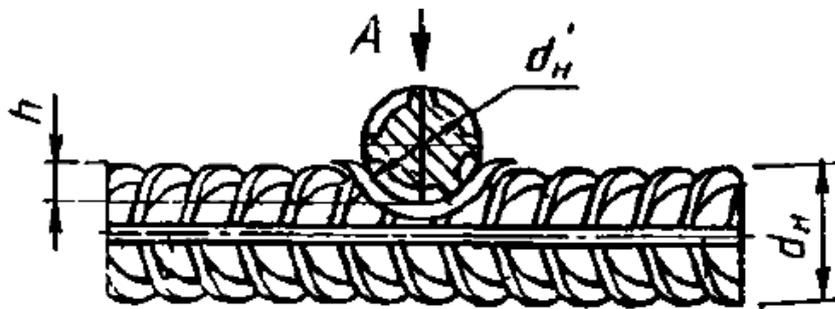


Рисунок 2 – Внешний вид и размеры соединения арматуры вкрест согласно ГОСТ 14098-91



Рисунок 3 – Макрошлиф при сварке арматуры вкрест

1.2 Сведения о материале арматурной проволоки для изготовления сеток и каркасов

Сварная сетка изготавливается из горячекатанной стали, применяемой для армирования железобетонных конструкций, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 5781-82. Поставка арматурной стали возможна как в мотках, так и в стержнях, нарезаемых по размерам заказчика. Применение арматурной стали в виде мотков позволяет уменьшить расходы на образующиеся обрезки. Для того, чтобы обеспечить безотходность производства, для соединения концов арматуры в различных мотках можно применить контактную стыковую сварку методом оплавления.

Арматурная сталь разделяется на классы в зависимости от механических свойств, примеры представлены в таблице 1. В таблице 2 представлено содержание химических элементов в различных арматурных сталях.

Стержни арматуры класса А1 выпускаются гладкими и не имеют на своей поверхности периодического профиля. На стержнях арматуры классов А2...А5 выполняется периодический профиль, который зависит от класса арматурной стали.

Таблица 1 – Механические свойства арматурной стали

Класс арматурной стали	Диаметр стержня, мм	Марка стали	Предел текучести, кгс/мм ²	Временное сопротивление разрыву, кгс/мм ²	Относительно удлинение, %
«А1	6...40	Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс2	24	38	25
А2	10...40 40...80	ВСт5сп2, ВСт5пс2 18Г2С	30	50	19
Ас2	10...32	10ГТ	30	45	25
А3	6...40	35ГС, 25Г2С	40	60	14
А4	10...18 10...22	80С 20ХГ2Ц	60	90	6
А5» [12]	10...22	23Х2Г2Т	80	105	7

Таблица 2 – Содержание химических элементов в арматурных сталях

Марка стали	Химический состав							
	C	Si	Mn	Cr	Ti	Cu	S	P
							не более	
«10ГТ	<0,13	0,45-0,65	1,0-1,4	<0,3	0,015-0,03	<0,3	0,04	0,03
18Г2С	0,14-0,23	0,6-0,9	1,2-1,6		-	<0,3	0,045	0,04
35ГС	0,30-0,37	0,6-0,9	0,8-1,2		-	<0,3	0,045	0,04
25Г2С	0,20-0,29	0,6-0,9	1,2-1,6		-	<0,3	0,045	0,04
20ХГ2Ц	0,19-0,26	0,4-0,7	1,5-1,9	0,9-0,12	-	<0,3	0,045	0,04
80С	0,74-0,82	0,6-1,0	0,7-0,9	<0,3	0,015-0,03	<0,3	0,045	0,04
23Х2Г2Т» [11]	0,19-0,26	0,4-0,7	1,4-1,7	1,35-1,7	0,02-0,08	<0,3	0,04	0,035

Эквивалентное содержание углерода в большинстве арматурных сталей превышает 0,45 %, поэтому стали обладают ограниченной свариваемостью. Это заставляет обоснованно подходить к выбору параметров режима сварки.

1.3 Описание сварочной машины МТМК-3х100-4

Машина типа МТМК-3х100-4, которая представлена на рисунке 4, предназначена для электрической контактной точечной сварки плоских арматурных каркасов, изготавливаемых из мерных стержней из низкоуглеродистой стали круглого сечения (периодического или гладкого профиля). Машина обеспечивает одновременную сварку двух каркасов шириной не более 700 мм и с суммарным числом продольных стержней не более шести. При этом поперечные стержни в каркасах должны быть одного диаметра. Технические характеристики контактной сварочной машины МТМК-3х100-4 приведены в таблице 3.

Машина состоит из сварного корпуса 26 и установленных на нем шести электросварочных частей (одна электросварочная часть на каждый продольный стержень), трех пневмогидравлических преобразователей давления 17, трех сварочных трансформаторов 30, механизма подачи поперечных стержней 20, каретки перемещения свариваемых каркасов 28, шести

прижимов для продольных стержней 4, пневматического 22 и электрического 2 устройств, системы охлаждения 1.

Таблица 3 - Технические характеристики машины МТМК-3х100-4

Параметр	Единица измерения	Значение
Наибольший вторичный ток	кА	12,5
Номинальный длительный вторичный ток	кА	5,6
Номинальное усилие сжатия	кН	12,5
Номинальная потребляемая мощность	кВ·А	300
Число сварочных трансформаторов	шт.	3
Максимальное усилие перемещения каркаса сетки	кН	7
Расход свободного воздуха	м ³ /цикл	0,08
Расход охлаждающей воды	м ³ /ч	1,2
Максимальная производительность	Стержней в минуту	90
Ширина свариваемого каркаса (сетки)	мм	105...775
Диаметр продольных стержней	мм	5...25
Расстояние между продольными стержнями	мм	75...725
Диаметр поперечных стержней	мм	4...12
Шаг между поперечными стержнями	мм	80...400
Число продольных стержней в одном изделии	шт.	2...6
Число переменных шагов в пределах одного изделия		2

Электросварочные части выполнены в виде силовых скоб 14, установленных на двух осях 13, по которым они могут переставляться при изменении расстояния между продольными стержнями. На каждой скобе закреплены: нижняя контактная часть, состоящая из регулировочного винта 34, комплекта изолирующих деталей и электрододержателя 33 с электродом (винтом можно регулировать положение нижних электродов по высоте; электрододержатель соединен гибкой токоведущей шиной 32 с одним из выводов вторичных витков сварочных трансформаторов); гидроцилиндр усилия сжатия электродов 19, на штоке которого закреплен электрододержатель 11 с верхним электродом 10 (все шесть электрододержателей соединены между собой одной общей медной шиной

12); кронштейн 9 для направления продольного стержня по оси сварочных электродов.

Подача масла в гидроцилиндры осуществляется по трубопроводам 18 от пневмогидравлических преобразователей. Для заливки масла в преобразователи и контроля его уровня имеются патрубки 16 и краники 15. Механизм подачи поперечных стержней 20 позволяет подавать поперечные стержни круглого и периодического профилей.

Тяги каретки 31 осуществляют захват приваренных поперечных стержней и перемещение свариваемых каркасов на шаг. Пневмоцилиндр 24, сообщающий каретке возвратно-поступательное перемещение, имеет рабочий и упорный 23 поршни. Положение упорного поршня определяет величину основного рабочего хода каретки. Величина дополнительного рабочего хода определяется положением регулируемого винтового упора 21, установленного на корпусе машины.

Прижимы препятствуют перемещению свариваемых каркасов по инерции после окончания рабочего хода каретки путем притормаживания продольных стержней при их движении. Два тормозных ролика 5 и 7, между которыми перемещается продольный стержень, закреплены на свободных концах двух рычагов 8, сжимаемых пружиной 6. Другие концы рычагов шарнирно закреплены на осях 3 в стойке 4 прижима. Усилие прижатия роликов к стержню регулируется путем натяжения или ослабления пружины.

На машине установлены также пружинные амортизаторы 27 и 29, предназначенные для смягчения ударов и торможения каретки в конце рабочего и холостого ходов, и направляющее устройство 25, препятствующее перекосу каркасов при их движении в машине.

Машина комплектуется сварочными трансформаторами ТК-3208-ЭП и игнитронным контактором типа КИА 50-9.

