

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технология сварки дополнительных деталей для тюнинга автомобилей»

Студент

А.А. Чайковский

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.В. Ельцов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

О.М. Сярдова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

П.А. Корчагин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

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

(личная подпись)

« » 20 г.

АННОТАЦИЯ

Цель настоящей работы –. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Подобран способ контроля
2. Разработан технологический процесс контроля
3. Подобрано оборудование для реализации данного технологического процесса
4. Предусмотрены мероприятия для защиты жизни и здоровья производственного персонала.
5. Произведена экономическая оценка мероприятий технического характера, разработанных в проекте.

Пояснительная записка содержит 56 стр., 10 рисунков, _11_ таблиц.

Для повышения эффективности контроля сварных соединений газопроводов высокого давления диаметром менее 400 мм предложено. Анализ способов контроля показал, что наиболее эффективно для данного газопровода применение . Разработана технология контроля сварных соединений. Подобрано соответствующее оборудование.

Для защиты персонала от вредных факторов предложены соответствующие технические и организационные мероприятия.

Проведена экономическая оценка проекта.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	6
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации.....	6
1.2 Анализ свойств материала рамы	7
1.3 Анализ базового технологического процесса сварки рамы.....	10
1.4 Поиск путей устранения недостатков базовой технологии.....	12
1.4 Задачи бакалаврской работы.....	23
2 Разработка технологического процесса импульсной сварки	25
2.1 Параметры режима импульсной сварки	25
2.2 Проектный технологический процесс.....	26
3 Оборудование и приспособления	28
4 Безопасность и экологичность проекта.	29
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.	29
4.3. Мероприятия по уменьшению негативного действия профессиональных рисков	30
4.4. Мероприятия по пожарной безопасности участка сварки.....	31
4.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	33
Заключение по разделу	34
5 Экономическая эффективность проекта.....	36
5.1 Исходные данные для экономического обоснования	37
сравниваемых вариантов	37
5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....	38
5.3 Расчет затрат на новое оборудование	40

5.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений	52
Выводы по разделу.....	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	55

ВВЕДЕНИЕ

Единичное производство автомобилей, являющееся, в общем, нетипичным для автомобилестроения, в настоящее время приобретает все большую популярность. Это обусловлено необходимостью реализации потребностей сравнительно небольших групп населения в эксклюзивных по своим качествам автомобилях. На специализированных участках малыми сериями модернизируют модели серийных автомобилей. В данном случае, такая практика позволяет обслужить клиента со специфическими потребностями. Поэтому разработка технологий модернизации серийных автомобилей малыми партиями является актуальной.

Конечно, большинство узлов и деталей таких автомобилей, производимых малыми сериями используется от серийных автомобилей, однако некоторые узлы являются исключительными. Например рама крепления подвески автомобиля ВАЗ.

Она представляет собой сложную пространственную конструкцию и обеспечивает крепление деталей и узлов передней подвески и трансмиссии. Изготовлены детали рамы из стандартного металлопроката – трубы и листа. Для соединения деталей применяют процесс дуговой сварки. При этом сборка перед сваркой выполняется на универсальных сборочных приспособлениях. Данные технические решения реализуются на простом и недорогом оборудовании. Однако недостатком здесь является низкая производительность труда и низкое качество готового изделия.

Цель настоящей работы – экономия материальных ресурсов, повышение производительности и качества на операции сварки рамы крепления подвески.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Рама представляет собой сложную пространственную конструкцию. Ее габаритные размеры 870x1095x252 мм, рис. 1.1.

