

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)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология аттестации инвертора TIG 200P AC/DC

Студент

В.В. Воронов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., профессор Г.М. Короткова

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена аттестации сварочного источника питания BRIMA TIG 200P, который позволяет выполнять сварку неплавящимся электродом как на постоянном, так и на переменном токе.

Целью выпускной квалификационной работы является – исследование сварочных свойств универсальной инверторной установки TIG-200P AC/DC, которые позволят расширить области ее применения в промышленности.

В работе решены следующие задачи:

- 1) Составить программу испытаний установки аргодуговой сварки типа BRIMA TIG-200P AC/DC;
- 2) Составить методику исследования технологических характеристик установки типа BRIMA TIG-200P AC/DC в различных режимах сварки;
- 3) Провести специальные и практические испытания установки типа BRIMA TIG-200P AC/DC.

Результаты работы предлагаются к применению при проведении аттестации сварочного оборудования.

Abstract

The title of the graduation work is « TIG 200P AC/DC inverter certification technology».

The graduation work consists of an explanatory note on 62 pages, introduction, including 10 figures, 14 tables, the list of 23 references including 3 foreign sources and the graphic part on 6 A1 sheets.

The aim of the work is investigation of welding properties of the TIG-200P AC/DC universal inverter system, which will allow expanding the scope of its application in industry.

The following tasks have been solved:

- 1) Create a test program for the Brima TIG-200P AC/DC argon arc welding unit;
- 2) Develop a methodology for studying the technological characteristics of a BRIMA TIG-200P AC/DC type installation in various welding modes;
- 3) Conduct special and practical tests of the BRIMA TIG-200P AC/DC type installation.

The analysis of the design technology of repair welding for the presence of dangerous and harmful production factors is performed.

The calculated annual economic effect, taking into account capital investments, is 0,98 million rubles.

The results of the work are offered for use in the certification of welding equipment.

Содержание

Введение	6
1 Анализ исходных данных для аттестации сварочного оборудования	9
1.1 Описание сварочной установки	9
1.2 Обзор источников научно-технической информации по вопросу проведения испытаний сварочных инверторов	12
1.3 Виды и порядок аттестации сварочного оборудования	15
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	17
2 Аттестационные испытания сварочной установки типа BRIMA TIG-200P AC/DC	19
2.1 Программа испытаний сварочной установки	19
2.2 Методика построения вольтамперной характеристики	23
2.3 Методика проведения практических испытаний	26
Заключение по второму разделу	30
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений	31
3.1 Технологическая характеристика объекта	31
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений	32
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	33
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	34
3.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта	36
3.6 Заключение по разделу	37

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений	37
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов . .	38
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	40
4.3 Расчет штучного времени	41
4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки . . .	45
4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам	51
4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений	56
Заключение по экономическому разделу	58
Заключение	59
Список используемой литературы	60

Введение

Эксплуатация сварочного оборудования возможно только после проведения аттестации в соответствии с РД 03-614-03 («О Порядке применения сварочного оборудования при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов»). Эта аттестация позволяет выявить, соответствует ли исследуемое оборудование заявленным характеристикам, а также позволяет ли оно обеспечить выполнение нормативных требований к качеству сварных соединений.

Аттестация сварочного оборудования бывает: первичной, периодической, внеочередной и дополнительной.

Первичную аттестацию проходит оборудование, которое ранее не аттестовывалось, а также импортное оборудование.

В случае, когда срок службы сварочного оборудования согласно документации предоставляемой заводом-изготовителем составляет более 6 лет, то один раз в три года оборудование подлежит периодической проверке, подтверждающей его исправность и соответствие стандартам и требованиям. По окончании срока эксплуатации периодическая аттестация оборудования осуществляется один раз в 1,5 года.

Решение о проведении внеочередной аттестации, как правило, выносят территориальные органы Ростехнадзора.

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена аттестации сварочного источника питания BRIMA TIG 200P, который позволяет выполнять сварку неплавящимся электродом как на постоянном, так и на переменном токе.

Сварка неплавящимся электродом в среде инертных газов (TIG-процесс) широко применяется при изготовлении ответственных конструкций в атомном и химическом машиностроении, авиа- и ракетостроении, пищевой и других отраслях промышленности. Недостатком TIG-сварки является

низкая производительность, обусловленная недостаточной проплавающей способностью дуги при данном способе сварки.

Дуговая сварка переменным током по сравнению со сваркой постоянным током обладает рядом таких технологических преимуществ, как отсутствие магнитного дутья, возможность формирования шва с благоприятными геометрическими параметрами и профилем проплавления, а также получение более мелкозернистой структуры металла шва и зоны термического влияния, в том числе и на более производительных режимах, чем при сварке постоянным током. Сварка переменным током значительно экономичнее сварки постоянным током – сварочные источники питания переменного тока отличаются простотой построения и конструкции и в большинстве случаев их КПД и показатели надежности выше, чем у источников питания постоянного тока, а расходы на их эксплуатацию и обслуживание ощутимо ниже [1–6]. В силу этого переменный ток широко используется во многих отраслях промышленности для осуществления ручной дуговой сварки покрытыми электродами, сварки под флюсом, ручной и механизированной сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов (TIG-AC).

Наряду с известными преимуществами сварке переменным током присущи и определенные недостатки, основной из которых заключается в низкой устойчивости процесса горения дуги, что особо характерно для синусоидальных сварочных токов промышленных частот и связано с ее периодическими погасаниями вследствие деионизации межэлектродного промежутка, возникающей при каждом изменении полярности тока дуги, т.е. вблизи его нулевых значений. Поэтому на протяжении многих десятилетий и до настоящего времени учеными и специалистами сварочного производства ведется поиск способов и средств повышения устойчивости сварочных дуг переменного тока [1-5], среди которых важное место занимает проблематика совершенствования сварочных источников питания.

Согласно ISO 9001 операция сварки должна быть отнесена к числу специальных производственных процессов, конечный результат которых не может быть с высокой степенью достоверности проверен с использованием последующего контроля или в ходе эксплуатации. Поэтому применительно к сварке следует выполнять непрерывное регулирование процесса, что требует применения специальных правил и процедур сертификации.

Российская Федерация следует мировым тенденциям развития систем сертификации в области сварочного производства. В 1992 году МГТУ им Н.Э. Баумана была выдвинута инициатива по созданию Национального аттестационного комитета по сварочному производству (НАКС). Основной задачей этого комитета является поддержание соответствующего уровня качества проведения сварочных работ.

Существенный вклад в формирование системы сертификации сварочного производства был внесён исследователями: Н.П. Алешин, А.С. Орлов, В.Ф. Лукьянов, Б.Г. Маслов, А. М. Левченко, Б.А. Красных, Ю.И. Гусев, В.С. Котельников, А.С. Зубченко, С.А. Курланов, С.В. Головин, Р.А. Мусин, В.В. Шефель и др.

Целью выпускной квалификационной работы является – исследование сварочных свойств универсальной инверторной установки TIG-200P AC/DC, которые позволят расширить области ее применения в промышленности.

1 Анализ исходных данных для аттестации сварочного оборудования

1.1 Описание сварочной установки

Сварочный аппарат TIG 200P AC/DC (рис. 1.1), выпускаемый под брендом «Brima», предназначен для выполнения дуговой сварки неплавящимся электродом в среде инертного газа на постоянном и переменном токе. При помощи этого аппарата можно выполнять сварку нержавеющей, легированной, углеродистой сталей (при сварке в режиме постоянного тока), алюминиевых сплавов (при сварке в режиме переменного тока).



Рисунок 1.1 – Сварочная установка TIG 200P AC/DC производства «Brima»

Применяемая в аппарате TIG 200P AC/DC инверторная технология позволяет выполнять сварку на частоте тока 100 кГц, за счёт чего достигается уменьшение габаритов и массы сварочной установки. За счёт технологии PWM обеспечивается стабильная величина сварочного тока при изменении длины дуги и существует возможность плавного регулирования силы сварочного тока.

В комплекте со сварочным инвертором идут сварочная горелка (рис. 1.2), сварочный кабель и газовый рукав.