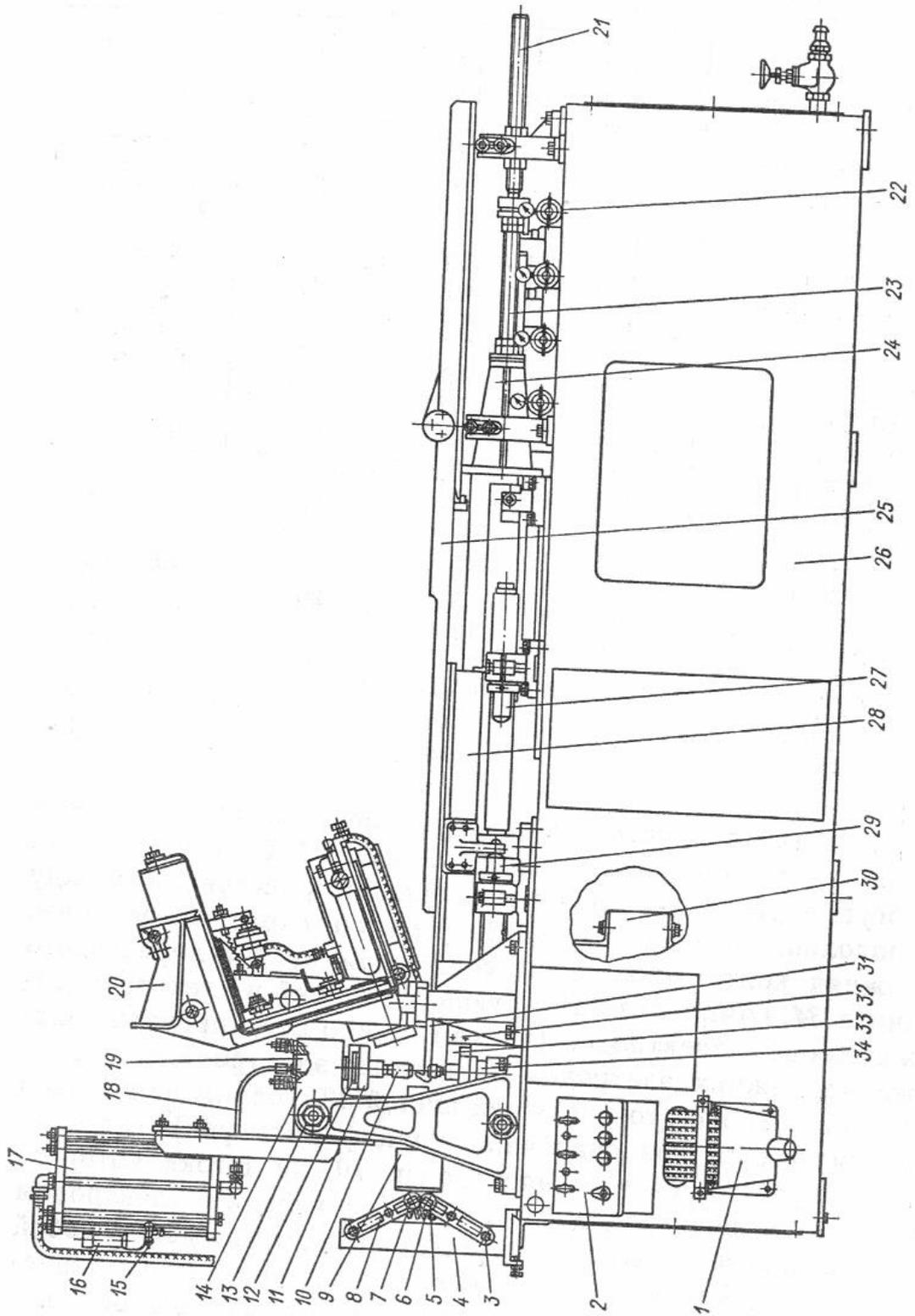


Рисунок 4 – Контактная сварочная машина МТМК-3х100-4

Контакторы типа КИА являются простейшими игнитронными контакторами (контактор игнитронный с асинхронным включением). Его электрическая схема приведена на рисунке 5. Основными элементами контактора являются два игнитрона И1 и И2, включенные встречно-параллельно. Селеновые выпрямители В1 – В4 включены в цепях поджигателей игнитронов. В качестве управляющего элемента используется нормально открытый контакт Р какого-либо регулятора времени. Контакт гидрореле РГ является блокировочным элементом. Он замкнут только в том случае, когда в системе охлаждения игнитронов расход воды достаточен для нормального отвода тепла.

Схема работает следующим образом. Если полярность питающего напряжения такова, что проводящим должен быть игнитрон И1, то при замкнутом контакте РГ включение контакта Р вызовет прохождение тока в цепи поджигателя игнитрона И1. Ток i_n (показан стрелкой) замыкается от фазы Л1 через В4, контакты реле Р и РГ, предохранитель ПР, В1, поджигатель игнитрона И1 на фазу Л2. Как только зажигается основная дуга, начинает проходить сварочный ток $i_{св}$. Ток в цепи поджигателя при этом прекращается в результате резкого уменьшения напряжения между точками Л1 – Х, равного падению напряжения на горящем игнитроне.

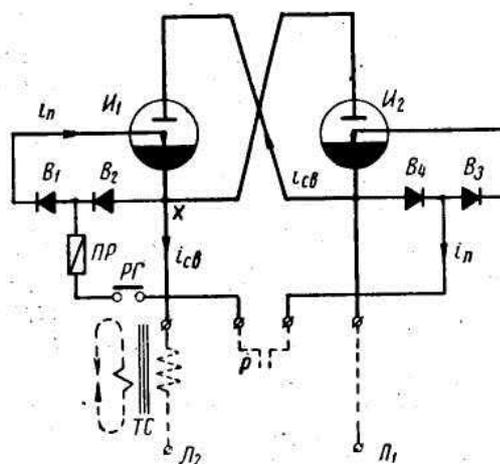


Рисунок 5. Принципиальная электрическая схема игнитронного контактора КИА

С момента прекращения горения игнитрона I_1 начинает проходить ток по цепи поджигателя игнитрона I_2 . Так как полярность напряжения уже обратная, то ток в цепи поджигателя второго игнитрона будет направлен от L_2 через B_2 , ПР, РГ, Р, B_3 на L_1 , что приведет к зажиганию игнитрона I_2 и прохождению второй полуволны сварочного тока. Такое чередование горения игнитронов будет происходить до момента размыкания контакта Р, после чего игнитронный контактор прекратит свою работу при нулевом значении тока через последний горящий игнитрон.

Игнитронные контакторы КИА выпускаются как открытого, так и закрытого исполнения. Первые встраиваются в точечные и рельефные машины. Вторые применяются главным образом в многоточечных машинах и машинах типа сварочных клещей.

В электрическую схему контакторов закрытого исполнения добавлен пакетный выключатель, размыкающий цепь управления сварочной машины. Контактные КИА выпускаются на напряжение 220 и 380 в и номинальные токи 500, 1000 и 2000 а (в зависимости от типов установленных игнитронов) при ПВ = 20%.

Следует отметить ряд недостатков применения контактора КИА.

Первым недостатком является то, что такие контакторы не позволяют получить плавную регулировку действующего значения сварочного тока.

Вторым недостатком является, что при работе с КИА недоступна также и корректировка постоянной составляющей тока через сварочный трансформатор, возникающая из-за неполной симметричности пропускаемых положительных и отрицательных полуволн тока. Это ведет к работе сварочного трансформатора с подмагничиванием, в результате чего возрастает ток холостого хода, а вместе с ним и опасность аварийного режима;

Третьим недостатком является отсутствие возможности компенсации действия возмущающих факторов, что значительно снижает стабильность качества сварки [8].

1.4 Обзор источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности сварки арматурных сеток

В Украине в Институте электросварки им. Е.О. Патона работы по повышению эффективности контактной рельефной сварки арматуры и арматурных каркасов не ведутся. Судя по публикациям авторов, являющихся сотрудниками этой организации и работающих совместно с ИЭС им. Е.О. Патона, работы сосредоточены в направлении сварки арматуры встык с использованием контактной стыковой сварки. Статей по вопросу контактной рельефной сварки арматуры не найдено.

Следует отметить высокую публикационную активность сотрудников Белорусско-Российского университета Поляков А. Ю., Фурманов С. М., Березиенко В. П. Эти исследователи работают в области контактной рельефной сварки, и результаты их исследования будут использованы при выполнении выпускной квалификационной работы [17], [18].

В России вопросам контактной рельефной сварки посвятил свои работы Козловский С. Н., который является сотрудником Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск [4], [10].

Также следует отметить работы В. А. Ерофеева, являющегося сотрудником Тульского государственного университета, который активно публикуется по вопросам численного моделирования тепловых процессов при контактной рельефной сварке арматуры [7].

В ходе поиска и анализа источников научно-технической информации было найдено 5 источников по вопросу повышения эффективности контактной рельефной сварки арматуры вкрест при изготовлении арматурных сеток и арматурных каркасов.

В первом источнике научно-технической информации [5] обоснована эффективность технологии изготовления электродов для контактной рельефной сварки арматуры вкрест при изготовлении арматурных каркасов и

арматурных сеток. Для изготовления электродов предлагается технология совмещённого литья и пластической деформации, применение которой позволяет отказаться от механических операций при формировании рабочей и посадочной поверхностей электродов. Доказана эффективность получения расплава электродного сплава с применением медного порошка с наноструктурированными частицами хрома.

Результаты работы [5] будут применены в выпускной квалификационной работе при проектировании электродов контактных сварочных машин для изготовления арматурных каркасов и арматурных сеток.

Во втором источнике научно-технической информации [1] выполнен анализ оборудования и технологий контактной рельефной сварки арматуры вкрест при изготовлении арматурных каркасов и арматурных сеток. Показано, что контактная рельефная сварка наиболее предпочтительна, так как позволяет производству соответствовать требованиям ресурсосбережения и энергосбережения. Предложены скорректированные параметры сварки по циклограмме с дополнительным подогревающим импульсом тока. При этом ток подогревающего импульса – 6 кА, длительность подогревающего импульса – 0,50 сек, ток сварки – 14 кА, длительность импульса сварки – 1 сек, сварочное усилие – 4 кН.

Результаты работы [1] будут применены в выпускной квалификационной работе при составлении проектной технологии сварки и выборе оптимальных параметров режима контактной рельефной сварки вкрест арматурных каркасов и арматурных сеток

В третьем источнике научно-технической информации [19] За счёт проведения оптимизации параметров режима контактной рельефной сварки арматуры вкрест доказана возможность получения экономии электрической энергии. При этом не происходит существенного снижения прочности соединения. За счёт обоснованного снижения прочности до 30 % прочности

основного металла, что соответствует требованиям ГОСТ 14098-91, можно получить экономию до 70 % электрической энергии.

Результаты работы [19] будут применены в выпускной квалификационной работе при составлении проектной технологии сварки и выборе оптимальных параметров режима контактной рельефной сварки вкрест арматурных каркасов и арматурных сеток

В четвёртом источнике научно-технической информации [10] показано, что термическая обработка соединений вкрест при сварке закаливающейся арматуры может быть проведена на контактной машине путём пропускания дополнительного импульса тока. На качество соединений наибольшее влияние оказывает время паузы между импульсами сварочного тока и тока термической обработки, а также длительность импульса тока термической обработки. Применительно к сварке вкрест арматуры из стали 35ГС диаметром 12+12 мм определены оптимальные параметры режима сварки: сварочное усилие – 4,5 кН, сварочный ток – 14,4 кА, длительность импульса сварочного тока – 1,46 с, время паузы между импульсами – 1,4...1,8 сек, длительность импульса термической обработки – 1,4...1,8 сек, сила тока термической обработки – 5,8 кА.

Результаты работы [10] будут применены в выпускной квалификационной работе при составлении проектной технологии сварки и выборе оптимальных параметров режима контактной рельефной сварки вкрест арматурных каркасов и арматурных сеток.

В пятом источнике научно-технической информации [2] предложена физико-математическая модель процесса контактной рельефной сварки, которая позволяет виртуально воспроизводить электрические, тепловые и деформационные процессы, определяющие физическое состояние металла при заданных параметрах режима и геометрии соединения. Предложен способ описания разнообразных конструкций сварного соединения, позволяющий выполнить численное решение системы уравнений модели по единому алгоритму.