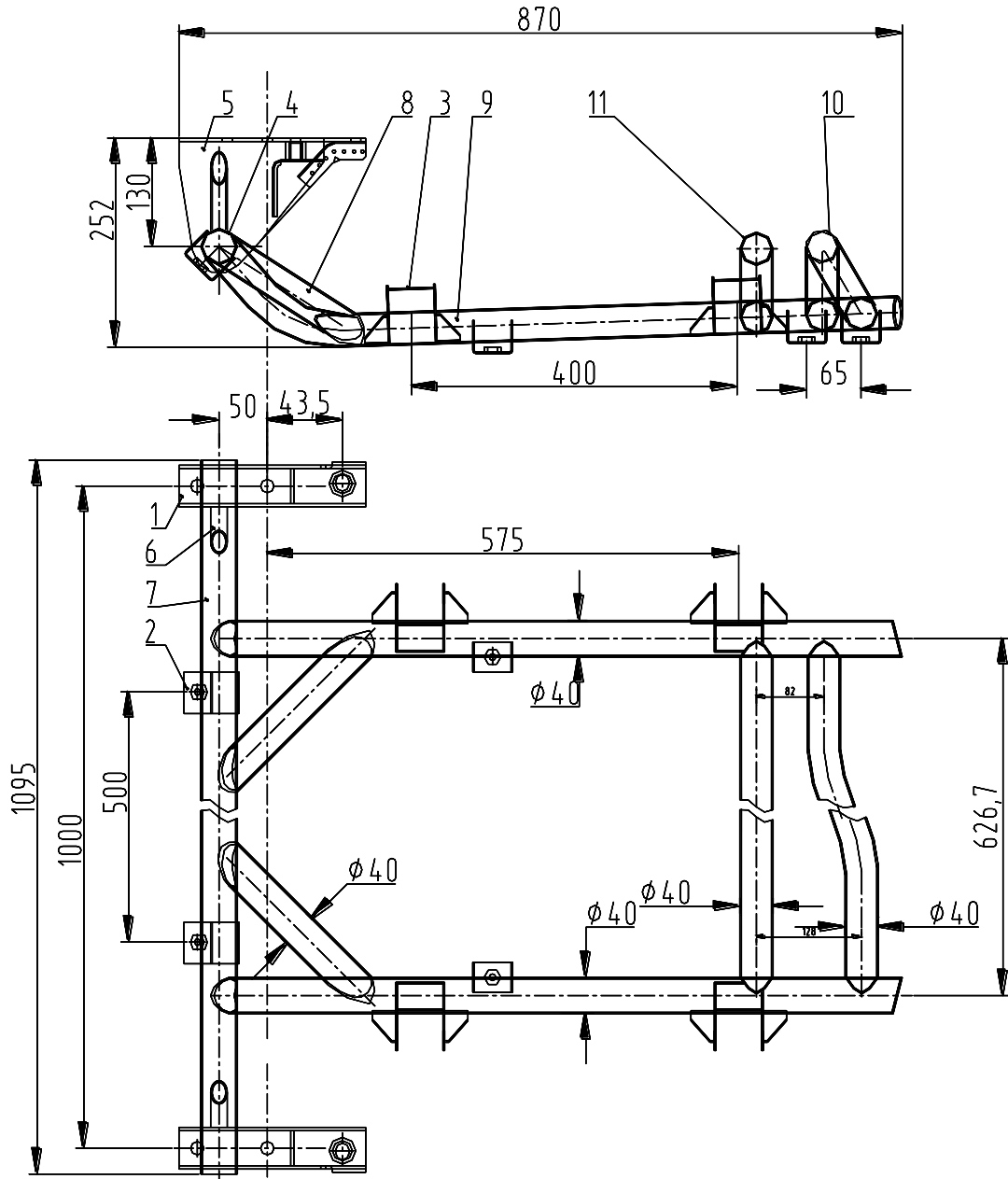


Рисунок 1.1 – Общий вид рамы

Общий вес рамы составляет 21 килограмм. Точность изготовления должна быть обеспечена в пределах ± 1 мм. Отверстия под болты крепления двигателя должны быть выполнены с точностью $\pm 0,5$ мм. Этот же размер должен быть обеспечен и при сварке рамы.

Рама состоит из следующих деталей и узлов: 1) кронштейн левый; 2) кронштейн передний; 3) надставка; 4) втулка; 5) кронштейн правый; 6) усилитель кронштейна; 7) труба поперечная; 8) усилитель; 9) труба продольная; 10) поперечина изогнутая; 11) поперечина прямая.

Диаметр трубы составляет 40 мм, толщина стенки 2 мм. Поперечины также изготовлены из трубы диаметром 40 мм. Кронштейны правый, левый, усилители, надставка выполнены из листового металла толщиной 2 мм.

Для изготовления кронштейнов усилителей и надставки предусмотрены операции гибки и резки.

Все детали соединены сваркой. В базовой технологии предусмотрена ручная дуговая сварка по ГОСТ 14771-76 проволокой Св08ГС. В конструкции представлен весь спектр соединений – тавровые, угловые, нахлесточные.

1.2 Анализ свойств материала рамы

Материал рамы – широко применяющаяся в автомобилестроении для изготовления кузовных деталей сталь 08кп.

Данная сталь содержит углерод в количестве 0,08%. Столь низкое содержание углерода обеспечивает стали высокие пластические свойства. Однако прочность данной стали сравнительно невелика, предел прочности 295 МПа, предел текучести 175 МПа. Кроме углерода в данной стали содержатся элементы-раскислители. Кремний в количестве до 0,03% и марганец в количестве 0,25-0,5%. Вредные примеси – сера содержится менее 0,04 и фосфор содержится менее 0,035%.

Для обоснованного выбора способа сварки, присадочных материалов и режимов сварки рамы необходима предварительная оценка свариваемости ее

материала. Для изготовления рамы конструктора предложили сталь 08кп широко применяемую в автомобилестроении.

Методикам оценки свариваемости посвящены как отечественные, ГОСТ 29273–92, так и зарубежные, ИСО 581–80, стандарты.

Следует отметить, что принципиальный подход в оценке свариваемости совпадает и в отечественных и зарубежных стандартах. Его основу составляет комплексность в подходе, а именно, свариваемость зависит от множества факторов. Выделяют следующие четыре фактора, от которых зависит свариваемость. Первый фактор – это материал, его химический состав и, соответственно, свойства. Вторым фактором – технология сварки. К третьему фактору относят тип сварной конструкции. И четвертым фактором – функциональное назначение конструкции.

Таким образом, заданный материал обладает свариваемостью, если при данном технологическом процессе сварки конструкции удастся получить соединение, которое отвечает техническим требованиям, предъявляемым к данному изделию.

Технические требования на данное изделие сформулированы в документации на его производство. Понятное дело, что разные сварные металлоконструкции эксплуатируются в разных условиях и требования к ним разные. Если из всего перечня эксплуатационных показателей, предъявляемых к сварной конструкции хотя бы один не достигается, при данном способе сварки, то материал не обладает свариваемостью. Однако применив другой способ сварки можно обеспечить достижение заданных значений всех эксплуатационных показателей, следовательно, при данном способе сварки материал будет обладать свариваемостью.

Поэтому анализируя свариваемость, исходя из указанных ранее факторов оценки, можно получить разные значения свариваемости.

Материал, соединенный одним способом сварки для изделия в одних условиях эксплуатации может быть признан обладающим свариваемостью, а

для других условий эксплуатации может быть признан не обладающим свариваемостью.

Материал, соединение которого одним способом сварки получить не удается, другим способом успешно соединяется.

Конструкция сварного соединения и его местоположение на металлоконструкции может быть таким, что соединение, отвечающее заданным условиям эксплуатации получено не может быть. В то же время, другой тип соединения, выполненный тем же способом сварки обеспечит получение соединения, отвечающего заданным условиям эксплуатации. Следовательно, материал свариваемостью обладает.

Для количественной оценки свариваемости производят вычисления по формулам, главным в которых является учет содержания химических элементов. Например, при расчете по соответствующей формуле свариваемости низкоуглеродистой низколегированной стали принимают во внимание содержание в стали таких химических элементов, как С, Mn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P. В зависимости от содержания перечисленных элементов выполняется расчет углеродного эквивалента. Формула, по которой можно рассчитать эквивалент углерода для таких сталей выглядит следующим образом []:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Ni}}{40} + \frac{\text{Cu}}{13} + \frac{\text{V}}{14} + \frac{\text{P}}{2},$$

После того, как определено численное значение эквивалента углерода начинается анализ его значений. Если полученные значения эквивалента углерода не превышают 0,25 данная сталь, а речь идет о низкоуглеродистой низколегированной стали, считается хорошо сваривающейся. Если значение эквивалента углерода превышает 0,25 но менее 0,35 то сталь считается удовлетворительно сваривающейся. Такие стали мало склонны к образованию холодных трещин, в ряде случаев требуется предварительный подогрев изделия. При значениях эквивалента углерода превышающих 0,35

но менее 0,45 то сталь считается ограниченно свариваемой. В данной стали возможно образование закалочных структур, могут появляться холодные трещины. Поэтому применяют специальные технологические приемы.