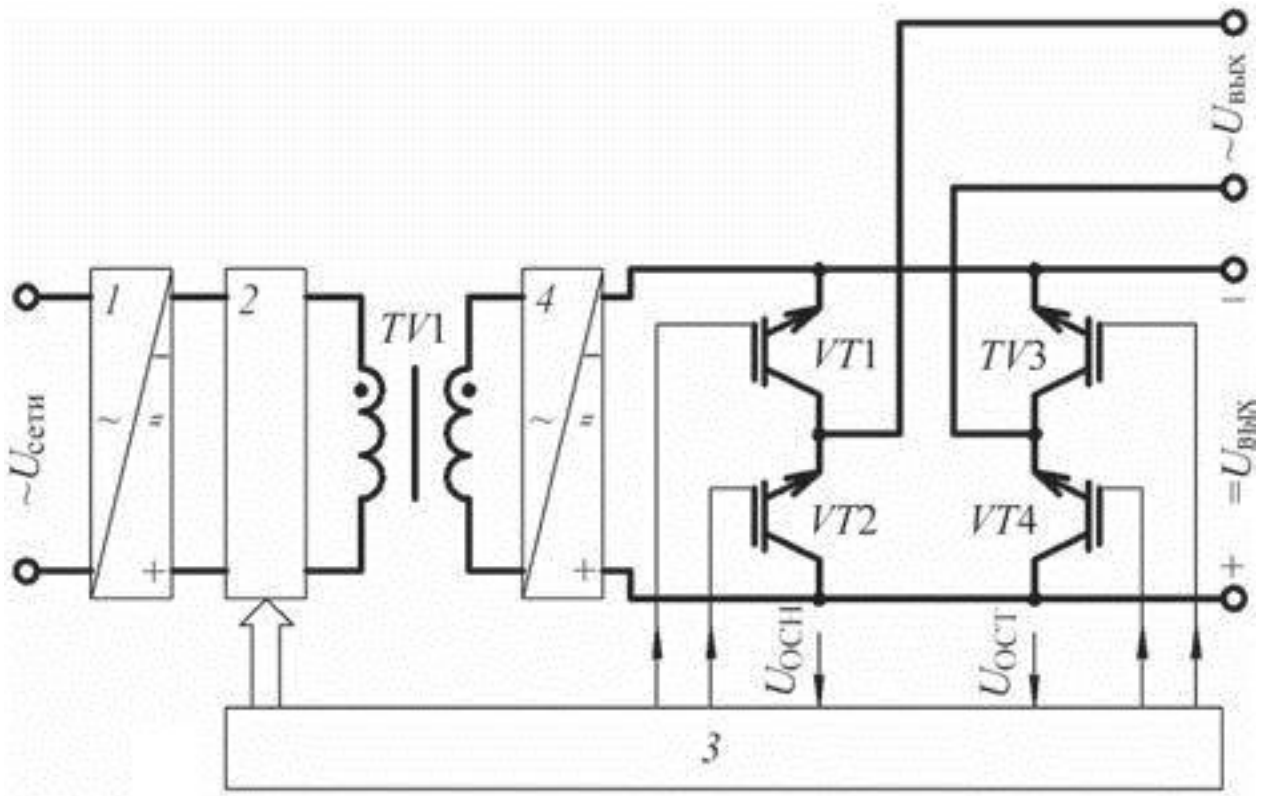


Рисунок 1.2 – Горелка для выполнения TIG-сварки с воздушных охлаждением

В настоящее время для TIG-AC довольно широко используются универсальные источники питания инверторного типа, в которых практически прямоугольная форма сварочного тока частотой 100...400 Гц достигается или с помощью выходного силового транзисторного моста (рис. 1.3), характерные для таких источников питания значения dI_a/dt в сочетании с импульсным увеличением напряжения на межэлектродном промежутке при смене полярности тока дуги обеспечивают высокую устойчивость горения дуги переменного тока (в том числе при TIG-AC алюминия и его сплавов) во всех технологически обоснованных диапазонах длины дуги и регулирования сварочного тока. Однако при этом возможно некоторое снижение износостойкости неплавящегося электрода, что, видимо, объясняется ударными электродинамическими нагрузками, которым при прямоугольной форме сварочного тока подвергается неплавящийся электрод при каждой смене полярности тока дуги [6].

Кроме того, построение приведенных на рис. 1.3 источников питания для формирования переменного тока дуги требует обязательного

использования дополнительных силовых транзисторных ключей, каждый из которых должен допускать пропускание через себя тока, составляющего не менее 60 % от значения наибольшего сварочного тока, что усложняет силовую часть источника питания, повышает его стоимость и снижает КПД вместе с тем известно, что если переменный ток дуги достигает значения 5...6 а при MMAW или 3...5 а при TIG, то дуговой разряд в межэлектродном промежутке можно считать установившимся [1, 4, 5].



1 – входной (сетевой) выпрямитель; 2 – высокочастотный преобразователь;
3 – блок управления; 4 – выходной высокочастотный выпрямитель

Рисунок 1.3 – Упрощенная структурно-функциональная схема источников питания инверторного типа с практически прямоугольной формой переменного сварочного тока

Сварочная установка TIG 200P AC/DC BRIMA позволяет выполнять как сварку импульсами тока прямоугольной формы тока, так и синусоидальной формы. Аппаратура регулирования даёт возможность пользователю выполнить тонкую настройку «баланса полупериодов», регулируя положительную и отрицательную составляющие сварочной дуги.

Подача защитного газа выполняется с настраиваемой продолжительностью продувки, которая может быть задана как при начале сварки, так и после выполнения сварки. Это позволяет обеспечить качественную газовую защиту сварного шва.

Сварочная установка позволяет выполнять постепенное уменьшение силы сварочного тока до нуля, что необходимо для качественной заварки кратера.

Если подключить к аппарату механизм подачи проволоки и выполнить замен сварочной головки, появляется возможность выполнять пайку тонкостенных деталей методом MIG-пайки. Так же при использовании вольфрамового электрода существует возможность выполнения пайки с применением тугоплавких припоев.

Подключение ножной педали к аппарату TIG 200P позволяет выполнять дистанционное управление сваркой. Индикаторы тока и защиты располагаются на лицевой панели аппарата и позволяют контролировать его состояние при сварке, предусмотрены функции защитного отключения аппарата при перегрузке.

1.2 Обзор источников научно-технической информации по вопросу проведения испытаний сварочных инверторов

Был выполнен поиск и анализ источников научно-технической информации по вопросу аттестации, проведении испытаний и эксплуатации источников питания для дуговой сварки неплавящимся электродом. В сети ИНТЕРНЕТ с использованием поисковика GOOGLE поиск вёлся по ключевым словам «сварка неплавящимся электродом», «аттестация оборудования», «эксперимент», «эффективность использования», «испытание сварочного оборудования», «Автоматическая сварка», «Сварка и диагностика», «Сварочное производство», «диссертация».

В первой работе [7] рассмотрены вопросы повышения устойчивости сварочной дуги переменного тока при дуговой и плазменной сварке путем совершенствования сварочных источников питания. Отмечено, что из известных способов наибольшее распространение получили импульсное увеличение выходного напряжения источника питания при смене полярности тока дуги, применение индуктивно емкостных преобразователей, использование источников питания, обеспечивающих близкую к прямоугольной форму тока дуги. Показано, что наиболее эффективным является создание сварочных источников питания переменного тока, сочетающих два или несколько таких методов и имеющих в своем составе цепи или устройства, обеспечивающие возможность функционировать как в режиме первоначального возбуждения (зажигания) дуги, так и в режиме стабилизации процесса ее горения. Это достижимо, в частности, путем выполнения этих цепей или устройств в виде генераторов импульсов высокого или повышенного напряжения с двумя независимыми формирующими контурами.

Результаты этой работы будут рассмотрены при написании первой главы выпускной квалификационной работы, когда будет выполняться анализ состояния вопроса.

Во второй работе [8] выполнено математическое моделирование, позволяющее установить связь качества сварного соединения с измеряемыми параметрами сварочного процесса. Эти модели позволяют выполнить оценку качества сварных соединений, вероятность образования дефектов в условиях действия различных возмущений. Реализация предложенных математических моделей выполнена с использованием программно-аппаратного комплекса, который позволяет провести синтез оптимальных алгоритмов управления сваркой и выполнить анализ применяющегося сварочного оборудования. На основании предложенной автором математической модели распределения освещенности в зоне сварки была разработана следящая за стыком оптическая система, позволяющая

управлять наведением электрода на стыки регулировать глубину проплавления основного металла.

Результаты этой работы будут рассмотрены при написании второй главы выпускной квалификационной работы, когда будет предложена методика проведения испытания сварочного оборудования.

В третьей работе [9] разработаны и описаны математические модели, устанавливающие связь между контролируемыми параметрами процесса импульсной сварки (ток и длительность импульса, скорость сварки) и параметрами валика шва (проплавление, ширина валика, коэффициент формы шва и площадь валика шва). Подтверждена адекватность моделей, основанных на регрессионном и дисперсионном анализе.

Результаты этой работы будут рассмотрены при написании второй главы выпускной квалификационной работы, когда будет предложена методика проведения испытания сварочного оборудования.

Четвёртая работа [10] посвящена анализу влияния импульсной модуляции сварочного тока на действующие (эффективные) значения электродинамических характеристик процесса сварки неплавящимся электродом. Анализируется влияние динамических эффектов в импульсной дуге на распределение в металле действующих значений электродинамических характеристик – центростремительной составляющей силы Лоренца и магнитного давления. Делается вывод о том, что при оптимальной форме импульсов тока динамические эффекты, возникающие в нестационарной дуге, способны существенно повысить его силовое воздействие на металл сварочной ванны при сварке неплавящимся электродом с высокочастотной модуляцией тока по сравнению со сваркой на постоянном токе, совпадающем по величине с действующим значением модулированного тока.