Результаты работы [2] будут применены в выпускной квалификационной работе при составлении проектной технологии сварки и выборе оптимальных параметров режима контактной рельефной сварки вкрест арматурных каркасов и арматурных сеток.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения производительности и качества при изготовлении арматурных сеток за счёт модернизации сварочного оборудования и построения проектной технологии на основе результатов современных исследований в области контактной рельефной сварки.

Поставленная цель будет достигнута при условии решения ряда задач.

В ходе решения первой задачи предстоит модернизировать сварочную машину МТМК-3х100-4: заменить устаревший игнитронный контактор на современный, заменить устаревшую аппаратуру управления на современную, заменить гидравлический привод сжатия на пневматический.

В ходе решения второй задачи предстоит спроектировать электродные узлы, позволяющие повысить стойкость электродов и снизить стоимость их изготовления.

В ходе решения третьей задачи предложить методику обоснованного выбора режимов контактной рельефной сварки арматуры вкрест на основании исследований температурного поля в зоне контакта.

При выполнении оценочного раздела следует выполнить анализ предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений на предмет экологической безопасности и обеспечения безопасности труда. Также следует выполнить оценку экономической эффективности внедрения проектной технологии в производство, что позволит сделать вывод о достижении поставленной цели.

2 Модернизация оборудования и технологии сварки арматурных сеток

2.1 Модернизация привода сжатия

В базовом варианте на машине МТМК-3х100-4 используется гидравлическая система приводов сжатия. Переход на пневматические приводы сжатия с классическим исполнением пневмоцилиндров не представляется возможным вследствие значительных их габаритов. В связи с этим в проекте предлагается новая конструкция пневмоцилиндра, представленная на рисунке 6. Такой пневмопривод рассчитан на работу при избыточном давлении сжатого воздуха питающей сети до 1,2...1,6 МПа. В качестве уплотнений подвижных соединений применяются манжеты V-образного типа по ГОСТ 6678-72, а для неподвижных – кольца круглого сечения по ГОСТ 9833-73.

Разработанный пневмопривод усилия сжатия работает «на сжатие» двумя камерами. При этом сжатый воздух рабочего давления поступает в верхнюю камеру, где оказывает воздействие на верхний поршень 6. Далее сжатый воздух через отверстие в верхнем штоке 8 поступает в нижнюю рабочую камеру, где оказывает давление на нижний поршень 7. При этом верхний и нижний поршни под действием сжатого воздуха в верхней и нижней рабочей камере перемещаются вниз с усилием, равным произведению давления сжатого воздуха на площадь обеих поршней.

Таким образом, приведённая конструкция пневмоцилиндра позволяет уменьшить его поперечную площадь в два раза без уменьшения развиваемого усилия. Обратный ход осуществляется следующим образом. В нижнюю вспомогательную камеру через штуцер подаётся сжатый воздух, а обе рабочие камеры соединяются с атмосферой. При этом пневмоцилиндр работает «на подъём» одной вспомогательной камерой. Верхний и нижний поршни перемещаются вверх до упора.

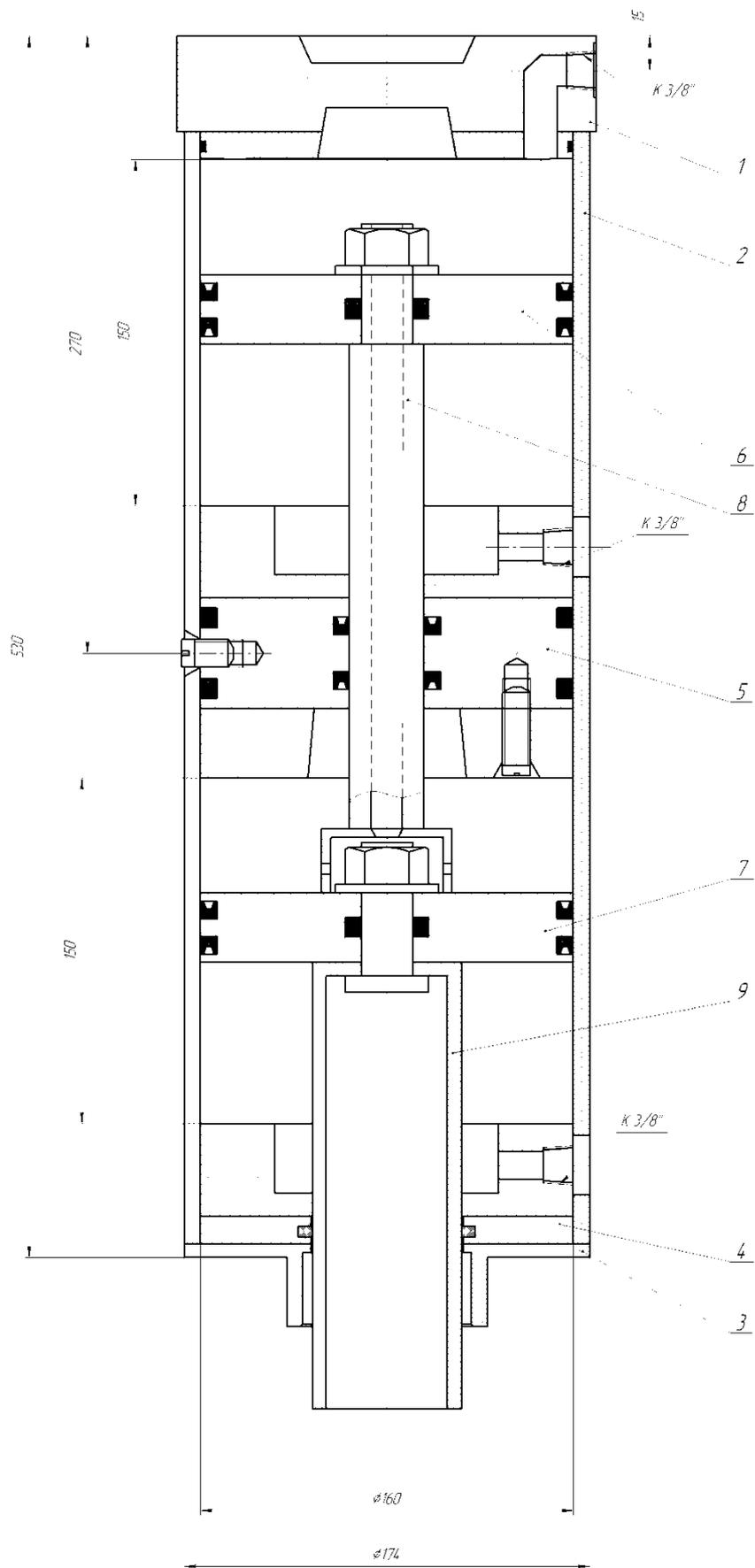


Рисунок 6 – Пневмопривод усилия сжатия сварочных электродов

Принципиальная схема модернизированного пневматического привода сжатия, представленная на рисунке 7, включает в себя шесть пневмоцилиндров ПЦ1...ПЦ6, дросселирующие клапана ДК1...ДК12, пневмораспределители ПР1...ПР6, глушители Г1 и Г12, вентили запорные В1...В2, два блока подготовки воздуха, включающие в себя фильтр-влагоотделитель Ф1...Ф2, редукционный клапан РК1...РК2 и маслораспылитель МР1...МР2.

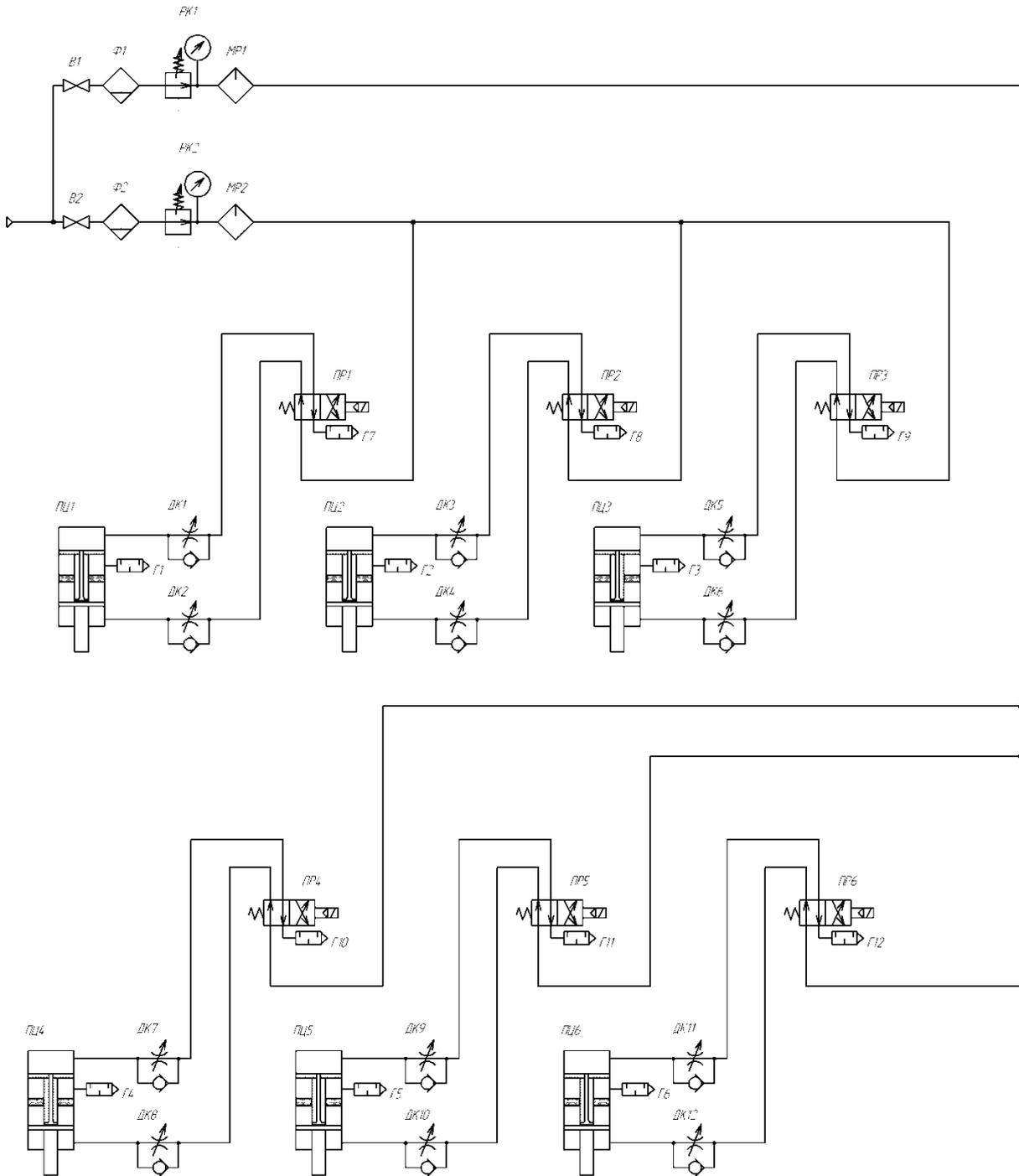


Рисунок 7 – Пневматическая схема машины МТМК

2.2 Модернизация сварочных электродов

В базовом варианте для сварки каркаса из арматурной стали используются электроды, представленные на рисунке 8, выполненные по ГОСТ 14111-90. Использование электродов такого типа (пальчиковые электроды) имеет ряд недостатков:

- высокий расход дорогостоящего электродного сплава;
- низкая стойкость электродов;
- большие потери в стружку при сверлении заглабления под канал водяного охлаждения.