Определить вероятность образования при сварке сталей горячих трещин можно используя формулу определения показателя Уилкинсона []:

$$HCC = \frac{C \left(S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right) 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V},$$

Аналогично первой формуле после выполненных расчетов проводят оценку появления горячих трещин по величине показателя и по величине предела прочности.

Конечно, приведенные формулы не учитывают всего многообразия действующих на конструкцию факторов и всех нюансов технологического процесса сварки. Поэтому, в ряде случаев, для более точного ответа на вопрос о свариваемости того или иного материала руководствуются результатами сварки т.н. технологических проб. В мировой практике сварщиков можно насчитать около 300 разных технологических проб. В основном пробы позволяют оценить свариваемость по образованию холодных или горячих трещин.

Расчет по формуле 1.1 позволяет сделать вывод, что данная сталь сваривается любыми способами без применения каких либо специальных технологических приемов.

1.3 Анализ базового технологического процесса сварки рамы

Первоначально проводят входной контроль. Проверятся фасонный прокат (трубы) на наличие клейм, заводской маркировки, сертификатов завода-изготовителя, производится осмотр металла на выявление повреждений.

Затем в заготовительном участке и токарно-фрезерном участке производят заготовку комплектующих для рамы. Нарезать на пиле дисковой из трубы диаметром 40 мм заготовки для рамы и поперечин. Из листового металла толщиной 2 мм нарезать на ножницах гильотинных заготовки для надставок. Кольцевые вырезы в кронштейнах и надставках фрезеровать на фрезерном станке. Затем надставки гнуть на гибочной машине.

Готовые детали рамы контролируются на соответствие требованиям чертежа, притупляются у них острые кромки и они перемещаются на операцию сборки и сварки.

Следующий этап изготовления рамы – сборка в специализированном приспособлении. Установить в ложементы оснастки заготовки для рамы, трубы, поперечины, кронштейны, втулки, надставки, усилитель кронштейна, зафиксировать винтовыми прижимами. Проконтролировать на наличие смещений. После контроля сварщик прихватывает детали, длина прихваток 10-12 мм. Сначала прихватываются трубы и поперечины. Сила тока 70-100 А, напряжение на дуге 18-23 В, расход газа 8-10 л/мин. Затем производится прихватка кронштейнов и надставок, после чего прихватываются втулки и усилитель кронштейна. По окончании прихваток сварщиком сварщик варит сварные швы согласно чертежу. Последовательность наложения швов произвольная. По окончании сварки швов в нижнем положении рама извлекается из оснастки, переворачивается на 180°, и выполняется доварка сварных швов.

После сварки рамы производится контроль изделия. Сварные швы и околошовная зона зачищаются щеткой металлической. Проверяется соответствие геометрии требованиям чертежа. Размерные допуски должны быть выдержаны. Затем проверяются сварные швы. Контроль предусмотрен визуальный. Контролируются 100% сварных швов. Непровары, трещины, шлаковые включения не допускаются. Дефектные участки вырезаются абразивным кругом и перевариваются. Выполняется контроль геометрии рамы шаблонами.

1.4 Поиск путей устранения недостатков базовой технологии

Применяемая для соединения деталей рамы в базовой технологии механизированная сварка — одни из наиболее распространенных технологических процессов получения неразъемных соединений. Оборудование для их осуществления постоянно совершенствуется, а инновации, направленные на улучшение их качества, могут быть тиражированы со значительными технико-экономическими результатами [1]. При этом приоритетным путем совершенствования механизированной сварки является все более широкое применение импульсных технологий, в том числе с реализацией импульсных алгоритмов, включая синергетические, в источниках сварочного тока [2].

Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом интенсивно начала внедряться в производство во второй половине прошлого столетия при изготовлении конструкций из деформируемых алюминиевых сплавов при изготовлении конструкций в судостроении, авиации, в легкой и пищевой промышленности, а также из нержавеющей и жаропрочных металлов и сплавов в химической промышленности и в моторостроении. В начале 21 столетия импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом находит применение при изготовлении различных конструкций из низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей в смесях защитных аргоносодержащих газов (82 % Ar + 18 % CO₂). При оптимально выбранных режимах импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом обладает такими преимуществами как управляемый перенос электродного металла, минимальное разбрызгивание, возможность ведения процесса сварки во всех пространственных положениях

Сварочная дуга во всех известных защитных газовых среда (кроме аргона) характеризуются пространственной неустойчивостью. [1]. Для устранения отрицательного влияния пространственной неустойчивости дуги на ее технологические свойства применяют следующие способы:

- переход к сварке короткой дугой в CO_2 (естественный импульсный процесс в виде автоколебаний электрических параметров в системе «дуга — источник питания»);
- применение активированного электрода солями металлов щелочной и щелочноземельной групп при сварке в CO_2 током прямой полярности при средней его величине больше критического ($I_{\text{ср}} > I_{\text{кр}}$) или с импульсным ведением процесса при ($I_{\text{ср}} < I_{\text{кр}}$);
- применением газовых смесей с содержанием $\text{Ar} \geq 80 \%$;
- специальным программированием процесса сварки в CO_2 с импульсным воздействием на дугу.

За последние несколько лет новое технологическое развитие получил способ сварки плавящимся электродом в защитных газах в связи с появлением цифровых инверторных сварочных источников питания с мощными высокоскоростными процессорами. Началась активная разработка специализированных алгоритмов управления переносом электродного металла при сварке в защитных газах, обеспечивающих высокое качество получаемых сварных швов и «простоту техники сварки» даже при относительно невысокой квалификации и незначительных навыках сварщика [1]. Прежде всего это обусловлено общей тенденцией развития сварочных технологий и оборудования направленных на снижение влияния «человеческого фактора» на качество свариваемых изделий. Однако большее значение имеют разработки, связанные с расширением технологических возможностей и повышением производительности (эффективности) полуавтоматической сварки в защитных газах [2].