Результаты этой работы будут рассмотрены при написании первой главы выпускной квалификационной работы, когда будет выполняться анализ состояния вопроса.

В пятой работе [11] рассмотрены новые подходы к методическому обеспечению проведения аттестации сварочного оборудования, которое представлено как основной элемент процесса обеспечения качественных сварных конструкций. В Российской Федерации предложено ввести объектно-ориентированный подход к сертификации и аттестации, т.е. эти мероприятия для производителя должны стать обязательными. Аттестация сварочного оборудования и технологий должна выполняться на принципах независимости и системности, при этом следует соблюдать приоритетность требований органов технического надзора. В основе аттестации и сертификации должен лежать опыт, который был накоплен в промышленности и ведущих научных центрах.

Результаты этой работы будут рассмотрены при написании первой главы выпускной квалификационной работы, когда будет выполняться анализ состояния вопроса.

1.3 Виды и порядок аттестации сварочного оборудования

В соответствии с утверждённым порядком применения сварочного оборудования при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов (РД 03-614-03) [12] аттестация сварочного оборудования подразделяется на первичную, периодическую, дополнительную и внеочередную (табл. 1.1).

Первичной аттестации подлежит следующее сварочное оборудование:

- ранее не аттестованное сварочное оборудование;
- сварочное оборудование, не выпускаемое ранее данным производителем;
- сварочное оборудование импортного производства.

Периодическая аттестация у производителя (поставщика) и потребителя сварочного оборудования осуществляется каждые 3 года.

Периодическую аттестацию сварочного оборудования потребителя, применяемого при изготовлении, реконструкции, монтаже и ремонте

технических устройств для опасных производственных объектов, проводят до выработки сварочным оборудованием срока эксплуатации, установленного технической документацией (с учетом результатов проведенного диагностирования в целях продления срока действия его применения). Сварочное оборудование, выработавшее установленный технической документацией срок эксплуатации и не прошедшее техническое диагностирование, должно быть выведено из эксплуатации. Если в технической документации не указан срок эксплуатации сварочного оборудования, срок его эксплуатации определяется по технической документации аналогичного сварочного оборудования.

Дополнительную аттестацию проходит сварочное оборудование, прошедшее первичную аттестацию, в случаях:

- расширения области использования на другие группы технических устройств для опасных производственных объектов;
- расширения области применения для других способов сварки;
- при введении в действие новых или внесении изменений в действующие нормативные документы, связанных с дополнительными требованиями к применяемому сварочному оборудованию.

Внеочередную аттестацию сварочного оборудования у производителя проводят в случае поступления в Госгортехнадзор России или НАКС обоснованных рекламаций на аттестованное сварочное оборудование.

Процедура аттестации сварочного оборудования включает в себя проведение специальных и практических испытаний.

Специальные испытания заключаются в проверке соответствия сварочного оборудования паспортным данным и требованиям нормативной документации в соответствии с группой технических устройств и состоят из трех этапов:

1-й этап — проверка комплектности и основных технических характеристик сварочного оборудования на соответствие паспортным

данным и требованиям ГОСТ на соответствующий вид сварочного оборудования;

2-й этап — проверка соответствия сварочного оборудования требованиям инструкции по безопасной эксплуатации и охране труда, приведенной в Паспорте сварочного оборудования, и проверка соответствия технических характеристик сварочного оборудования требованиям нормативной документации, используемой при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции определенных групп опасных технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах.

3-й этап — проверка электрических, механических и пневмо-гидравлических систем сварочного оборудования на соответствие данным, приведенным в паспорте.

Практические испытания сварочного оборудования заключаются в оценке показателей сварочных свойств сварочного оборудования и проводятся на контрольных сварных соединениях для определенного вида сварки с оценкой качества контрольных сварных соединений методом неразрушающего контроля.

Таблица 1.1 – Порядок проведения аттестационных испытаний для производителя (СОпр) и потребителя (СОпо) сварочного оборудования

Вид аттестации	Специальные испытания						Практические испытания	
	1-й этап		2-й этап		3-й этап			
	СОпр	СОпо	СОпр	СОпо	СОпр	СОпо	СОпр	СОпо
Первичная	+	+	+	+	+	-	+	+
Периодическая	+	+	+	-	+	+	+	+
Дополнительная	+	+	+	-	+	+	+	+
Внеочередная	+	+	+	-	+	+	+	+

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе была поставлена цель – исследование сварочных свойств универсальной инверторной установки

TIG-200P AC/DC, которые позволят расширить области ее применения в промышленности.

Как показывают результаты работы [11], которые легли в основу разработки нормативной документации по аттестации сварочного оборудования и сварочных технологий, аттестация сварочного оборудования и технологий должна выполняться на принципах независимости и системности, при этом следует соблюдать приоритетность требований органов технического надзора. В основе аттестации и сертификации должен лежать опыт, который был накоплен в промышленности и ведущих научных центрах. В Российской Федерации введён объектно-ориентированный подход к сертификации и аттестации, т.е. эти мероприятия для производителя стали обязательными.

Проведение испытаний предполагается выполнять по программе аттестационных испытаний для сварочного оборудования согласно [12].

Таким образом, на основании проведённого анализа состояния вопроса можно сформулировать задачи, последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) Составить программу испытаний установки аргодуговой сварки типа BRIMA TIG-200P AC/DC;
- 2) Составить методику исследования технологических характеристик установки типа BRIMA TIG-200P AC/DC в различных режимах сварки;
- 3) Провести специальные и практические испытания установки типа BRIMA TIG-200P AC/DC.

2 Аттестационные испытания сварочной установки типа BRIMA TIG-200P AC/DC

2.1 Программа испытаний сварочной установки

На **первом этапе** специальных испытаний выполняется проверка документации и комплектности представленного на испытания сварочной установки. Если необходимая документация будет отсутствовать, или комплектация установки будет неполной, дальнейшая аттестация не производится.

Заказчиком в аттестационный пункт предоставляются следующие документы:

- 1) Заявка на аттестацию.
- 2) Паспорт завода-изготовителя, в котором должна быть указана следующая информация: назначение и параметры технической характеристики сварочной установки, состав изделия, принцип действия и электрическая схема, меры безопасности при работе на сварочной установке, возможные неисправности и методы их устранения;
- 3) Данные по условиям эксплуатации. Сварочная установка BRIMA TIG-200P AC/DC предназначена для эксплуатации в закрытых помещениях. Способы сварки – ручная дуговая сварка покрытыми электродами и ручная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом. Потребители сварочного оборудования предоставляют также технологические карты с указанием выполняемых сварных соединений и список аттестованного обслуживающего персонала.
- 4) От заказчика дополнительно могут быть затребованы следующие материалы:
 - свидетельства о проверке средств измерения;
 - состояние вспомогательных инструментов;
 - график ремонта сварочного оборудования;

- журнал осмотра и ремонта сварочного оборудования.

В комплект сварочной установки BRIMA TIG-200P AC/DC входят:

- 1) непосредственно аргодуговая установка;
- 2) аргодуговая горелка;
- 3) клемма заземления с кабелем;
- 4) вставка для кабеля электрододержателя;
- 5) кабель сетевой;
- 6) паспорт;
- 7) картонная упаковка.

На **втором этапе** специальных испытаний выполняется проверка соответствия сварочного оборудования инструкции по безопасной эксплуатации и охране труда, которая должна быть приведена в паспорте на сварочную установку. Также на этом этапе проверяется выполнение требований нормативной документации Госгортехнадзора России.