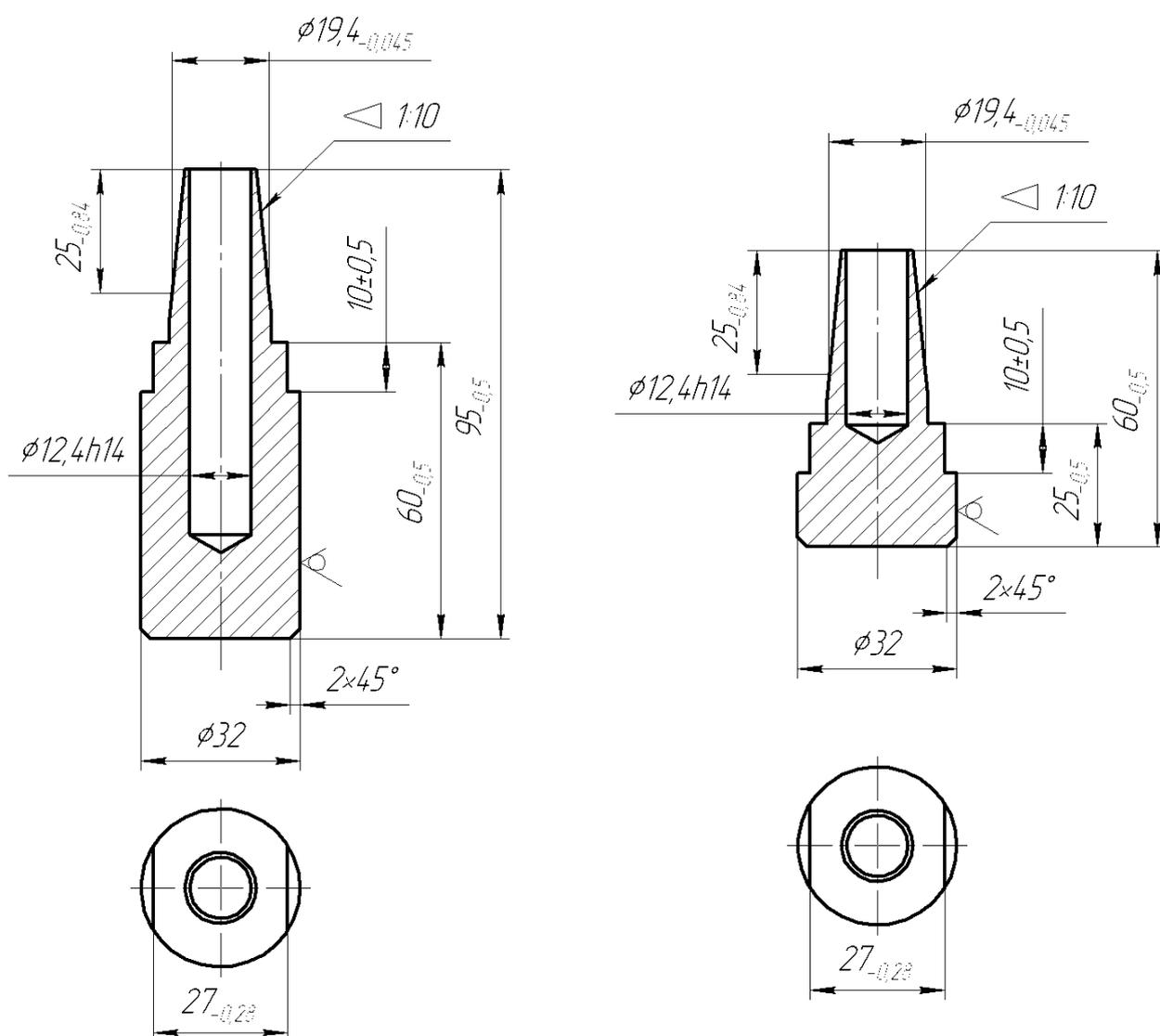


Рисунок 8 – Базовый вариант электродов

В данном проекте предложим конструкцию модернизированных электродных узлов. Верхний электродный узел, представленный на рисунке 9, включает в себя держатель электрода (поз. 1), свечу верхнюю (поз. 2), электрод (поз. 3), трубку охлаждения (поз. 4), заглушку держателя (поз. 5), штуцер держателя (поз. 6), шину жёсткую (поз. 7). При этом в держателе на конусной посадке устанавливается свеча, на которую фиксируется сварочный электрод. Сварочный электрод, представленный на рисунке 10, представляет собой колпачок из электродного сплава, имеющий конусную посадку. Свеча, представленная на рисунке 11, имеет с обоих концов конусные посадки, что позволяет выступать ей переходным элементом между электродом и держателем. Таким образом, смена сварочного электрода не приводит к износу держателя, что позволяет повысить срок его службы.

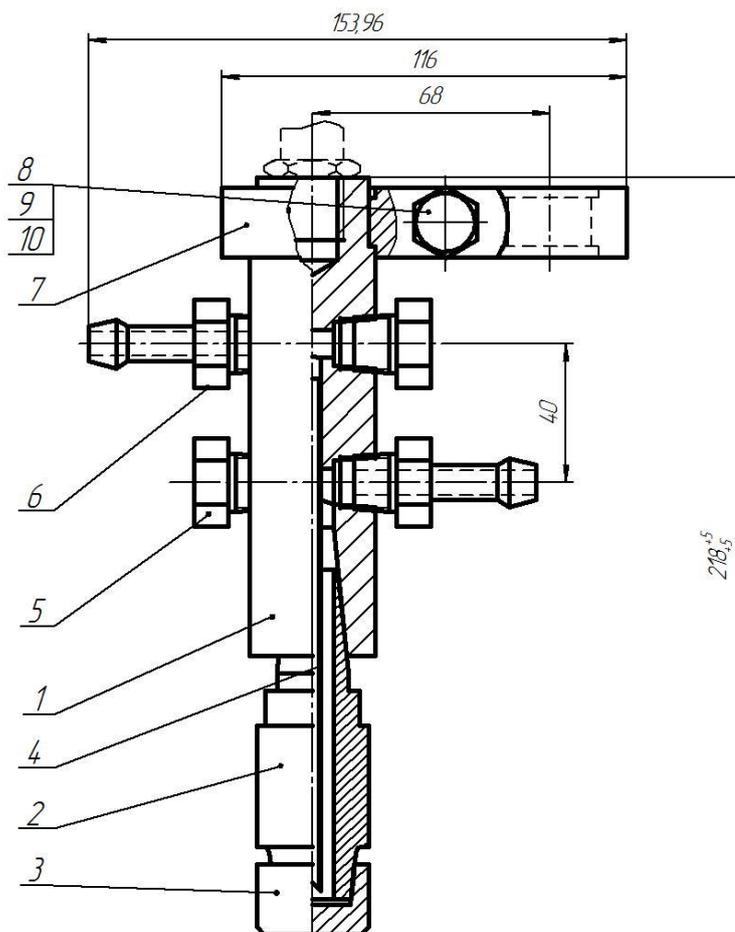


Рисунок 9 – Верхний электродный узел в сборе

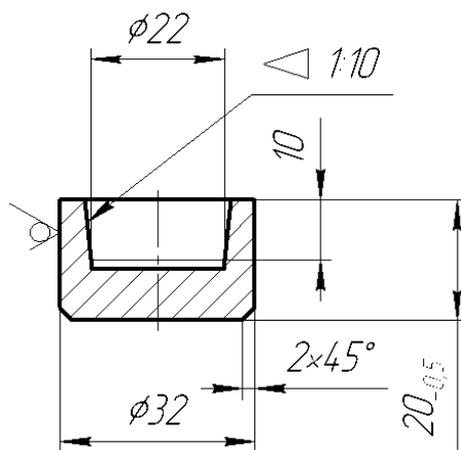


Рисунок 10 – Проектный вариант сварочного электрода

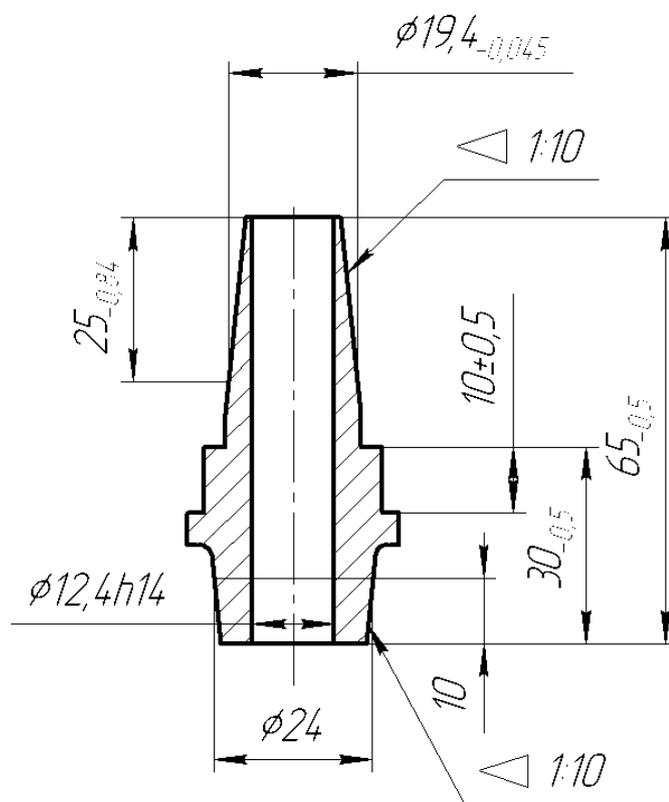


Рисунок 11 – Свеча для верхнего электрода

Нижний электродный узел, представленный на рисунке 12, включает в себя электрод (поз. 1), свечу нижнюю (поз. 2), штуцер водяной (поз. 3), заглушку (поз. 4), трубку водяную (поз. 5) и держатель нижний (поз. 6). Такая конструкция позволяет производить замену сварочных электродов без износа держателя нижнего.