Таковыми новыми разработками году стали процессы MIG/MAG сварки SpeedPuls, SpeedArc, SpeedUp и чуть позднее появился SpeedRoot, каждый из которых, имея свою оригинальную особенность применения, обеспечивал высокое качество сварных швов при максимальной производительности процесса сварки в защитных газах в конкретных условиях применения [3]. Алгоритмы управления такими процессами сварки реализованы

программным обеспечением сварочных источников питания в виде синергетических программ (настроек) для сварки углеродистых сталей, нержавеющей сталей в смесях защитных газов (Ar и CO₂) и алюминиевых сплавов в аргоне. Процесс SpeedRoot, предназначенный для сварки корневых проходов с формированием обратного валика реализован и для сварки в 100% CO₂. Еще одним преимуществом явилось то, что все указанные выше процессы, можно включать на типовых сварочных аппаратах разработчика, наряду с обычными («стандартными») режимами полуавтоматической сварки в защитных газах. Активация функций Speed-процессов производится изначально при предпродажной подготовке сварочного оборудования, либо по необходимости уже в процессе эксплуатации при возникновении соответствующих сварочных задач (дооснащение). Speed-процессы легко автоматизируются и, поэтому, активно применяются в автоматических и роботизированных сварочных установках.

В 2016 году совместно с модернизированным сварочным оборудованием серии S SpeedPuls XT представлено два усовершенствованных процесса сварки SpeedPuls XT, SpeedArc XT.

Рассмотрим пример совершенствования процесса импульсной сварки SpeedPuls. Импульсную дугу при MIG/MAG сварке сталей в основном применяют, в том числе, для четко дозированного переноса электродного металла. Это обеспечивает минимальное тепловложение в свариваемый металл. Для дозированного переноса применяют импульсы сварочного тока в определенном диапазоне. Однако при этом снижается производительность. Увеличение производительности в методе SpeedPuls добиваются за счет того, что во время пауз между импульсами на долю миллисекунды включается струйный процесс переноса металла, т.е. за основной направляющей каплей следует вторичный перенос металла, таким образом, и между импульсами происходит перенос металла в сварочную ванну, рисунок 1.2.

В результате за счет увеличенной производительности расплавления существенно увеличивается (до 48%) производительность процесса (скорость) сварки SpeedPuls относительно традиционной импульсной сварки, а при одинаковой скорости подачи сварочной проволоки обеспечивается меньшее на 20% тепловложение в изделие [3].

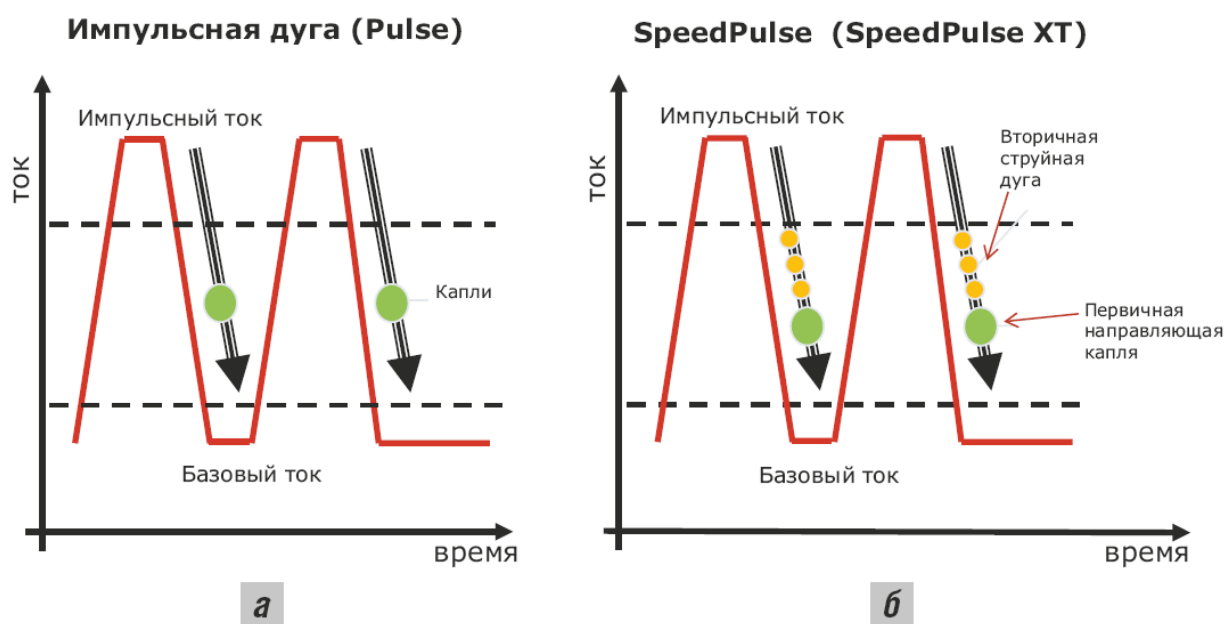


Рисунок 1.2 – Механизм переноса электродного металла: импульсная дуга (а), режим дуги SpeedPuls (б).

Типовая модулированная осциллограмма процесса SpeedPuls показана на рисунке 1.3, из которой видно, что модификация импульсного процесса сварки SpeedPuls обеспечивает вторичный переход металла струйной дугой в ограниченных интервалах времени, следующего за первичной каплей.

Таким образом, более эффективно используется энергия самой дуги и при этом количество переносимого электродного металла остается контролируемым. Более высокое и концентрированное давление электродного металла процесса SpeedPuls на заготовку формирует более глубокое проплавление основного металла, а также наблюдается устойчивость самой величины дуги при сварке на увеличенных вылетах.