Применительно к испытаниям установки аргодуговой сварки типа BRIMA TIG-200P AC/DC следует проверять соблюдение требований согласно пунктов РД 03-614-03 [12]:

- Размещение сварочного оборудования, а также расположение и конструкция его узлов и механизмов должны обеспечивать безопасный и свободный доступ к нему (пункт 2.2.1);
- Все сварочное оборудование, предназначенное для сварки в особо опасных условиях (внутри металлических емкостей, в колодцах, туннелях, при наружных работах, в котлах), должно быть оснащено блоком БУ6 (ограничения напряжения холостого хода) до напряжения 12 В с выдержкой времени срабатывания не более 0,6 с (пункт 2.2.2);
- Длина первичной цепи между пунктом питания и передвижной установкой сварочного оборудования не должна превышать 10 м, нарушение изоляции не допускается (пункт 2.2.3);
- В качестве обратного провода должны служить гибкие сварочные кабели. Использование в качестве обратного провода сети заземления,

- металлических строительных конструкций зданий, коммуникаций и несварочного технологического оборудования запрещается (пункт 2.2.4);
- Узлы сварочного оборудования, содержащие силовые конденсаторы, должны иметь устройства для автоматической разрядки конденсаторов (пункт 2.2.5);
 - Сварочное оборудование должно быть защищено отключающими предохранителями или автоматами со стороны питающей сети и соответствовать требованиям ПУЭ (пункт 2.2.6);
 - Сварочное оборудование, эксплуатируемое на открытом воздухе, должно быть в брызгопылезащищенном исполнении (пункт 2.2.7);
 - На органах управления сварочного оборудования должны быть чёткие надписи или условные знаки, указывающие на функциональное назначение. Все органы управления сварочного оборудования должны иметь надежные фиксаторы, исключающие самопроизвольное или случайное их включение (пункт 2.2.9);
 - Штепсельные соединения проводов для включения в сеть переносных пультов управления сварочного оборудования должны иметь заземляющие контакты (пункт 2.2.10);
 - Корпус любого сварочного оборудования необходимо надежно заземлять. Для присоединения заземляющего провода должен быть предусмотрен болт диаметром 5...8 мм, расположенный в доступном месте с надписью «Земля». Последовательное заземление нескольких сварочных источников запрещается (пункт 2.2.11);
 - Закрепление газоподводящих шлангов на присоединительных ниппелях аппаратуры, горелок и редукторов должно быть надежным и выполнено с помощью хомутов. На ниппели водяных затворов шланги должны плотно надеваться, но не закрепляться (пункт 2.2.13).

На **третьем этапе** специальных испытаний выполняется проверка технических характеристик сварочной установки BRIMA TIG-200P AC/DC (табл. 2.2).

Таблица 2.2 – Контролируемые параметры сварочной установки BRIMA TIG-200P AC/DC

Наименование контролируемого параметра	Пункт методики испытания по РД 03-614-03 [12]	Инструмент и приборы	Значение параметра по паспорту
Номинальный сварочный ток, А	2.4.1	АТК-2200	200
Пределы регулирования сварочного тока и параметров импульса, А, с	2.4.2	АТК-2200	20...200
Напряжение питающей сети, В	2.4.3	АТК-2200	220±10 %
Частота питающей сети, Гц	2.4.3	АТК-2200	50
Напряжение холостого хода, В	2.4.4	АТК-2200	56
Режим работы, ПН%, ПВ%	2.4.5	Секундомер	ПН=60 %
Вид внешней статической характеристики	2.4.6	Вольтметр, амперметр, шунт измерительный	Падающая

Для проведения измерений используются клещи токовые многофункциональные АТК-2200 (рис. 2.1), позволяющие переменное напряжение (0,1...600 В) и частоту (10...400 Гц), постоянное напряжение (0,1...800 В), силу переменного и постоянного тока (0,1...2000 А), активную, реактивную и полную мощность (0,01...2000 кВт).

На **четвёртом этапе** проходят практические испытания. Практические испытания выполняются на контрольных сварных соединениях, соответствующих заявленной области. При практических испытаниях оцениваются показатели сварочных свойств оборудования.



Рисунок 2.1 – Клещи токовые многофункциональные ATK-2200

Оценку показателей сварочных свойств оборудования выполняют с бальной оценкой по дифференциальному методу согласно РД 03-614-03, способ сварки РД и РАД.

Сварку контрольных соединений и оценку их качества выполнять в соответствии с картой технологического процесса сварки и нормативной документации. Применяемая методика контроля – визуально-измерительный согласно РД 03-606-03.

2.2 Методика построения вольтамперной характеристики

Эффективность дуговой сварки во многом определяется от статических и динамических характеристиками источника питания. Поэтому вид внешней характеристики источника питания является основным критерием его выбора. При аттестации сварочного оборудования необходимо решать задачу определения статических характеристик источников питания, при этом соответствие источника определяется по внешнему виду вольтамперной характеристики.

Семейство внешних статических характеристик оборудования может быть определено либо с применением балластных реостатов, либо специальных программируемых нагрузочных устройств (рис. 2.2) [12].

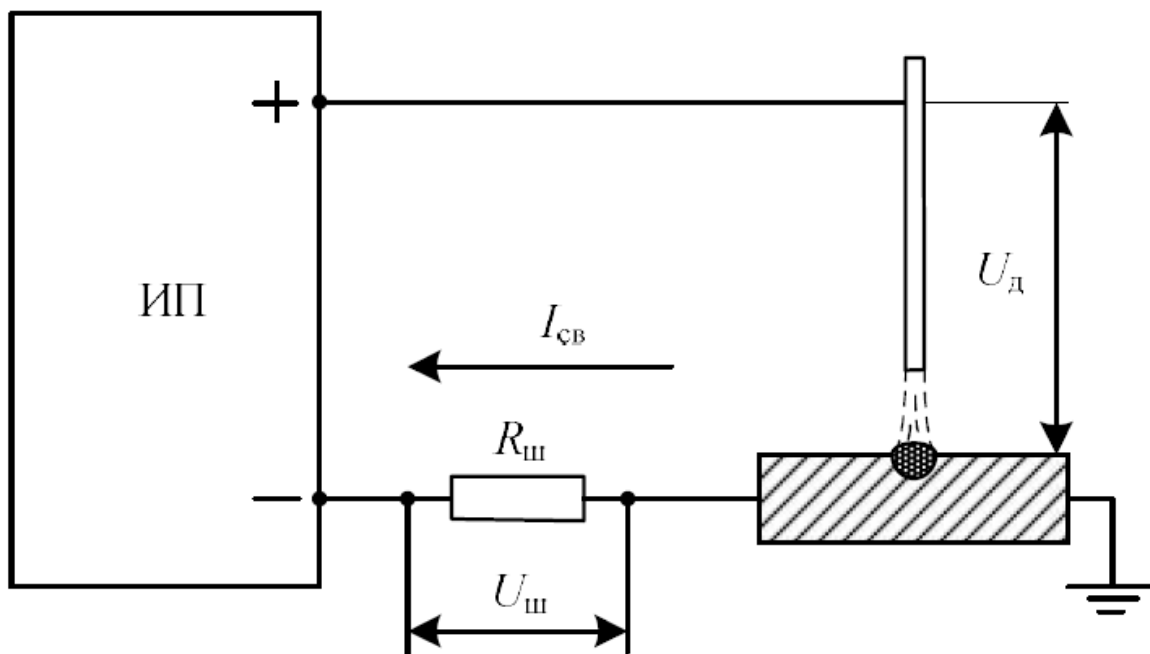
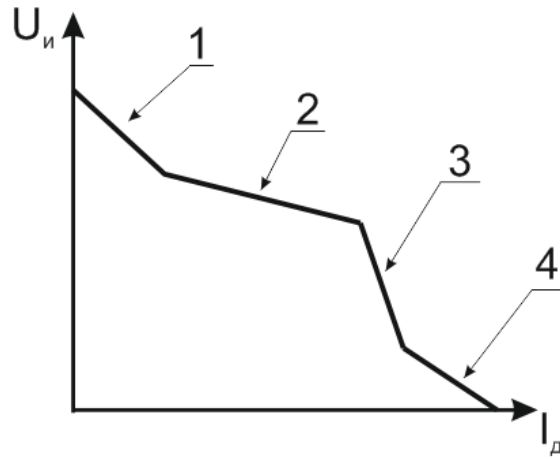


Рисунок 2.2 – Структурная схема измерения вольтамперной характеристики сварочного источника питания (ИП)

Внешняя вольтамперная характеристика инверторного источника питания несколько отличается по виду от характеристик, полученных для сварочных трансформаторов и выпрямителей. Внешние ВАХ входного выпрямителя (первого выпрямительного блока инвертора) можно считать жёсткими, как и у большинства сварочных выпрямителей. Однако внешняя ВАХ всего инверторного источника является комбинированной и представляет собой набор ломанных линий (рис. 2.3), характеристики наклона которых определяются алгоритмом и настройками управления инверторного источника.

Первый круто падающий участок (отрезок 1) позволяет поучать повышенное напряжение холостого хода, что облегчает зажигание сварочной дуги. Полого падающий участок ВАХ (отрезок 2) позволяет использовать

саморегулирование процесса горения дуги. Второй круто падающий участок (отрезок 3) предотвращает прожоги благодаря ограничению силы сварочного тока. Второй полого падающий участок (отрезок 4) задаёт силу тока короткого замыкания.