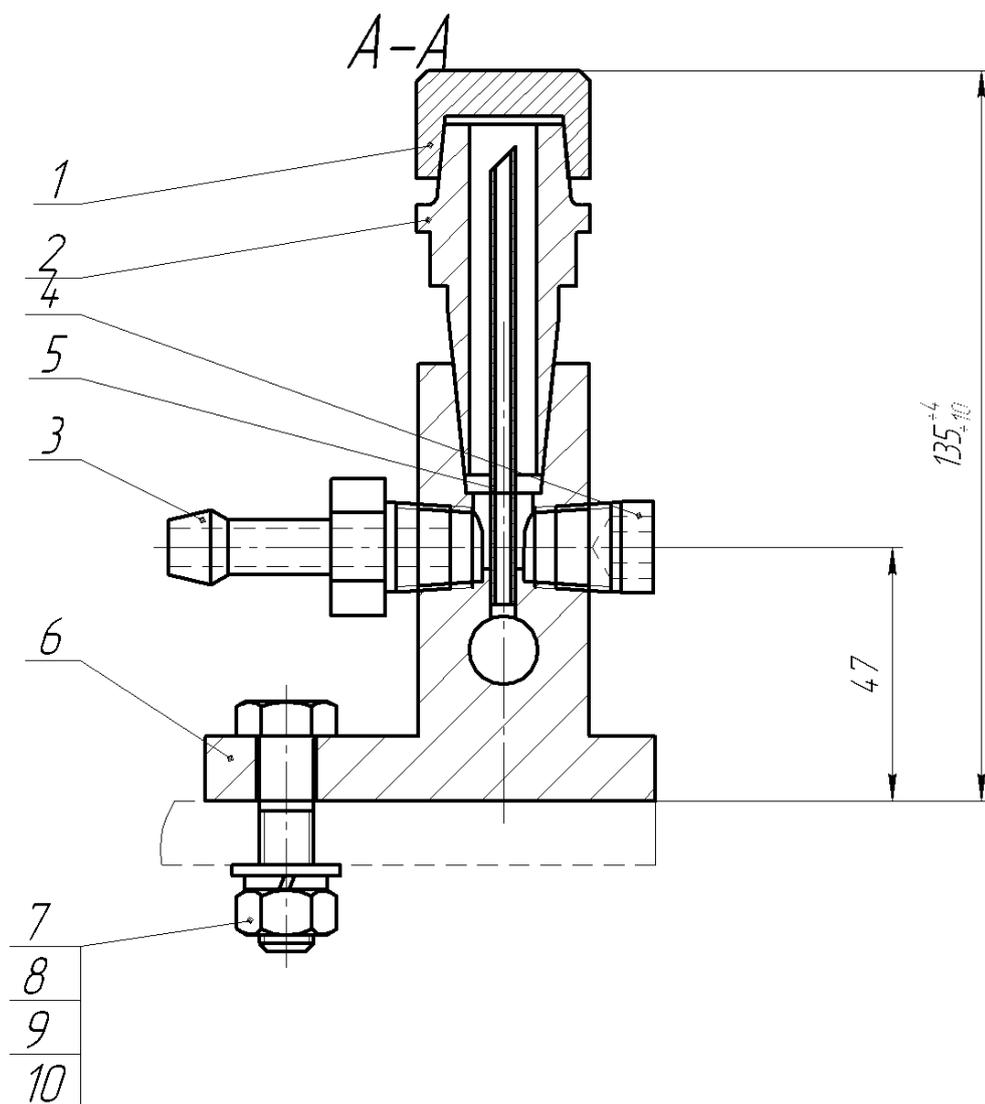


Рисунок 12 – Узел электродный нижний в сборе

За счёт конструкции электрододержателя и электрода интенсифицируется теплоотвод и охлаждение электрода, что повышает его стойкость.

Следует отметить, что верхний и нижний электроды могут быть использованы в универсальной сварочной машине по аналогии с базовыми электродами. При этом сохраняются все положительные свойства новой конструкции, а её крепление производится на электрододержателях стационарной сварочной машины подобно электродам в базовом варианте.

2.3 Методика экспериментальной сварки арматуры вкрест

В связи с расширением области применения железобетонных конструкций в народном хозяйстве нашей страны большое внимание должно быть уделено разработке рациональной технологии контактной сварки арматуры железобетона. Работа исследователей в области сварки перекрещивающихся стержней, всесторонне изучение этого способа сварки. Накопление опытных данных, разработка теоретических основ – помогут выбору оптимальной технологии сварки, рациональному проектированию и использованию новых точечных машин.

Схематизируя процесс контактной сварки перекрещивающихся стержней, можно представить его как совокупность одновременно протекающих и непрерывно взаимодействующих процессов, основными из которых являются: пластическая деформация металла, распределение тока в стержнях, распределение источников теплоты, распределение температуры. Температурное поле зависит от источников теплоты и непрерывно изменяется в процессе сварки. Характер протекания тепловых и деформационных процессов при сварке обусловлен в первую очередь током сварки I_2 , усилием сжатия $F_{св}$, длительностью протекания сварочного тока $t_{св}$ и длительностью обжата после сварки $t_{обж}$.

Параметры режима контактной сварки перекрещивающихся стержней, при которых возможно получение качественного сварного соединения, известны, и приведены в таблице 4. Однако следует отметить, что это весьма приблизительные параметры, поскольку высокое качество может быть получено в достаточно широком диапазоне параметров. Оптимальными представляются такие значения I_2 , $F_{св}$, $t_{св}$ и $t_{обж}$, при которых наблюдается максимальное выделение тепла в зоне соединения и происходит минимальная отдача тепла в электроды.

Для определения оптимальных параметров и выявления основных зависимостей предлагается провести эксперимент по калориметрированию свариваемых деталей и образцов.

Таблица 4 – Параметры режима контактной рельефной сварки арматуры вкрест

Класс стали	Диаметр стержней, мм	Сварочный ток, А	Длительность импульса тока, с	Сварочное усилие, кН	Величина осадки, мм
А1	6+6	8	0,4	3,3	1,5...3
	8+8	10,5	0,5	3,9	2...4
	10+10	11,5	0,8	4,1	2,5...5
	12+12	13,5	1	4,9	3...6
	16+16	16	2	5,9	4...8
	18+18	18	2,1	7,9	4,5...9
А3	6+6	8,5	0,48	4,1	2,4...4,8
	8+8	11	0,6	4,8	3,2...6,4
	10+10	14,5	0,7	5,4	4...8
	12+12	15	1	6	4,8...9,6
	16+16	20	2	9,8	6,4...12,8
	18+18	21,5	2,4	12,2	7,2...14,4

Для опытов применяли образцы из арматурной стали диаметром 18 мм и длиной 120 мм. Такая длина позволяет пометить образцы в калориметр и в то же время на распределение температуры не оказывает влияние краевой эффект. Для удобства погружения в калориметр на каждой паре образцов выполнялось отверстие, в которое продевалась нить. За нить образцы опускались в калориметр.

Применялись массивные электроды без водяного охлаждения. Материал электродов БрХ. Таким образом, вся теплота, передаваемая электродам, концентрировал в их массе и переносилась в калориметр.

При калориметрирования изучали зависимость распределения тепла между свариваемыми деталями и электродами от параметров контактной сварки: сварочного усилия, сварочного тока, длительности его протекания, времени обжатия после сварки.

2.4 Оптимизация параметров режима контактной рельефной сварки арматуры вкрест

Контактная рельефная сварка в условиях производства характеризуется высокой сложностью и многоплановостью. На нормальное протекание процесса контактной рельефной сварки оказывает влияние значительное количество помех. Также на эксплуатационные свойства изделия, которое было получено при помощи контактной рельефной сварки, оказывает влияние принятые значения параметров режима сварки. Выбор оптимальных параметров режима и условий сварки требует проведения значительного количества экспериментов, в ходе которых затрачиваются значительные трудовые, энергетические и материальные ресурсы.

Для того, чтобы снизить предстоящие расходы на проведение экспериментов, необходимо уменьшить их количество. Это позволит провести оптимизацию проектного процесса при минимальных затратах и существенно уменьшить объём обработки экспериментальных данных [12], [16].

При построении технологического процесса контактной рельефной сварки необходимо принимать во внимание значительное количество входящих параметров, к которым относятся параметры режима сварки, применяемое оборудование (в частности, сварочные электроды), параметры предварительной и последующей обработки детали (в частности, подготовка поверхности). При построении технологии и выборе оптимальных параметров режима сварки необходимо принимать во внимание, что результат от нескольких отдельных факторов, действующих совместно, может существенно отличаться от суммы результатов каждого фактора в отдельности. Поэтому в рассматриваемом случае необходимо применить методы планирования и статистической обработки экспериментальных данных

Для поиска оптимальных параметров режима контактной рельефной сварки арматуры вкрест предлагается применить методику планирования эксперимента и статистической обработки экспериментальных данных. При подборе параметров сварки в зависимости от выбранных режимов возможно появление дефектов (трещины, охрупчивание, разупрочнение, непровары), при работе в условиях нагружения возможно преждевременное разрушение в месте выполнения сварки. В основном на свойства металла в зоне сварки значительное влияние оказывает термический цикл, который зависит от параметров сварки.

Таким образом, в качестве основных входящих параметров следует принять три параметра.

Первый входящий параметр (фактор X_1) – сила тока сварки, средний уровень которого принимаем – 18 кА, интервал варьирования – 4 кА.