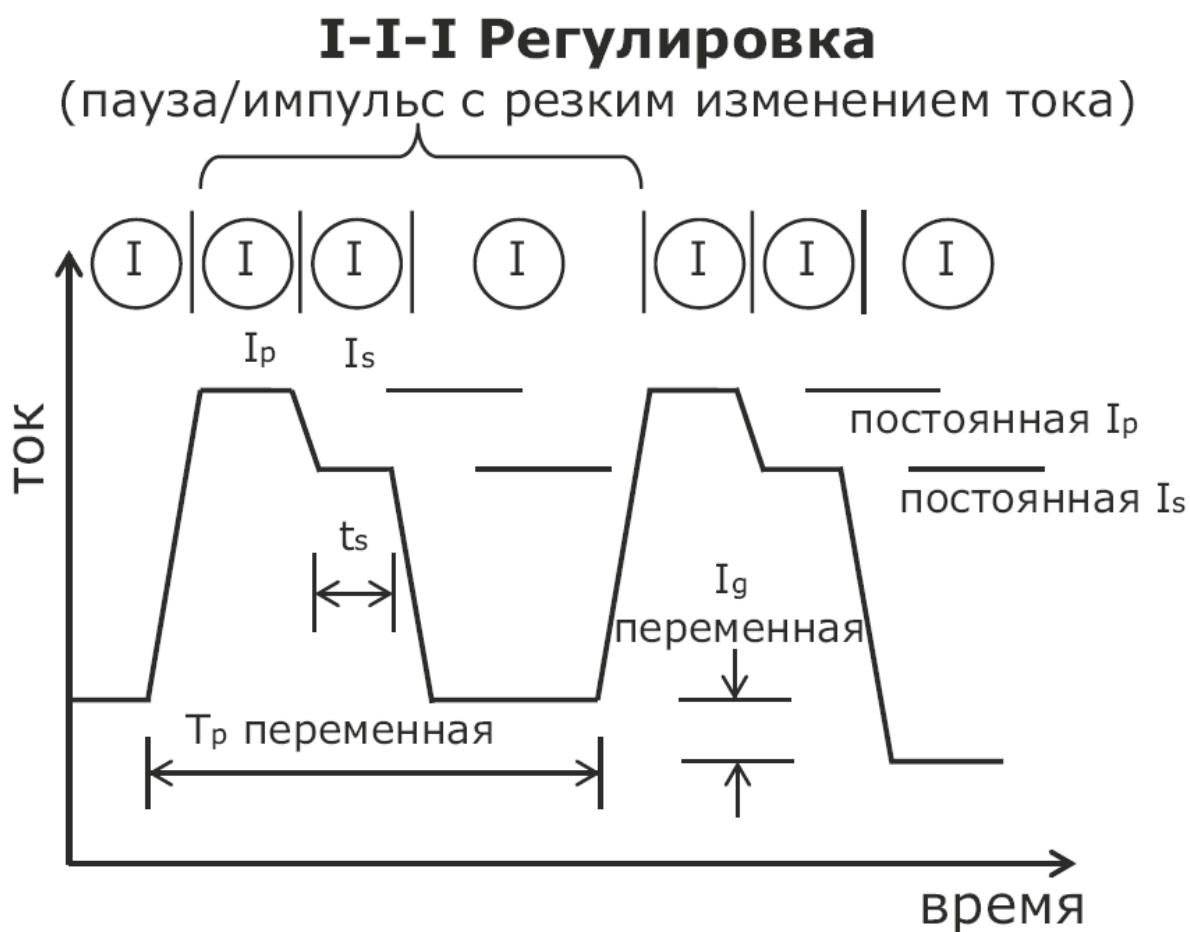


Рисунок 1.3 – Типовая осциллограмма процесса SpeedPuls

Следовательно, процесс сварки SpeedPuls добавил к уже имеющимся преимуществам способа сварки импульсной дугой увеличенную производительность.

Однако в последнее время все более активно развивается еще одно направление в области импульсного управления процессом сварки посредством импульсной подачи электродной проволоки [3, 4]. Разработан целый ряд технических решений [5], позволяющих управлять параметрами импульсов (шагом, частотой, формой, скважностью) при формировании сварного шва или валика наплавленного металла, в том числе глубиной

проплавления, ЗТВ, а также расходом материальных и энергетических ресурсов. Одним из наиболее оригинальных решений является система импульсной подачи электродной проволоки с использованием специального вентильного электропривода, оснащенного компьютеризированным регулятором характеристик вращения вала. При этом подающий ролик закреплен прямо на валу электродвигателя [6], что исключает дополнительные инерционные звенья. Применение такой системы позволяет, например, при сварке с короткими замыканиями (КЗ) осуществлять управляемый каплеперенос электродного металла. В свою очередь управляемый каплеперенос позволяет в значительной степени влиять на служебные характеристики сварного соединения.

Однако, несмотря на явные преимущества, расширение областей применения систем с импульсной подачей электродной проволоки сдерживается как из-за отсутствия серийного оборудования, имеющего надежные системы импульсной подачи с регулируемыми параметрами, так и из-за относительной сложности задания этих параметров для получения ожидаемого технологического эффекта или даже ряда эффектов. Поэтому можно утверждать, что проблемы производства такого оборудования и выбор режимов сварки-наплавки в некоторой степени связаны.

Определение области устойчивых режимов сварки и наплавки должно основываться на установлении взаимосвязи между служебными свойствами сварного соединения и алгоритмами импульсной подачи электродной проволоки в процессе сварки. Представление о взаимосвязи некоторых параметров процесса и геометрических размеров сварного соединения наиболее наглядно дает трехмерное изображение, рисунок 1.4 [7].