1...4 – участки комбинированной ВАХ

Рисунок 2.3 – Внешняя вольтамперная характеристика инверторного источника питания

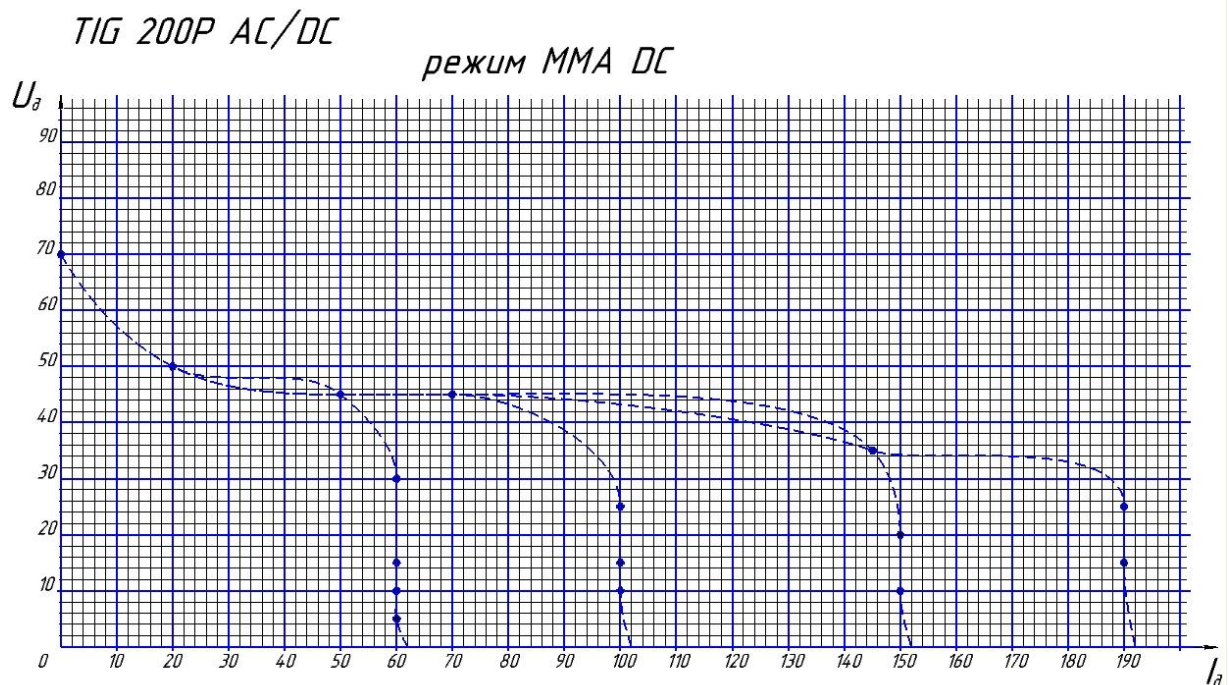


Рисунок 2.4 – Внешние ВАХ установки BRIMA TIG-200P AC/DC

2.3 Методика проведения практических испытаний

Практические испытания заключаются в оценке показателей сварочных свойств сварочного оборудования по ГОСТ в соответствии со способом сварки и типом оборудования. Сварка выполняется на контрольных сварных соединениях (КСС), соответствующих заявленной области аттестации.

Для проведения практических испытаний будет использован стенд (рис. 2.5), в который входит: сварочный источник питания, держак для электродов и осциллограф (предназначен для замера формы тока).

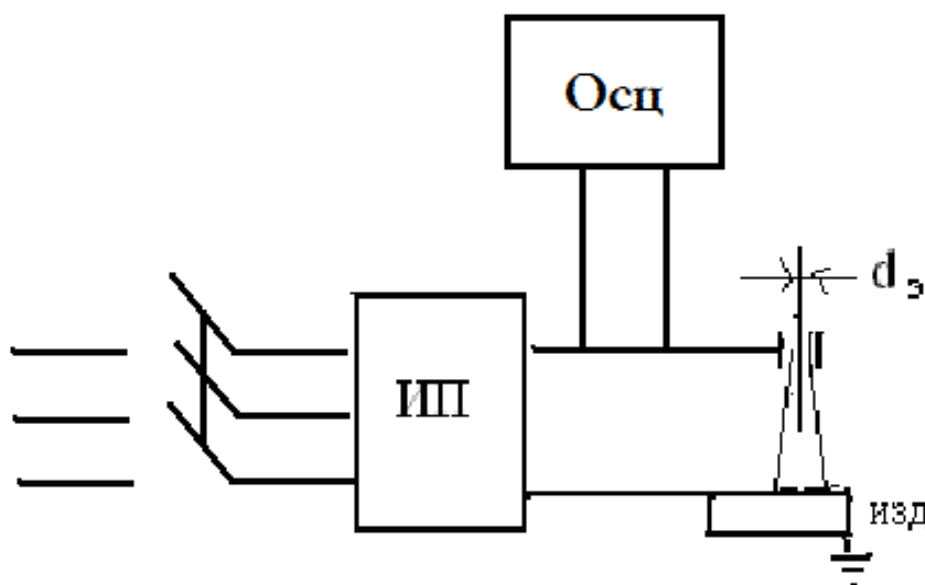


Рисунок 2.5 – Схема стенда для проведения практических испытаний

Практические испытания выполняются на образцах из стали Ст3 и 09Г2С толщиной 2 мм. Применялись электроды LB-52и диаметром 2,6 и 4 мм.

Оценка качества контрольных сварных соединений для всех видов сварочного оборудования осуществляется с помощью визуально-измерительного контроля (ВИК) с использованием лупы 4...7-кратного увеличения у других средств ВИК. Методика проведения и нормы оценки контроля должны быть указаны в программе аттестации со ссылкой на соответствующие нормативные документы.

Дифференциальным методом (табл. 2.3) для каждого из контрольных сварных соединений оценивают: начальное зажигание дуги; стабильность процесса сварки; разбрызгивание металла; качество формирования шва; эластичность дуги.

Выставление экспертных оценок в баллах от 1 до 5 производится членами аттестационной комиссии в количестве не менее 3 человек. Затем определяется средний балл по каждому показателю сварочных свойств сварочного оборудования.

Сварочное оборудование считается прошедшим аттестацию, если средний балл по каждому показателю сварочных свойств сварочного оборудования окажется не менее 4 баллов.

В пределах от 2 до 5 баллов допускаются оценки с интервалом в 0,5 балла.

Таблица 2.3 – Показатели сварочных свойств сварочного оборудования для дуговой сварки по дифференциальному методу

Показатель сварочных свойств	Оценка в баллах	Краткая характеристика показателя
1	2	3
Начальное зажигание дуги	1	Плохое. Редкое зажигание или отсутствие зажигания
	2	Трудное. Зажигание после многократных соприкосновений электрода с изделием и привариванием электрода
	3	Удовлетворительное. Зажигание после нескольких (трёх, четырёх) соприкосновений электрода с изделием
	4	Хорошее. Зажигание после лёгкого движения электрода по металлу
	5	Лёгкое. Зажигание сразу после прикосновения электрода к изделию
Стабильность процесса сварки	1	Плохая. Неустойчивое горение дуги с частыми обрывами.
	2	Низкая. Неравномерно горящая, вибрирующая дуга с редкими обрывами
	3	Удовлетворительная. Неравномерно горящая, вибрирующая дуга без обрывов
	4	Хорошая. Равномерно горящая дуга с незначительной вибрацией и хрустящим шумом (треском)
	5	Высокая. Спокойно, равномерно горящая дуга без вибрации (мягкое шипение)

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3
Разбрызгивание металла	1	Очень большое. Очень много крупных, трудноудаляемых брызг вблизи шва
	2	Большое. Много крупных, трудноудаляемых брызг вблизи шва
	3	Повышенное. Умеренное количество крупных и мелких, легкоудаляемых брызг вблизи шва
	4	Умеренное. Мелкие брызги, равномерно распределённые вблизи шва
	5	Малое. Мало мелких брызг на поверхности образца
Качество формирования шва	1	Плохое. Валик неравномерный по ширине и высоте, крупночешуйчатый, с видимыми шлаковыми включениями и порами
	2	Низкое. Валик неравномерный по ширине и высоте, крупночешуйчатый
	3	Удовлетворительное. Валик крупночешуйчатый с отдельными неровностями по высоте и превышениями по кромкам шва
	4	Хорошее. Валик мелкочешуйчатый с редкими небольшими неровностями по высоте и небольшими превышениями по кромкам шва
	5	Очень хорошее. Валик равномерный, гладкий и мелкочешуйчатый с плавным переходом к основному металлу
Эластичность дуги	1	Плохая. При удлинении дуга сразу обрывается
	2	Низкая. Требуется постоянное поддержание короткой дуги, при незначительном удлинении дуга обрывается.
	3	Удовлетворительная. Дуга удлиняется до двойного диаметра электрода
	4	Хорошая. Дуга удлиняется до тройного диаметра стержня электрода, пространственное положение стабильно
	5	Высокая. Дуга удлиняется до тройного или более диаметра стержня электрода, пространственное положение отличается высокой стабильностью

Сварку выполняли на постоянном токе прямой полярности. Осциллограмма формы тока представлена на рисунке 2.6.