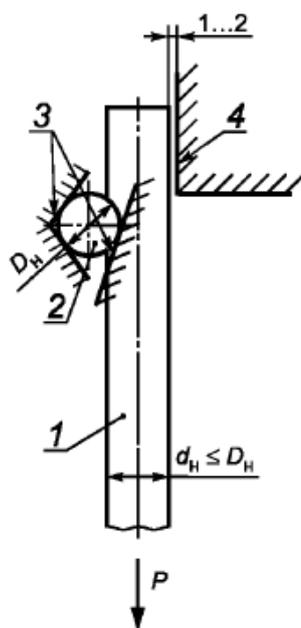
Второй входящий параметр (фактор X_2) – длительность импульса сварки, средний уровень которого принимаем – 2,0 с, интервал варьирования – 0,4 с.

Третий входящий параметр (фактор X_3) – сварочное усилие, средний уровень которого принимаем – 7 кН, интервал варьирования – 2 кН.

Предлагается проведение испытаний на разрушение с использованием разрывной машины согласно ГОСТ 10922-2012. Схема проведения испытания соединения на срез приведена на рисунке 13.

В ходе настоящего исследования спланируем экстремальный эксперимент, в котором предусмотрено изменение входящих параметров в сочетании максимального или минимального значения. Это позволит провести первый этап планирования и получить линейную модель.

В таблице 5 представлены значения входящих параметров, принимаемых для проведения факторного эксперимента. Таким образом, нам предстоит выполнить полный факторный эксперимент с тремя факторами, матрица которого представлена в таблице 6.



1 – первый стержень арматуры, 2 – второй стержень арматуры, 3 – зажимы разрывной машины, 4 – упор для исключения отгиба конца арматуры

Рисунок 13 – Схема проведения испытания на срез крестообразного соединения арматуры согласно ГОСТ 10922-2021

Таблица 5 – Значения параметров для проведения факторного эксперимента

Наименование параметра	Обозначение фактора	Минимальное значение	Максимальное значение
Ток сварки	X_1	14 кА	22 кА
Длительность импульса	X_2	1,6 с	2,4 с
Сварочное усилие	X_3	5 кН	9 кН

Таблица 6 – Матрица планирования полного факторного эксперимента с тремя факторами

Номер опыта	Значения факторов		
	X_1	X_2	X_3
1	-	-	+
2	-	+	-
3	+	-	-
4	+	+	+
5	-	-	-
6	-	+	+
7	+	-	+
8	+	+	-

Представленная в таблице 6 матрица планирования эксперимента позволяет задавать алгоритм изменения параметров режима при выполнении экспериментальной сварки. Для задания значений параметров в натуральном виде, составим таблицу 7.

Таблица 7 – Значения входных параметров в натуральном виде

Номер опыта	Значения факторов		
	Ток сварки	Длительность импульса	Сварочное усилие
1	14 кА	1,6 с	9 кН
2	14 кА	2,4 с	5 кН
3	22 кА	1,6 с	5 кН
4	22 кА	2,4 с	9 кН
5	14 кА	1,6 с	5 кН
6	14 кА	2,4 с	9 кН н
7	22 кА	1,6 с	9 кН ин
8	22 кА	2,4 с	5 кН

Таким образом, для оптимизации параметров режима контактной рельефной сварки арматуры вкрест понадобится первоначально проведение 8 экспериментов.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [9] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда. Следует составить перечень опасных и вредных производственных факторов, предложить мероприятия и технические средства для их уменьшения или устранения, дать рекомендации по снижению экологических рисков [3], [6].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство. Для этого следует рассчитать себестоимость производства при использовании базовой и проектной технологии, рассчитать и сравнить экономические показатели и сделать вывод об экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений [13], [14].

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта и идентификация негативных производственных факторов

В ходе настоящей выпускной квалификационной работы решались вопросы, повышения эффективности контактной рельефной сварки арматурных каркасов. Для этого выполнена модернизация многоэлектродной контактной сварочной машины. В частности, модернизирована схема привода сжатия электродов, оптимизирована конструкция электродных узлов.

Также была выполнена оптимизация параметров режима сварки арматурных каркасов. Изменение конструкции контактной сварочной машины и самой технологии сварки могут привести к возникновению новых опасных производственных факторов. Защита от этих факторов должна быть выполнена в настоящем разделе выпускной квалификационной работы.

В таблице 8 представлены особенности выполнения операций технологического процесса сварки арматурных каркасов, которые должны быть учтены в дальнейшем при идентификации опасных и вредных производственных факторов технологического объекта.

Укрупнённо процесс сварки арматурного каркаса можно представить в виде набора четырёх операций. Первой операцией является подготовка, которая выполняется с применением шлифовальной машины, станка для резки арматуры, рулетки, металлической линейки. Второй операцией является сборка, которая выполняется с применением шаблона, угольника, металлической линейки, сборочной оснастки. Третьей операцией является сварка, которая выполняется с применением сварочной машины. Четвёртой

операцией является контроль качества, который выполняется с применением разрывной машины, шлифовальной машины и шаблона сварщика.

Таблица 8 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса	Источник возникновения производственного риска
1. Подготовительные операции	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> - шлифовальная машина; - станок для резки арматуры - рулетка; - металлическая линейка
2. Сборочные операции	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> - сборочная оснастка; - шаблон; - угольник
3. Сварка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги 	<ul style="list-style-type: none"> - сварочная машина; - компрессор; - система подготовки воды
4. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> - разрывная машина; - шлифовальная машина; - шаблон сварщика

На основании результатов исследований проектного технологического процесса на предмет выявления производственных и профессиональных рисков, которые представлены в таблице 8, выделено пять негативных производственных факторов:

- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования,
- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования,
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны,
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека,
- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов.

Машины для выполнения операций контактной точечной сварки представляют определенную опасность для жизни и здоровья обслуживающего персонала. Это сопряжено с наличием движущихся узлов и деталей, кроме того, питание как цепей управления так и силовых трансформаторов осуществляется от сети переменного тока напряжением 380 В и частотой 50 Гц.

Таким образом, для обеспечения безопасности жизни и здоровья, как обслуживающего персонала, так и иных работников цеха необходимо выполнение комплекса мероприятий, направленного как на улучшение условий труда, так и на защиту от опасных факторов.

Представленные в таблице 8 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

3.2 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков

Ранее выполненная идентификация профессиональных рисков, представленная в таблице 8, позволяет выработать решения по обеспечению безопасности производственного процесса, которые представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса	Перечень организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих устранение вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты
1) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками 2) устройства защитного отключения привода станков 3) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
2) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	Индивидуальные средства защиты дыхательных путей
3) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) контроль изоляции и заземления 2) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 3) защитное заземление, защитное отключение	Специальная одежда, перчатки, резиновые коврики
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки

Физика процесса контактной точечной сварки сопряжена с нагревом металла до температуры плавления, что для низкоуглеродистых низколегированных сталей составляет порядка 1500 °С. Контакт незащищенной поверхности тела с нагретым изделием может привести к ожогам различной степени тяжести. В процессе контактной сварки может произойти разбрызгивание расплавленного металла из зоны расплава, возникает т.н. выплеск. Выплески могут привести не только к загоранию соответствующих материалов и жидкостей, но и при попадании на кожные покровы или в глаз привести к травме работника. Главное в борьбе с выплесками – предотвратить их появление, для чего наладчик обязан

пристально следить за соблюдением режимов сварки и своевременно их корректировать. Кроме того, применяют различные изолирующие экраны, а там где это невозможно, оператор должен работать в очках для защиты глаз. Выдаваемая работникам спецодежда и перчатки вполне защищают кожные покровы работника от выплесков.

Представленные в таблице 9 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала при выполнении проектного технологического процесса.

Анализ данных в таблице 9 позволяет заключить, что устранение влияния негативных производственных факторов или их снижение до приемлемого уровня может быть выполнено путём применения стандартных методик и технических решений.

3.3 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

В процессе осуществления проектного технологического процесса кроме возникновения негативных производственных факторов существует опасность возникновения пожара. При этом необходимо принимать во внимание, что сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 10.

На основании данных таблицы 10 возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е», который предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения.

Основными негативными факторами возможного пожара являются тепловой поток, разлетающиеся искры, повышенная температура воздуха, открытое пламя, токсические продукты термического разложения и горения, плохая видимость вследствие задымления, снижение концентрации кислорода в воздухе.

Таблица 10 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется сборки и сварка
Наименование оборудования	Шлифовальная машина; станок для резки арматуры, сборочная оснастка, сварочная машина, компрессор, система подготовки воды
Классификация по виду горящего вещества	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	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.
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения

Вследствие наличия негативных факторов при возникновении пожара возможно появление вторичных хлопков, локального задымления, промышленные здания могут приобретать отрицательную устойчивость.

Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми при тушении химическими веществами.

В таблице 10 представлены опасные факторы, который возникают при таком пожаре, а в таблице 11 приведены технические средства по устранению этих факторов.

Пожарная безопасность рассматриваемого производственного участка обеспечивается а счёт применения различных технических средств. В

качестве первичных средств тушения применяются: огнетушители, ящик с песком, кошма. В качестве средств индивидуальной защиты применяется план эвакуации. В качестве пожарного инструмента применяется топор, багор и лопата. В качестве средств оповещения применяются речевые, световые и звуковые оповещатели.

Таблица 11 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

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

Предложенные в настоящем разделе технические средства и мероприятия позволяют максимально снизить риск возникновения пожара и своевременно устранить негативные факторы при его возникновении.

3.4 Вопросы обеспечения экологической безопасности

Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы. Реализация предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений приводит к возникновению негативного антропогенного действия на окружающую среду. В таблице 12

приведены негативные воздействия на окружающую среду, которые возникают при выполнении операций проектного технологического процесса.

На основании анализа данных в таблице 12 могут быть предложены технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит устранить влияние на окружающую среду негативного антропогенного фактора или уменьшить его влияние до приемлемого уровня. Предлагаемые средства для этого представлены в таблице 13.