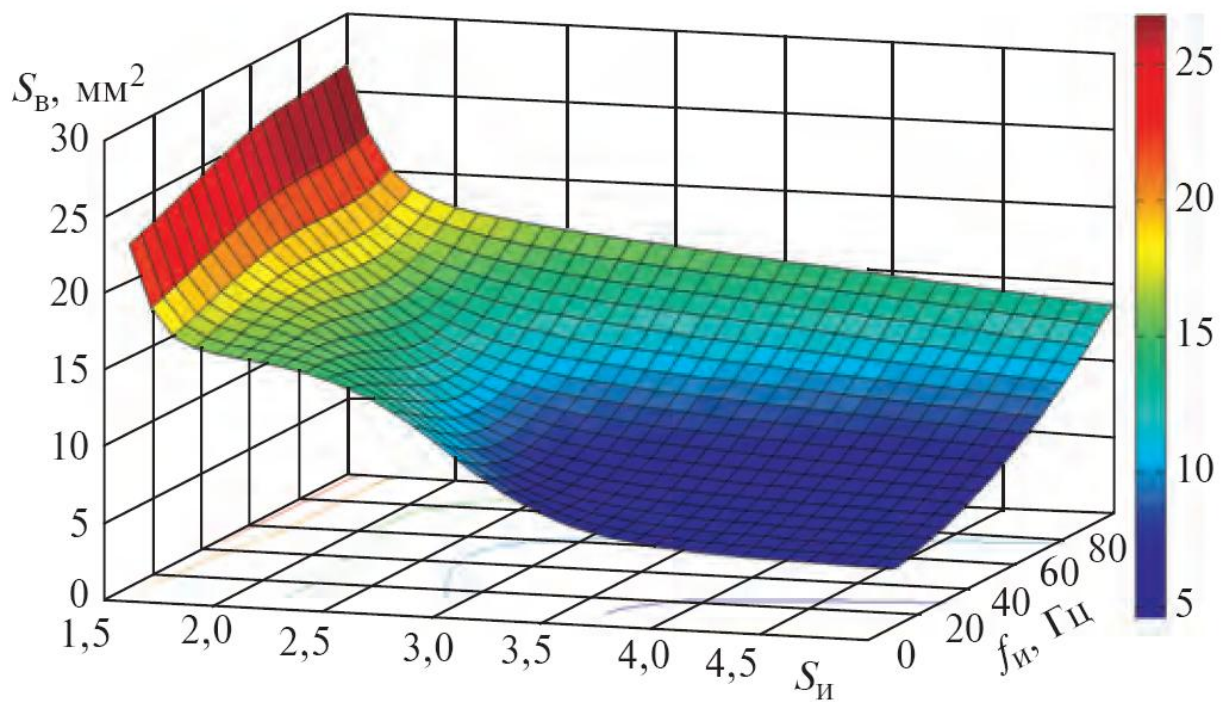


Рисунок 1.4 – Зависимость площади поперечного сечения шва S_B от скважности $S_И$ и частоты импульсов $f_И$

Так как такие параметры, как частота $f_И$ и шаг подачи h определяют интегральное значение скорости подачи электродной проволоки $v_п$, а следовательно, и ток сварки $I_{св}$, то

$$I_{св} = k_1 v_п = k_1 f_И h, \quad (1)$$

где k_1 — коэффициент, определяющий зависимость между током сварки и скоростью подачи, которая обычно представляется линейной.

Заметим, что при импульсной подаче электродной проволоки важной характеристикой является скважность ее импульсного перемещения S , определяемая как соотношение времени действия импульса движения к общему периоду цикла подачи, который может включать в себя, кроме импульса, время паузы и время реверсивного движения электродной проволоки [7].

При этом для определенных диаметров и материалов электродной проволоки, защитного газа существует также определенная скважность импульсов, позволяющая активно управлять сварочным процессом.

Экспериментально также установлено, что для определенных видов электродов и защитных сред частота импульсной подачи для принудительного управления короткими замыканиями должна быть близка к характерной при естественных коротких замыканиях или отличаться от нее не более чем в 1,5—1,7 раза. Из этого следует, что наиболее действенной характеристикой, на которую можно влиять в широких пределах, является шаг подачи электродной проволоки. Следовательно, это характеристика должна быть управляемой. Такая задача управления шагом импульсной подачи успешно решена в системе импульсной подачи на основе вентильного электропривода, а эффективность применения такого решения подтверждена в ходе многочисленных экспериментов и исследований.

Практическая реализация данного технического решения, прежде всего, дает возможность одноручечного, т. е. регулирования одним регулятором нескольких параметров сварочного процесса как одного из вариантов синергетического управления. Так, задавая значение только напряжение $U_{св}$, выбирается режим сварки с автоматически выбранным шагом подачи, а следовательно, интегральным значением тока сварки. Такое решение позволяет также обеспечить в значительной степени независимость качества сварки от свойств и характеристик источника сварочного тока и квалификации сварщика.

Вентильный электропривод системы подачи электродной проволоки включает в свой состав устройство связи аналогового сигнала сварочного напряжения с цифровым регулятором параметров импульсной подачи электродной проволоки.

Кроме параметров импульсной подачи с лицевой панели регулятора дополнительно задается характеристика « α », уточняющая тип применяемой электродной проволоки, состав защитной газовой среды, пространственное положение сварочной ванны при сварке. Испытания новой разработки в лабораторных условиях показали полное соответствие теоретического обоснования возможности одноручечного синергетического управления

сваркой с импульсной подачей электродной проволоки его технической реализации с доработкой необходимого программного продукта.

Для сравнения на рис. 5 показаны наплавленные электродной проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм в CO₂ валики при среднем значении тока 160—170 А и установленном на нестабилизированном источнике сварочного тока напряжении 22—23 В. На рис. 6 приведены соответствующие осциллограммы тока и напряжения сварки. Частота импульсной подачи составляла 30 Гц, величина угла α в данном случае выбрана в большей степени произвольно исходя из условий обеспечения стабильности процесса. В процессе сварки с обратной связью производилось кратковременное (импульсное) изменение напряжения сварки на 2 В.



Рисунок 1.5 – Валики наплавленные при традиционной (1), импульсной (2) и импульсной с обратной связью подаче проволоки (3)

Как видно из осциллограммы, процесс сварки остался стабильным, но при этом увеличился шаг подачи, что сказалось на интегральной скорости подачи, токе сварки и длительности коротких замыканий. Качество наплавленного валика не изменилось.

Техническая реализация импульсной подачи электродной проволоки от электропривода с автоматическим регулятором интегрального значения тока в зависимости от напряжения позволяет простыми способами дополнительно осуществить синхронную автоматическую модуляцию тока и напряжения с заданной глубиной модуляции; синхронный программируемый процесс возбуждения дуги и заварки кратера шва; возможность выполнения сложных

алгоритмов синхронного изменения параметров сварочного процесса, например, при дуговой точечной сварке с импульсной подачей электродной проволоки [9]; процесс сварки с источниками питания дуги, имеющими различные вольт-амперные характеристики.