Экспериментально определили сварочные свойства инверторного источника питания TIG 200P AC/DC «Вrima» при выполнении ручной дуговой сварки штучными электродами. Установлено, что сварочный источник питания позволяет получить стабильно горящую дугу и формировать сварные швы высокого качества при строительстве металлических конструкций из углеродистых сталей. Определены

ориентировочные параметры системы «дуга-инвертор», обеспечивающие полномерные швы при сварке на постоянном токе (табл. 2.4).

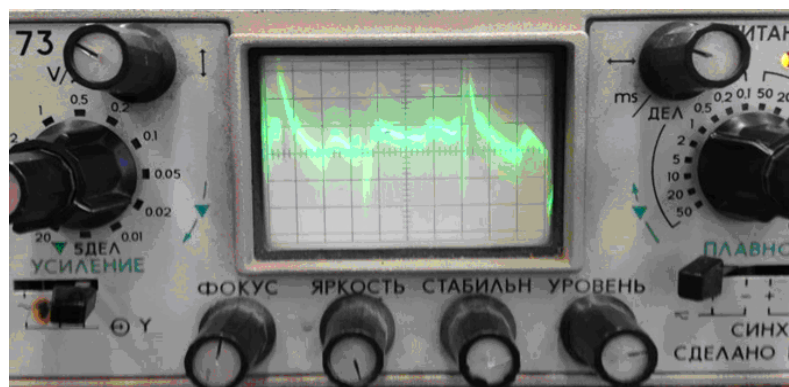


Рисунок 2.6 – Осциллограмма формы тока сварочной дуги

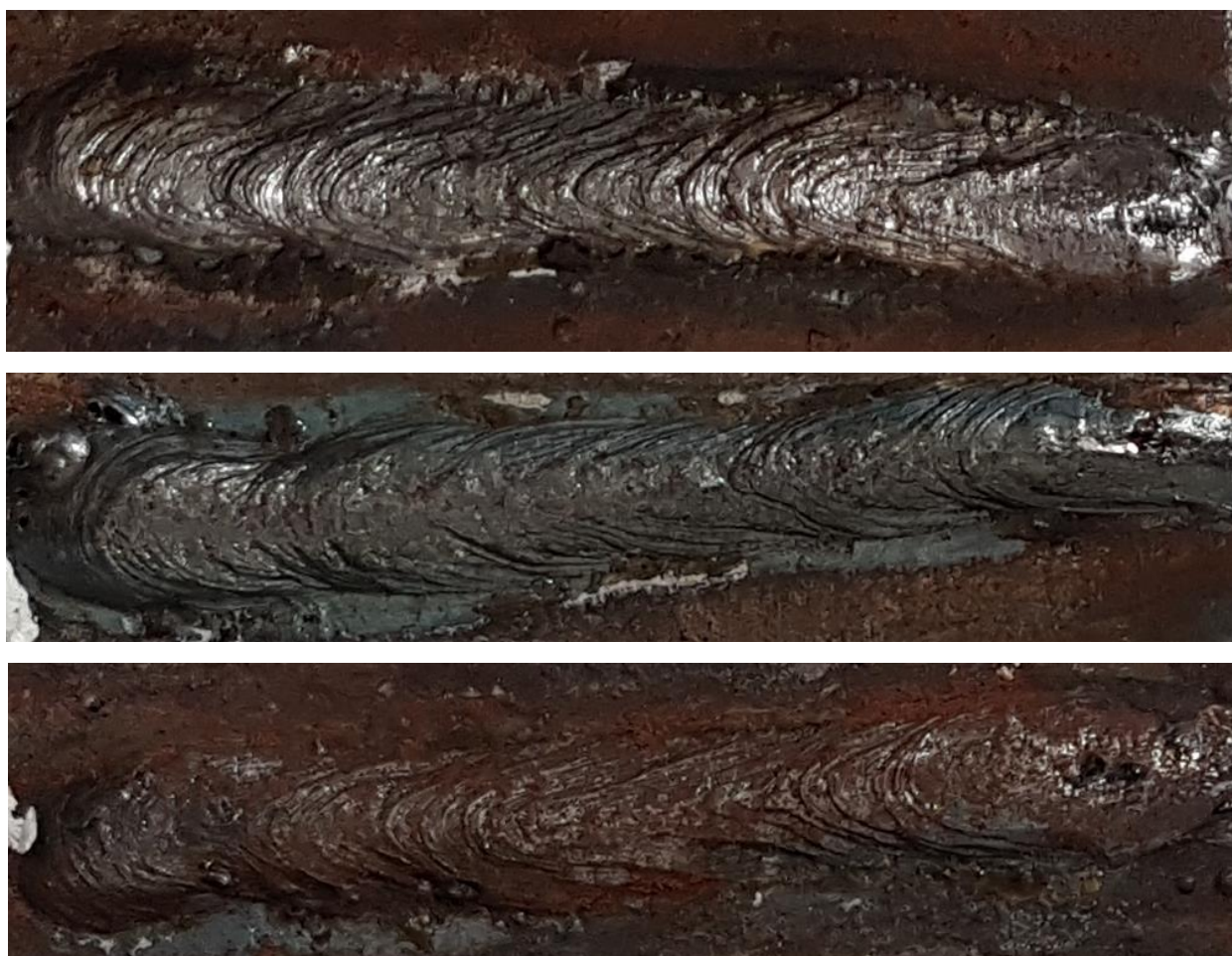


Рисунок 2.7 – Примеры экспериментальных наплавов

Таблица 2.4 – Ориентировочные параметры системы «дуга-инвертор», обеспечивающие полномерные швы при сварке на переменном токе прямоугольной формы

$d_{пр}$, мм	$U_{д}$, В	dU/dI , В/А	$V_{св}$, м/ч	$I_{д}$, А	Марка электрода
4.0	30	15	5,0	120-160	LB-52u

Заключение по второму разделу

Целью выпускной квалификационной работы является – исследование сварочных свойств универсальной инверторной установки TIG-200P AC/DC, которые позволят расширить области ее применения в промышленности.

На основании проведённого анализа состояния вопроса были сформулированы задачи, последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) Составить программу испытаний установки аргонодуговой сварки типа BRIMA TIG-200P AC/DC;
- 2) Составить методику исследования технологических характеристик установки типа BRIMA TIG-200P AC/DC в различных режимах сварки;
- 3) Провести специальные и практические испытания установки типа BRIMA TIG-200P AC/DC.

Решение поставленных задач позволило предложить и апробировать методику специальных и практических испытаний установки типа BRIMA TIG-200P AC/DC.

Таким образом, можно заключить, что поставленные задачи выполнены, однако необходимо произвести анализ предложенных технологических решений на предмет безопасности труда и экологической безопасности. Также следует выполнить оценку экономической эффективности предлагаемых технологических решений.

3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

3.1 Технологическая характеристика объекта

Выпускная квалификационная работа посвящена исследованию сварочных свойств универсальной инверторной установки TIG-200P AC/DC, которые позволят расширить области ее применения в промышленности.

Технология проведения практических испытаний предусматривает использование ручной дуговой сварки штучными электродами. При этом выполняются следующие операции: механическая резка и подготовка образцов, сборка образцов, сварка, выходной контроль.

В связи с этим следует выполнить анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, что позволит оценить безопасность проектной технологии и сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование выполняемых работ и операций проектного процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1	2	3	4
Механическая резка	Слесарь-сборщик	гильотинные ножницы НД 3312Б; машинка угловая шлифовальная	защитные перчатки; очки; чертилка; линейка; маркер по металлу
Сборка	Электросварщик	стол для сборки и сварки; струбцины; линейка металлическая; угольник	-

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
Сварка	Электросварщик	стол для сборки и сварки; струбцины; сварочный источник питания; печь для прокали электродов	Сварочные электроды
Выходной контроль	Дефектоскопист	Ультразвуковой дефектоскоп	масло

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемые в соответствии с проектной технологией работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющей угрозу негативного фактора
1	2	3
Механическая резка	<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 	Гильотинные ножницы
Сборка	<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 	Сборочное приспособление, струбцины

Продолжение таблицы 3.2

Сварка	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Стол для сборки и сварки; струбцины; сварочный источник питания; печь для проковки электродов
Выходной контроль	- ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Ультразвуковой дефектоскоп

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 3.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	2	3
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохранительная окраска, предупреждающие плакаты.	-
3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых труб до высоких температур	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
5. Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
6. Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварочных работ	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
7. Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка	Гильотинные ножницы, лентопильный станок, крюковый однобалочный кран, сборочное приспособление, струбины, полуавтомат, источник питания , формирователь импульсов	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 3.5 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

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

Таблица 3.6 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке сварки

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Наименование мероприятий	Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок
Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки изделия, контрольные операции.	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.7 – Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Сварка изделия	Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки, контрольные операции	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения.	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при горении дуги.
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

3.6 Заключение по разделу

В рамках выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы выполнялась выявление негативных факторов, сопровождающих предлагаемые технологические решения, и их оценка на предмет отрицательного влияния на рабочий персонал и окружающую среду.