Таблица 12 – Идентификация негативных экологических факторов

Операция	атмосфера	гидросфера	литосфера
1. Подготовительные операции	-	-	частицы упаковки, бытовой мусор
2. Сборочные операции	вредные испарения	масло	частицы упаковки, бытовой мусор
3. Сварка	вредные испарения	масло	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
4. Контроль качества	вредные испарения	масло	частицы упаковки, бытовой мусор

Таблица 13 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование участка	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
За счёт чего снижается антропогенное действие на атмосферу	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [3]
За счёт чего снижается антропогенное действие на гидросферу	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [3]
За счёт чего снижается антропогенное действие на литосферу	«На производственном участке необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора» [3]

Таким образом, предложенные мероприятия позволяют уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности контактной рельефной сварки при изготовлении арматурных каркасов. Рассмотрена базовая технология сварки с применением многоэлектродной сварочной машины. В работе предложены изменения в конструкции контактных сварочных машин, применение которых в производстве позволяет повысить производительность сварочных работ, стойкость сварочных электродов и качество сварных соединений. На основании методики построения эксперимента предложен алгоритм поиска оптимальных параметров режима сварки.

При реализации предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений предприятие понесёт определённые финансовые и трудовые затраты. Однако за счёт повышения производительности и качества выпускаемой продукции экономический эффект должен получиться положительным. В настоящем разделе выпускной квалификационной работы предстоит выполнить оценку затрат на выполнение операций технологического процесса в проектном варианте и операций технологического процесса в базовом варианте. На основании сравнения рассчитанных затрат необходимо рассчитать показатели экономической эффективности предлагаемых решений и сделать вывод о целесообразности внедрения результатов настоящей выпускной квалификационной работы в производство. В таблице 14 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии сборки и сварки с учётом рыночной стоимости используемого оборудования и вспомогательных затрат.

Таблица 14 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	IV	IV
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	150	150
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	800 тыс.	1600 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	40	60
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,85	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	$м^2$	200	200
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ $м^2$)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ $м^2$	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [13]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

Дальнейшие расчёты с использованием представленных выше данных предполагают оценку затрат на осуществление технологического процесса по проектному и базовому вариантам.

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

При выполнении операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса происходит работа оборудования в течение заданного времени. Величина заработной платы и вспомогательных затрат рассчитываются с учётом фонда времени работы оборудования, который следует рассчитать по исходным данным, представленным выше. Также следует принимать во внимание, что время работы оборудования позволяет рассчитать амортизационные отчисления и затраты на производственные площади. В проектом технологическом процессе и базовом технологическом процессе предусматривается выполнение операций в течение одинакового количества смен. Поэтому годовой фонд времени для проектного технологического процесса по отношению к годовому фонду времени базового технологического процесса не изменится.

Количество рабочих дней для одного года принимаем равным $D_p=277$, при этом продолжительность рабочей смены составляет $T_{см}=8$ часов. Также следует принимать во внимание уменьшение рабочей смены на величину $T_{п}=1$ час в предпраздничные дни, количество которых для одного календарного года составляет $D_{п}=7$ дней. Для количества рабочих смен $K_{см}=1$ рассчитываем годовой фонд времени:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ часов. Значение эффективного фона рабочего времени следует вычислить с учётом задаваемых потерь рабочего времени $B=7\%$:

$$F_э = F_H(1 - B/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ часов.

4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии

Величину штучного времени, которое будет затрачиваться на выполнение операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса, рассчитываем с учётом нормирования труда по выполняемым операциям согласно технологической карте. Штучное время $t_{шт}$ включает в себя затраты времени на выполнение основных операций проектного и базового технологического процессов (машинное время $t_{маш}$), подготовительных и вспомогательных операций (вспомогательное время $t_{всп}$), личный отдых (время отдыха $t_{отд}$), подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$ и времени на мелкий ремонт и обслуживание оборудования (время обслуживания $t_{обсл}$):

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отд} + t_{п-з} . \quad (3)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 0,7 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 1,22$ часа и $t_{шт.проектн.} = 0,5 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 0,88$ часа.

Размер годовой программы $\Pi_{г}$ рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

$$\Pi_{г} = F_{э} / t_{шт} . \quad (4)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{г.баз.} = 2054/1,22 = 1680$ сварных каркасов для базового технологического процесса и $\Pi_{г.пр.} = 2054/0,88 = 2330$ сварных каркасов для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_{г} = 1000$ сварных каркасов в год.

Требуемое количество технологического оборудования определяем с учётом ранее рассчитанного штучного времени для проектного варианта технологии и базового варианта технологии. При этом следует учесть коэффициент выполнения нормы $K_{вн} = 1,03$. Выполняем расчёт:

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot \Pi_{г} / (F_{э} \cdot K_{вн}). \quad (5)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{расч} = 1,22 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,6$ для базового варианта технологического процесса; $n_{расч} = 0,88 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,4$ для проектного варианта технологического процесса.

В дальнейшем при выполнении экономических расчётов количество оборудования для выполнения операций базового технологического процесса принимаем $n=1$. Количество оборудования для выполнения операций проектного технологического процесса принимаем $n=1$. На основании этого выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования $K_з$ для базового и проектного вариантов технологии:

$$K_з = n_{расч} / n. \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_з = 0,6/1 = 0,6$ для базового варианта технологического процесса и $K_з = 0,4/1 = 0,4$ для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования $K_з$ для проектного и базового вариантов технологического процесса в дальнейшем понадобятся для расчёта капитальных затрат на построение технологии.

При расчётах следует принимать во внимание, что производительность в проектной технологии по сравнению с базовой технологией значительно увеличилась. Это приводит либо к уменьшению количества применяемого оборудования, либо к уменьшению коэффициента загрузки оборудования. В настоящей выпускной квалификационной работе уменьшается количество используемого оборудования.

4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам

Выполнение операций проектного технологического процесса и операций базового технологического процесса происходят с применением расходных материалов, затраты на которые рассчитываются в зависимости от коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ}$, цены материалов C_M и нормы расходов материалов N_p по формуле:

$$M = C_M \cdot N_p \cdot K_{Т-З} . \quad (7)$$

Предлагаемый в настоящей выпускной квалификационной работе решения позволяют оптимизировать параметры режима сварки и повысить стойкость электродных узлов в процессе сварки. Таким образом, существенно уменьшатся затрат на охлаждающую воду, сжатый воздух и сварочные электроды. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $M=(12+22+17) \cdot 1,05+30\%= 70$ рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса: $M= (12+22+17) \cdot 1,05=54$ рублей.

Величина основной заработной платы рассчитывается на основании штучного времени $t_{шт}$, часовой тарифной ставки $C_ч$ и коэффициента доплат $K_д$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_д = 1,88$:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot K_д. \quad (8)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{осн} = 1,22 \cdot 150 \cdot 1,88 = 344$ рублей для базового варианта технологического процесса и $Z_{осн} = 0,88 \cdot 150 \cdot 1,88 = 248$ рублей для проектного варианта технологического процесса.

Величина дополнительной заработной платы $Z_{доп}$ рассчитывается в зависимости от рассчитанной выше основной заработной платы $Z_{осн}$ и коэффициента доплат $K_{доп}$, который для рассматриваемой выпускной

квалификационной работы принимается равным $K_{\text{доп}} = 12 \%$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{\text{доп}} = 344 \cdot 12 / 100 = 41$ рублей для операций базового технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 248 \cdot 12 / 100 = 30$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\text{ФЗП} = 344 + 41 = 385$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 248 + 30 = 278$ для операций проектного технологического процесса.

Отчисления на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ рассчитываем с учётом коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{\text{сн}}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{\text{сн}} = 34 \%$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{\text{сн}} = 385 \cdot 34 / 100 = 131$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 278 \cdot 34 / 100 = 95$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величину затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ определяем расчётным путём на основании амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию P_3 :

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

При вычислении амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ следует учитывать норму амортизации N_a , которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет $N_a = 21,5 \%$. Также в расчёт включено машинное время $t_{\text{маш}}$, которое ранее было рассчитано для операций

проектной и базовой технологий. В формулу включены также эффективный годовой фонд времени работы оборудования F_3 и цена оборудования $\Pi_{об}$.

$$A_{об} = \frac{\Pi_{об} \cdot N_a \cdot t_{маш}}{F_3 \cdot 100}. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об} = 800000 \cdot 21,5 \cdot 1,22 / 2054 / 100 = 102$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об} = 1600000 \cdot 21,5 \cdot 0,88 / 2054 / 100 = 147$ рублей.

Очевидно, что повышение амортизационных отчислений по проектной технологии по сравнению с амортизационными отчислениями по базовой технологии объясняется тем, что при выполнении операций по проектному технологическому процессу применяется более сложное и дорогостоящее оборудование, чем при выполнении операций по базовому технологическому процессу. Поэтому, несмотря на повышение производительности труда, наблюдается повышение увеличения амортизационных отчислений.

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций по проектному технологическому процессу рассчитываются с учётом мощности оборудования $M_{уст}$, КПД оборудования, машинного времени $t_{маш}$ и стоимости электрической энергии для предприятий $\Pi_{э}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{э} = 40 \cdot 1,22 \cdot 3,2 / 0,85 = 183$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{э} = 60 \cdot 0,88 \cdot 3,2 / 0,85 = 198$ рублей для проектного технологического процесса.

Некоторое повышение затрат на электрическую энергию по проектной технологии по сравнению с затратами на электрическую энергию по базовой технологии объясняется тем, что была выполнена оптимизация параметров режима сварки. При этом критерием оптимизации являлась прочность сварного соединения. В результате наблюдается некоторое повышение затрат

электрической энергии при осуществлении операция по проектному технологическому процессу по сравнению с операциями по базовому технологическому процессу.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $Z_{об} = 102 + 183 = 285$ рублей по базовому технологическому процессу и $Z_{об} = 147 + 198 = 345$ рублей по проектному технологическому процессу.

Размер технологической себестоимости $C_{тех}$ определяется исходя из ранее определённых значений затрат на материалы M , отчислений на социальные нужды $O_{сн}$, фонда заработной платы ФЗП и затрат на оборудование $Z_{об}$:

$$C_{тех} = M + \text{ФЗП} + O_{сн} + Z_{об} . \quad (14)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{тех} = 70 + 385 + 131 + 285 = 871$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{тех} = 54 + 278 + 95 + 345 = 772$ рублей.

Размер цеховой себестоимости $C_{цех}$ определяется исходя из ранее определённой технологической себестоимости $C_{тех}$, коэффициента цеховых расходов $K_{цех}$ и основной заработной платы $Z_{осн}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{цех} = 871 + 1,5 \cdot 344 = 871 + 516 = 1387$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{цех} = 772 + 1,5 \cdot 248 = 772 + 372 = 1144$ рублей.