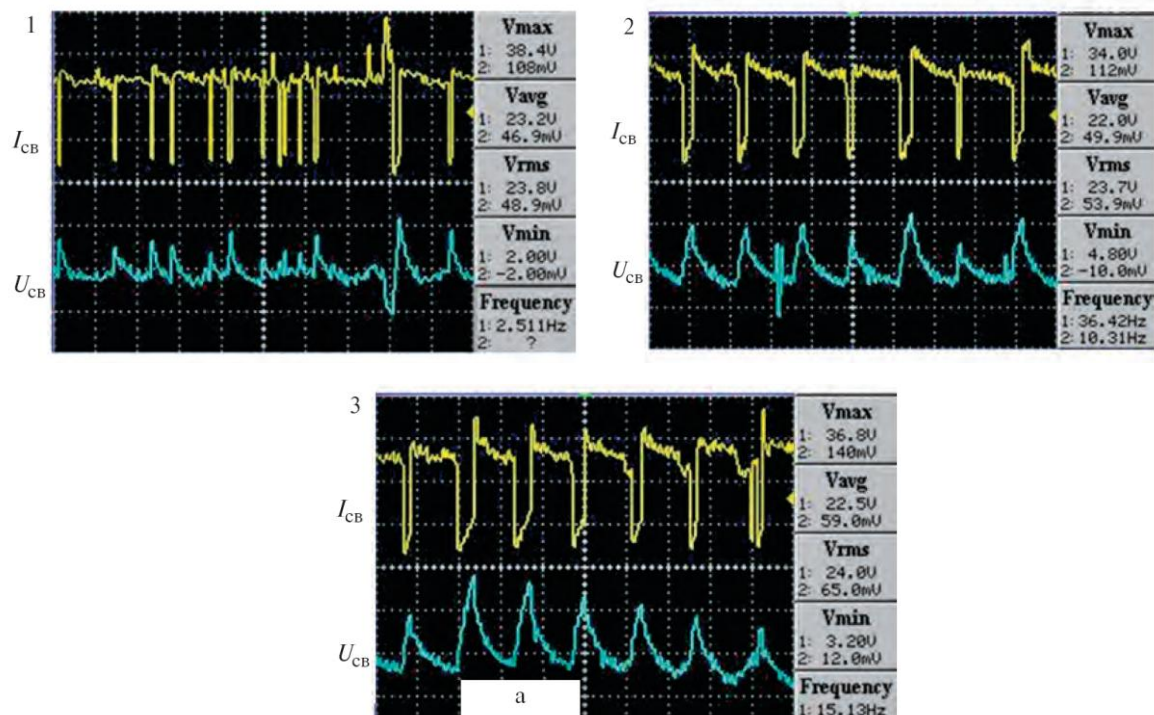


Рисунок 1.6 - Осциллограммы процессов сварки с короткими замыканиями при традиционной (1), импульсной (2) и импульсной с обратной связью подаче проволоки (3)

Таким образом, упрощение выбора и установления рациональных режимов работы механизированного оборудования (полуавтоматов) с управляемой импульсной подачей электродной проволоки за счет введения в регулятор вентильного электропривода обратной связи по напряжению дугового процесса и микропроцессорным управлением параметрами его работы может существенно расширить области их рационального применения в промышленности.

Однако применительно к мелкосерийному и единичному производству подобного рода оборудование представляется сложным и дорогостоящим. В данной работе импульсы подачи генерируются за счет применения

специального электродвигателя в механизме подачи электродной проволоки. Однако на практике применяют и второй вариант – использование механических модуляторов различных конструкций.

Рассмотрим вариант подачи сварочной проволоки при помощи модулятора [9]. В данном случае каплеперенос происходит в 4 стадии, рисунок 1.7.

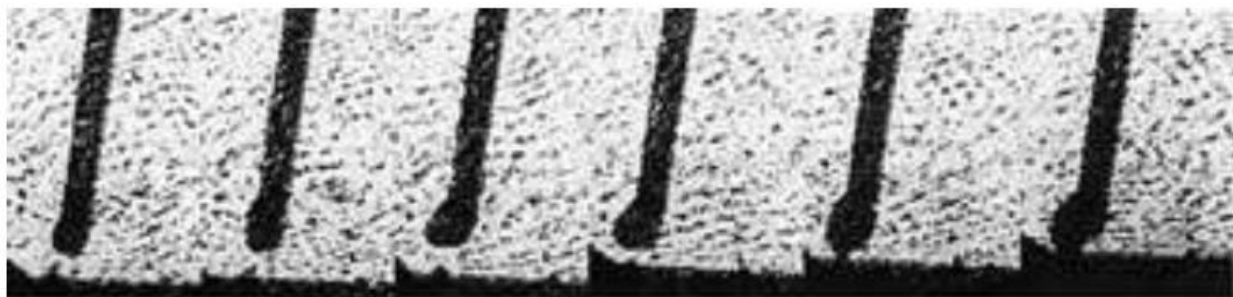


Рисунок 1.7 – Видеокadres процесса образования капли электродного металла при сварке проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм в CO₂ с импульсной подачей с частотой 30 с⁻¹:

Механизм модулятора представлен на рисунке 1.8.

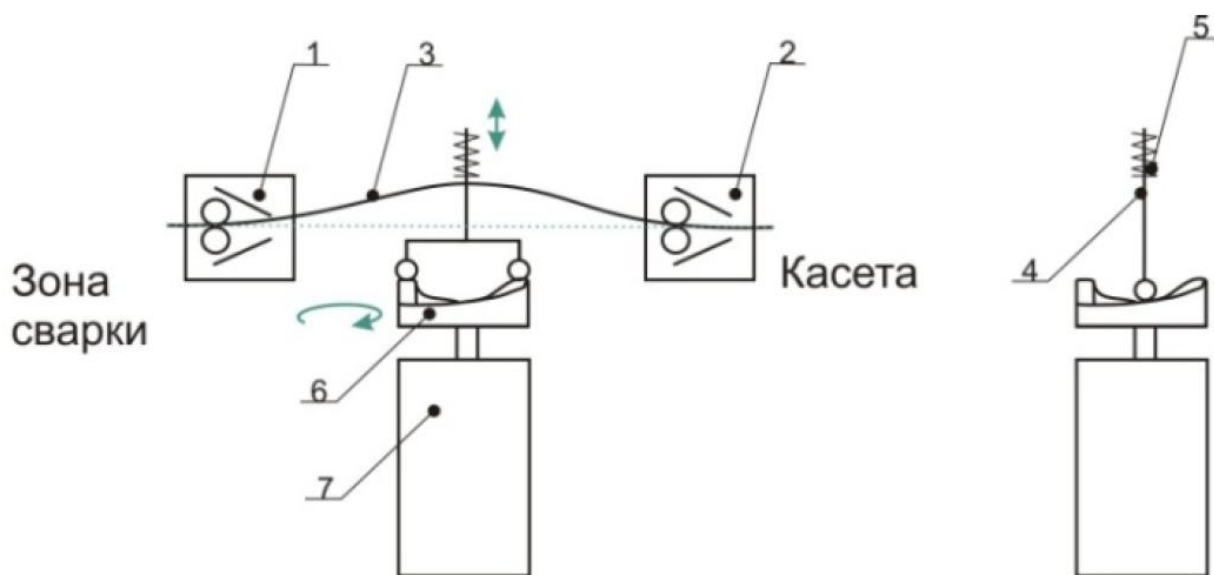


Рисунок 1.8 – Модулятор подачи проволоки

При вращении вала электродвигателя 7 за счет кривизны профиля кулачка 6 шток 4 совершает возвратно-поступательные движения. Когда шток идет вверх образуется изгиб проволоки. Захват 1 при этом закрыт, и не дает