Произведён поиск путей устранения или уменьшения опасных и вредных производственных факторов, установлено, что стандартные средства защиты позволяют достигнуть требуемого уровня безопасности и санитарии производства в условиях осуществления проектного технологического процесса.

В ходе анализа экологичности предложенных технических решений установлено, что проведение процесса сварки сопровождается ущербом окружающей среде. При этом негативное воздействие оказывается на воздушную среду (атмосферу), водную среду (гидросферу), так и на литосферу.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена исследованию сварочных свойств универсальной инверторной установки TIG-200P AC/DC, которые позволят расширить области ее применения в промышленности.

Аттестация источника питания TIG-200P AC/DC позволяет использовать его на ответственных объектах вместо устаревшего сварочного оборудования.

За счёт замены морально устаревшего источника питания предполагается получить снижение трудоемкости сварки и повышение качества сварочных швов.

Расчёт будем вести на примере технологии сварки технологического трубопровода диаметром 450 мм из стали 09Г2С толщиной стенки 16 мм.

Таблица 4.1 – Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		IV	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	150	150
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	Ксн	%	34	34
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	На	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	На.пл.	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	м ²	20	20
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	Цпл	Р/м ²	30000	30000
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	40000	60000
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	8	10
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,85
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Объём фонда времени, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы:

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

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

D_p – общее число рабочих дней в календарном году;

$D_{п}$ – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году;

$T_{п}$ – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день;

$K_{см}$ – количество рабочих смен.

После подстановки в формулу (4.1) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

Расчёт эффективного фонда времени работы сварочного оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам может быть определён с использованием формулы:

$$F_3 = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – процент планируемых потерь рабочего времени.

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_3 = 2209 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет штучного времени

Оценку штучного времени для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з}, \quad (4.3)$$

где $t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{МАШ}}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{ВСП}}$ – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ВСП}} = 10\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОБСЛ}} = 5\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОТЛ}} = 5\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{П-З}} = 1\%$ от $t_{\text{МАШ}}$.

После подстановки в формулу (4.3) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$t_{\text{шт.баз}} = 6,6 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 8 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 2,5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 3 \text{ ч.}$$

Расчёт годовой программы проведения сварочных работ согласно рассматриваемого технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним по формуле:

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

где $F_{\text{Э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время в часах, которое затрачивает работник на один стык трубопровода по базовому и проектному вариантам технологии;

После подстановки в формулу (4.4) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$\Pi_{\Gamma.\text{баз.}} = 2054/8 = 256 \text{ сварок за год};$$

$$\Pi_{\Gamma.\text{проектн.}} = 2054/3 = 668 \text{ сварок за год}.$$

Дальнейшие расчёты по определению экономической эффективности предлагаемых решений будем проводить исходя из годовой программы $\Pi_{\Gamma}=200$ сварок в год.

Требуемое в этом случае количество сварочного оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

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

где Π_{Γ} – годовая программа – принятое ранее количество стыков трубопровода, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$F_{\text{Э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

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

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$n_{\text{РАСЧ.Б}} = \frac{8 \cdot 200}{2054 \cdot 1,03} = 0,76$$

$$n_{\text{РАСЧ.ПР}} = \frac{3 \cdot 200}{2054 \cdot 1,03} = 0,28$$

На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

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

где $n_{\text{расч}}$ – полученное согласно (4.5) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$n_{пр}$ – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$K_{зб} = 0,76/1 = 0,76,$$

$$K_{зп} = 0,28/1 = 0,28.$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии сварки

При сварке технологических трубопроводов используются сварочные материалы. Технология сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки, для которой сварочным материалом являются штучные электроды. Затраты на сварочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{т-з}, \quad (4.7)$$

где C_m – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ;

$K_{т-з}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы.

При расчёте затрат на материалы следует учесть что базовый вариант технологии сварки с применением устаревшего источника питания сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью их исправления. В проектном варианте технологии предложено использовать современный источник питания. В результате предлагаемых мероприятий

проектная технология позволит получать сварные соединения без дефектов. Таким образом, массу наплавленного металла при сварке базовой технологии следует взять больше, чем массу наплавленного металла при сварке по проектной технологии. После подстановки в формулу (4.7) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$M_{\text{баз.}} = 400 \cdot 5 \cdot 1,05 = 2100 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{проектн.}} = (200 \cdot 4 + 7,5 \cdot 300) \cdot 1,05 = 3203 \text{ руб.}$$

Объем фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$.

Объем $Z_{\text{осн}}$ основной заработной платы определим расчетным путем с использованием формулы:

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

где $C_{\text{ч}}$ – утверждённая часовая тарифная ставка работника;

$K_{\text{д}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате.

После подстановки в формулу (4.8) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 8 \cdot 150 \cdot 1,88 = 2256 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 3 \cdot 150 \cdot 1,88 = 846 \text{ руб.}$$

Объем $Z_{\text{доп}}$ дополнительной заработной платы определим расчетным путем с использованием формулы:

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

где $K_{\text{доп}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы

После подстановки в формулу (4.9) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 2256 \cdot 12 / 100 = 271 \text{ рублей};$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 846 \cdot 12 / 100 = 102 \text{ рублей};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 2256 + 271 = 2527 \text{ рублей};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 846 + 102 = 948 \text{ рублей}.$$

Объём $O_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $K_{\text{сн}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды.

После подстановки в формулу (4.10) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$O_{\text{сбаз.}} = 2527 \cdot 34 / 100 = 859 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{спроектн.}} = 948 \cdot 34 / 100 = 322 \text{ руб.}$$

Объём $Z_{\text{об}}$ финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $A_{об}$ – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$P_{э-э}$ – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

Финансовые потери на амортизацию оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100} \quad (2.12)$$

где $Ц_{об}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

N_a – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

$t_{МАШ}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$F_э$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.12) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\dot{A}_{iá} \cdot á = \frac{40000 \cdot 21,5 \cdot 8}{2054 \cdot 100} = 33 \text{рублей}$$

$$\dot{A}_{iá} \cdot ð = \frac{60000 \cdot 21,5 \cdot 3}{2054 \cdot 100} = 19 \text{рублей}$$

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $M_{\text{уст}}$ – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$C_{\text{э-э}}$ – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса

После подстановки в формулу (4.13) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{\text{э-эб}} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 3,02}{0,7} = 276 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{э-эпр}} = \frac{10 \cdot 3 \cdot 3,02}{0,85} = 107 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{оббаз.}} = 33 + 276 = 309 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{обпроектн.}} = 19 + 107 = 126 \text{ рублей}$$

Значение $C_{\text{тех}}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \text{ФЗП} + \text{Осс} + Z_{\text{об}} \quad (4.14)$$

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 2100 + 2527 + 859 + 309 = 5795 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 3203 + 948 + 322 + 126 = 4599 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.15)$$

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.15) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 5795 + 1,5 \cdot 2256 = 5795 + 3384 = 9179 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 4599 + 1,5 \cdot 846 = 4599 + 1269 = 5868 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{зав}}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.16)$$

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.16) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 9179 + 1,15 \cdot 2256 = 9179 + 2594 = 11773 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 5868 + 1,15 \cdot 846 = 5868 + 972 = 6840 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу (табл. 4.2)

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. Затраты на материалы	М	2100	3203
2. Объем фонда заработной платы	ФЗП	2527	948
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	859	322
4. Объем финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	309	126
5. Величина технологической себестоимости	Стех	5795	4599
6. Объем цеховых расходов	Рцех	3384	1269
7. Величина цеховой себестоимости	Сцех	9179	5868
8. Объем заводских расходов	Рзав	2594	972
9. Величина заводской себестоимости	С _{ЗАВ}	11773	6840

4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

Значение $K_{\text{общ}}$ капитальных затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot Ц_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{\text{З.Б.}}, \quad (4.17)$$

где $K_{\text{з}}$ – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

$Ц_{\text{ОБ.Б}}$ –остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования;

n – ранее полученное количество единиц технологического оборудования, для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам.

Величину $\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}}$ остаточной стоимости технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}} = \text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} - (\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_{\text{А}} / 100), \quad (4.18)$$

где $\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}}$ – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

$T_{\text{СЛ}}$ – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту;

$N_{\text{А}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию.

После подстановки в формулу (4.17) и (4.18) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Баз.}} = 40000 - (40000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 14200 \text{ рублей}$$

$$\text{К}_{\text{ОБЦБаз.}} = 1 \cdot 14200 \cdot 0,76 = 10800 \text{ рублей}$$

Величину $\text{К}_{\text{ОБЦ.ПР}}$ общих капитальных затрат для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{К}_{\text{ОБЦ.ПР}} = \text{К}_{\text{ОБ.ПР}} + \text{К}_{\text{П.ПР}} + \text{К}_{\text{СОП.ПР}}, \quad (4.19)$$

где $\text{К}_{\text{ОБ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$K_{ПЛ.ПР}$ – расчётный объём капитальных вложений в производственные площади, задействованные для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$K_{СОП.ПР}$ – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии.