Размер заводской себестоимости $C_{зав}$ определяется исходя из ранее определённой цеховой себестоимости $C_{цех}$, коэффициента заводских расходов и основной заработной платы $Z_{осн}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{зав} = 1387 + 1,15 \cdot 344 = 1387 + 396 = 1783$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{зав} = 1144 + 1,15 \cdot 248 = 1144 + 285 = 1429$ рублей.

В таблице 15 представлена калькуляция заводской стоимости выполнения операций по базовому варианту технологического процесса и проектному варианту технологического процесса.

Таблица 15 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости при выполнении операций согласно базового технологического процесса и согласно проектного технологического процесса

Показатель	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	<i>M</i>	70	54
2. Фонд заработной платы	<i>ФЗП</i>	385	278
3. Отчисления на соц. нужды	<i>O_{CH}</i>	131	95
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	285	345
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	871	772
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	516	372
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	1387	1144
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	396	285
9. Заводская себестоимость» [13]	<i>C_{зав}</i>	1783	1429

Данные, представленные в таблице 15, позволяют судить о высокой эффективности проектной технологии, которая позволяет уменьшить заводскую себестоимость относительно базовой технологии.

4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

Вычисляем капитальные затраты $K_{общ. б.}$ на реализацию технологического процесса по базовому варианту. Расчёт следует выполнять с учётом коэффициента загрузки оборудования K_p и остаточной стоимости оборудования $C_{об. б.}$

Величину остаточной стоимости оборудования определяем с учётом рыночной стоимости аналогичного нового оборудования $\Pi_{\text{перв}}$, срока службы оборудования $T_{\text{сл}}$ и нормы амортизационных отчислений H_a :

$$\Pi_{\text{об.б.}} = \Pi_{\text{перв.}} - (\Pi_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot H_a / 100). \quad (17)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{\text{об.б.}} = 800000 - (800000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 456000$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{об.б.}} \cdot K_{\text{з.б.}} \quad (18)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 456000 \cdot 0,6 = 373600$ рублей.

Расчёт капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ при реализации проектной технологии требует учёта капитальных вложений в производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ и капитальных затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$:

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

Величина капитальных затрат на оборудование для реализации проектного варианта технологического процесса рассчитывается с учётом коэффициента транспортно-заготовительных расходов, значение которого для настоящей выпускной квалификационной работы составило $K_{\text{тз}}=1,05$, цены оборудования $\Pi_{\text{об}}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{об. пр.}} = 1600000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 672000$ рублей.

Величина сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ рассчитывается с учётом расходов на демонтаж $P_{\text{дем}}$ оборудования по базовому технологическому процессу и монтаж $P_{\text{мон}}$ оборудования по проектному технологическому процессу.

Расходы на демонтаж с учётом коэффициента расходов на демонтаж оборудования $K_{\text{дем}} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{\text{дем}} = Ц_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д.}} \quad (21)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{дем}} = 800000 \cdot 0,05 = 40000$ рублей.

Расходы на монтаж с учётом коэффициента расходов на монтаж оборудования $K_{\text{мон}} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{\text{монт}} = Ц_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м.}} \quad (22)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{монт}} = 1600000 \cdot 0,05 = 80000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

$$P_{\text{соп}} = P_{\text{дем}} + P_{\text{монт.}} \quad (23)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{соп}} = 40000 + 80000 = 120000$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}} = 672000 + 12000 = 690000$ рублей.

Расчёт дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ проводим с учётом капитальных затрат для проектной технологии $K_{\text{общ. пр}}$ и капитальных затрат по базовой технологии $K_{\text{общ. б.}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{доп}} = 690000 - 373600 = 316400$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы $\Pi_{\text{г}}$:

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_{\text{г}} \quad (25)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 373600/1000 = 374$ рублей за единицу продукции

по базовой технологии и $K_{уд} = 690000/1000 = 690$ рублей за единицу продукции по проектной технологии.

4.6 Показатели экономической эффективности

Для выполнения экономического обоснования настоящей выпускной квалификационной работы рассчитаем основные показатели эффективности.

Снижение трудоемкости $\Delta t_{шт}$ рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{шт} = (1,22 - 0,88) \cdot 100 \% / 1,22 = 28 \%$.

Повышение производительности Π_T рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_T = 100 \cdot 28 / (100 - 28) = 39 \%$.

Уменьшение технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{тех} = (871 - 772) \cdot 100\% / 871 = 11 \%$.

Размер условно-годовой экономии $\Pi_{ож}$ рассчитывается как

$$\Pi_{ож} = \mathcal{E}_{уг} = (C_{зав.б} - C_{зав.пр}) \cdot \Pi_T . \quad (29)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{ож} = (1783 - 1429) \cdot 1000 = 354000$ рублей.

Длительность срока окупаемости предлагаемых мероприятий $T_{ок}$ составляет:

$$T_{ок} = K_{доп} / \mathcal{E}_{уг} . \quad (30)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{ок} = 316400 / 354000 = 0,8$ года.

Величина годового экономического эффекта \mathcal{E}_r рассчитывается как

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_{yr} - E_n \cdot K_{доп}. \quad (31)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\mathcal{E}_r = 354000 - 0,33 \cdot 316400 = 250000$ руб.

Таким образом, с учётом особенностей выполнения операций технологического процесса по проектному варианту и базовому варианту был выполнен расчёт основных экономических показателей производства.

При внедрении предлагаемых решений наблюдается некоторое увеличение расходов на оборудование, что связано с повышением стоимости оборудования. Однако наблюдается расширение технологических возможностей оборудования, которое проявляется в повышении качества выпускаемой продукции, производительности труда и снижении расходов на материалы. Таким образом, внедрение в производство результатов настоящей выпускной квалификационной работы позволяет получить положительный экономический эффект.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений. Производительность труда повышается на 39 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 11 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,25 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,8 года.

Вышеизложенное позволяет судить о высокой эффективности настоящей выпускной квалификационной работы.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности контактной рельефной сварки при изготовлении арматурных каркасов.

Рассмотрена базовая технология сварки с применением многоэлектродной сварочной машины. В работе предложены изменения в конструкции контактных сварочных машин, применение которых в производстве позволяет повысить производительность сварочных работ, стойкость сварочных электродов и качество сварных соединений.

На основании методики построения эксперимента предложен алгоритм поиска оптимальных параметров режима сварки.

Предложена проектная технология сварки арматурного каркаса с применением модифицированного оборудования. Первой операцией является подготовка, которая выполняется с применением шлифовальной машины, станка для резки арматуры, рулетки, металлической линейки. Второй операцией является сборка, которая выполняется с применением шаблона, угольника, металлической линейки, сборочной оснастки. Третьей операцией является сварка, которая выполняется с применением сварочной машины. Четвёртой операцией является контроль качества, который выполняется с применением разрывной машины, шлифовальной машины и шаблона сварщика.

При анализе опасных и вредных производственных факторов, которые сопровождают выполнение операций проектного технологического процесса, идентифицированы негативные производственные факторы, предложены технические средства и организационные мероприятия по защите от них.

Выполнена оценка проектной технологии на предмет обеспечения экологической безопасности. Предложены организационные мероприятия по защите окружающей среды от возникающих при реализации проектной технологии негативных антропогенных факторов.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений. Производительность труда повышается на 39 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 11 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,25 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,8 года.

Таким образом, внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений в производство позволяет получить доказанный расчётным путём экономический эффект. Доказана экономическая и технологическая эффективность предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель выпускной квалификационной работы достигнутой.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые проводят сварку арматурных каркасов и изготовление машин для контактной сварки.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Абабков Н. В., Пимонов М. В., Левашова Е. Е. Совершенствование технологии контактной точечной сварки арматурной сетки, используемой в качестве элемента анкерной крепи // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2021. № 3, С. 26–33.
2. Алябьев Д. А., Юрьева Г. Ю., Козловский С. Н. Исследование возможности точечной сварки крестовых соединений арматуры железобетона класса АIII // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2011. С. 109.
3. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
4. Бочарникова А. В., Малахов А. Н., Козловский С. Н. Исследование и разработка технологии точечной сварки закаливающейся арматуры железобетона // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2012. С. 90–91.
5. Бусыгин С. Л., Токмин А. М., Довженко Н. Н. Влияние технологии изготовления на свойства электродов из хромистой бронзы для контактной рельефной сварки арматурных стержней // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. 2021. №8. С. 914–929.
6. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
7. Ерофеев В.А., Пьянков И.Б., Арсеньева А.А. Численное моделирование контактной рельефной сварки крестообразных соединений // Известия Тульского государственного университета. 2017. № 1. С. 109–117.
8. Иоффе Ю. Е., Жданов В. В., Котов А. В. Новые разработки ЗАО «Электрик-МИКС» в области контроля и управления сварочными процессами. Сварочное производство. 2002. №4. С. 39-43

9. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.
10. Колесников А. Л., Бусовцев И. А., Козловский С. Н. Точечная сварка закаливающейся арматуры железобетона // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2014. С. 106–107.
11. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы: технический научно-производственный журнал. 2016. № 6. С. 18–23.
12. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю. Методология научных исследований : учебное пособие. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 164 с.
13. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
14. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
15. Мау В. А., Улюкаев А. В. Глобальный кризис и тенденции экономического развития // Вопросы экономики. 2014. № 11. С. 15–21.
16. Новиков Ф. С. Математические методы планирования экспериментов в металловедении. М. : Изд-во института стали и сплавов, 1970. 79 с.
17. Поляков А. Ю., Фурманов С. М., Бендик Т. И. Система автоматического управления процессом контактной рельефной сварки // Вестник Белорусско-Российского университета. 2013. № 4. С. 75–84.
18. Поляков А. Ю., Фурманов С. М., Федотов Б. В. Экспериментальное определение энергетических параметров процесса контактной рельефной сварки // Вестник Белорусско-Российского университета. 2017. № 1. С. 74–83.

19. Попков Ю. В., Обернихин Д. В., Фролов Н. В. Влияние параметров контактной точечной сварки на прочность крестообразных соединений металлической арматуры // Вестник Белгородского государственного технического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. 22–26.

20. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) [и др.]. М.: Машиностроение, 1978. Том 2 / Под ред. А. И. Акулова, 1979. 462 с.

21. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.

22. Сорокин В. Г., Волосникова А. В., Вяткин С. А. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.