Объём $K_{ОБ.ПР}$ капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{ОБ.ПР} = Ц_{ОБПР} \cdot K_{Т-З} \cdot K_{ЗБ}. \quad (4.20)$$

После подстановки в формулу (2.20) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{ОБ.ПР} = 60000 \cdot 1,05 \cdot 0,28 = 17600 \text{ руб.}$$

Объём $K_{СОП}$ сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{СОП} = K_{ДЕМ} + K_{МОНТ}, \quad (4.21)$$

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

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

Затраты $K_{\text{ДЕМ}}$ на демонтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДЕМ}} = Ц_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}}, \quad (4.22)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж.

После подстановки в формулу (4.22) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 40000 \cdot 0,05 = 2000 \text{ руб.}$$

Затраты $K_{\text{МОН}}$ на монтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по проектному варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{МОНТ}} = Ц_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.23)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж.

После подстановки в формулу (4.23) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{МОНТ}} = 60000 \cdot 0,05 = 3000 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.21) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{СОП}} = 2000 + 3000 = 5000 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.19) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = 17600 + 5000 = 22600 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{ДОП}}$ дополнительных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩ.ПР}} - K_{\text{ОБЩ.Б.}} \quad (4.24)$$

После подстановки в формулу (4.24) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДОП}} = 22600 - 10800 = 11800 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{УД}}$ удельных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{УД}} = \frac{K_{\text{ОБЩ.}}}{\Pi_{\Gamma}}, \quad (4.25)$$

где Π_{Γ} – принятое значение годовой программы.

После подстановки в формулу (4.25) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{УДБаз.}} = 10800/200 = 54 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{УДПроектн.}} = 22600/200 = 113 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчётное определение показателей экономической и эффективности предлагаемых решений

Снижение Δt трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% . \quad (4.26)$$

После подстановки в формулу (4.26) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{8-3}{8} \cdot 100\% = 63\%$$

Повышение Π_T производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} . \quad (4.27)$$

После подстановки в формулу (4.27) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 63}{100 - 63} = 233\%$$

Снижение $\Delta C_{\text{ТЕХ}}$ технологической себестоимости труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

После подстановки в формулу (4.28) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta \tilde{N}_{\text{а\ddot{o}}} = \frac{5795 - 4599}{5795} \cdot 100\% = 21\%$$

Условно-годовую экономию $\text{Пр}_{\text{ож}}$ (ожидаемую прибыль) при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \mathcal{E}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \text{П}_{\Gamma} \quad (4.29)$$

После подстановки в формулу (4.29) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\mathcal{E}_{\text{у.г.}} = (11773 - 6840) \cdot 200 = 986600 \text{ руб.}$$

Срок $T_{\text{ок}}$ окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\mathcal{E}_{\text{уГ}}} \quad (4.30)$$

После подстановки в формулу (4.30) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\dot{O}_{i \hat{E}} = \frac{11800}{98660} = 0,1$$

Годовой экономический эффект \mathcal{E}_r в сфере при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_{уг} - E_n \cdot K_{доп} \quad (4.31)$$

После подстановки в формулу (4.31) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\mathcal{E}_r = 986600 - 0,33 \cdot 11800 = 982700 \text{ руб.}$$

Заключение по экономическому разделу

Базовый вариант технологии сварки технологического трубопровода с применением устаревших источников питания сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью переварки сварного соединения. В проектном варианте технологии предложено использовать современный источник питания. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать сварные соединения без дефектов.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность предлагаемых решений: уменьшается трудоёмкость на 63 %, увеличивается производительность труда на 233 %, уменьшается технологическая себестоимость на 21 %. Внедрение предлагаемых решений в производство позволяет получить условно-годовую экономию в размере 1,0 млн. рублей.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 0,98 млн. рублей. Затраты на капитальные вложения, которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены за 0,1 года.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о высокой эффективности предложенных решений, которые должны быть внедрены в производство.

Заключение

Целью выпускной квалификационной работы является – исследование сварочных свойств универсальной инверторной установки TIG-200P AC/DC, которые позволят расширить области ее применения в промышленности.

На основании проведённого анализа состояния вопроса были сформулированы задачи:

- 1) Составить программу испытаний установки аргодуговой сварки типа BRIMA TIG-200P AC/DC;
- 2) Составить методику исследования технологических характеристик установки типа BRIMA TIG-200P AC/DC в различных режимах сварки;
- 3) Провести специальные и практические испытания установки типа BRIMA TIG-200P AC/DC.

Решение поставленных задач позволило предложить и апробировать методику специальных и практических испытаний установки типа BRIMA TIG-200P AC/DC.

Выполнен анализ проектной технологии ремонтной сварки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Аттестация источника питания TIG-200P AC/DC позволяет использовать его на ответственных объектах вместо устаревшего сварочного оборудования. За счёт замены морально устаревшего источника питания предполагается получить снижение трудоемкости сварки и повышение качества сварочных швов. Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 0,98 млн. рублей.

С учётом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что поставленная цель выпускной квалификационной работы достигнута.

Результаты работы предлагаются к применению при проведении аттестации сварочного оборудования.

Список используемой литературы

1. Лесков, Г.И. Электрическая сварочная дуга / Г.И. Лесков. – М.: Машиностроение, 1970. – 335 с.
2. Оборудование для дуговой сварки: справ. пособие / С.М. Белинский, А.Ф. Гарбуль, В.Г. Гусаковский [и др.]; под ред. В.В. Смирнова. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 656 с.
3. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением; под ред. Б.Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. – 768 с.
4. Дыменко В. В. Повышение стабильности процесса и расширение технологических возможностей сварки переменным током плавящимся электродом: дис. ... канд. техн. наук / В.В. Дыменко. – К.: 1985. – 277 с.
5. Сварочные источники питания с импульсной стабилизацией горения дуги / Б.Е. Патон, И.И. Заруба, В.В. Дыменко [и др.]. – К.: Екотехнологія, 2007. – 218 с.
6. Махлин, М.Н. Совершенствование сварочных источников питания для повышения устойчивости горения дуги переменного тока / Н.М. Махлин // Автоматическая сварка. – 2016. – № 8. – С. 47–57.
7. Махлин, М.Н. Совершенствование сварочных источников питания для повышения устойчивости горения дуги переменного тока / Н.М. Махлин // Автоматическая сварка. – 2016. – № 8. – С. 47–57.
8. Перковский Р.А. Разработка физико-математических моделей и микропроцессорных систем контроля и управления процессом аргонодуговой сварки тонкостенных изделий ответственного назначения: дис. ... канд. техн. наук / Р.А. Перковский. – М.: 2010. – 139 с.
9. Гиридхаран, П.К. Связь параметров процесса импульсной дуговой сварки с геометрией наплавленного валика на сталь AISI 304L / П.К. Гиридхаран, Н. Муруган // Автоматическая сварка. – 2007. – № 4. – С. 11–18.

10. Демченко, В.Ф. Действующие значения электродинамических характеристик процесса сварки неплавящимся электродом с импульсной модуляцией тока дуги / В.Ф. Демченко, У. Бои, И.В. Кривцун, И.В. Шуба // Автоматическая сварка. – 2017. – № 8. – С. 3–14.

11. Прилуцкий, А.И. Разработка нормативно-технического, методического и организационного обеспечения повышения качества сварочного производства : дис. ... канд. техн. наук / А.И. Прилуцкий. – М.: 2004. – 201 с.

12. РД 03-614-03 «Порядок применения сварочного оборудования при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов»

13. DeRuntz, B. D. Surface Tension Transfer welding in manufacturing. Selected Paper presented at the National Association of Industrial Technology Conference, Detroit Michigan, 2001. – P. 20–26.

14. Алешин, Н.П. Контроль качества сварочных работ / Н.П. Алёшин, В.Г Щербинский – М.: Высшая школа, 1986. – 207 с.

15. Волченко, В.Н. Контроль качества сварных конструкций / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1986. – 152 с.

16. 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, 1979. – 462 с.

17. ГОСТ 9466-75 - Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия. Введ. 01.01.1976. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 42 с.

18. Lebedev V.A. Application of mechanical oscillations with controllable parameters for improvement of arc mechanized and automatic arc welding and surfacing using consumable electrode / V.A. Lebedev, S.Yu. Maksimov // Doc.XII-2082-12, Draft Agenda Commission XII «Arc Welding Processes and Production Systems» July 9-11, 2012, Denver, USA.

19. Потапьевский, А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов. Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
20. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
21. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТГУ, 2000. – 68 с.
22. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
23. 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.