возможности двигаться проволоке обратно. Когда шток идет вниз проволока 3 за счет действия пружины 5 и собственных сил упругости, возникших в проволоке в процессе изгиба выпрямляется и проходит через захват 1 в зону сварки. Захват 2 закрыт, и не дает возможности обратному прохождению проволоки в кассету.

1.4 Задачи бакалаврской работы

В рамках настоящей выпускной квалификационной работы поставлена цель - экономия материальных ресурсов, повышение производительности и качества на операции сварки рамы крепления подвески. При анализе современного состояния вопроса сварки аналогичных деталей были рассмотрены особенности конструкции и условий работы рассматриваемого объекта – рамы крепления подвески из стали 8 кп широко применяющейся в автомобилестроении.

Базовая технология сварки с применением ручной дуговой сварки штучными электродами обладает следующими выявленными недостатками:

- 1) низкая стабильность качества сварных соединений из-за множественного числа дефектов;
- 2) малая производительность сварки вследствие применения штучного электрода и необходимости предварительного подогрева;
- 3) значительный расход сварочных материалов на разбрызгивание и огарки.

Устранение перечисленных недостатков возможно путём составления проектной технологии на основе перспективных способов сварки и сварочных материалов. Ранее в ходе выполнения анализа состояния вопроса была показана возможность и перспективность применения механизированной сварки в защитных газах с импульсной подачей проволоки. В связи с этим можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) установить параметры режима сварки;

- 2) составить проектную технологию сварки деталей рамы с использованием предлагаемого способа сварки и выбранных параметров режима сварки и технологического оборудования;
- 3) произвести экологический анализ предложенных технологических решений на предмет возможной опасности для окружающей среды и работающего персонала;
- 4) произвести экономическую оценку предлагаемых технических решений на предмет эффективности их внедрения в производство.

2 Разработка технологического процесса импульсной сварки

2.1 Параметры режима импульсной сварки

Сварка с импульсной подачей проволоки за счет применения рассмотренного выше модулятора помимо традиционных параметров режима, сила тока, скорость подачи проволоки, расход защитного газа, обладает такими параметрами, как шаг подачи и частота импульсного перемещения электрода.

Частота перемещения электрода зависит от частоты вращения вала электродвигателя. Шаг подачи зависит от расстояния между захватами и от амплитуды перемещения торца штока.

Совместное действие двух данных дополнительных параметров определяет как скорость подачи электродной проволоки так и параметры каплепереноса, энергетические параметры режима и стабильность процесса сварки.

Требуемый закон перемещения проволоки может быть обеспечен за счет изменения в нужном направлении профиля кулачка. Изменяя профиль можно менять диапазон амплитудных значений перемещения торцевой части электродной проволоки.

Второй вариант регулирования параметров режима импульсной сварки обеспечивается изменением расстояния между шариковыми захватами.

Также влияние на работу данного модулятора оказывает модуль упругости электродной проволоки [26]. Только при упругих деформациях проволоки возможна передача управляющих воздействий.

В работе [18] построен график, согласно которому, если расстояние между захватами и амплитуда перемещения штока находится в заштрихованной области, проволока деформируется упруго, рисунок 2.2.

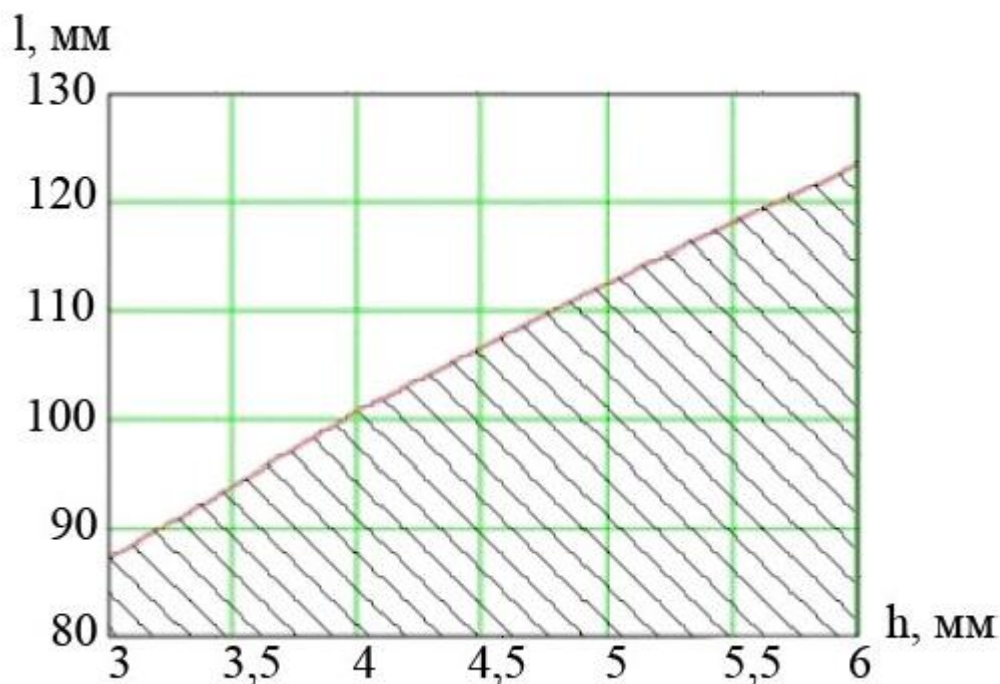


Рисунок 2.2 – Область стабильной работы механизма импульсной подачи электродной проволоки.

Таким образом, определенные параметры режима сварки для толщины 2 мм согласно [26] следующие. Частота импульсов 70 Гц, при расстоянии между захватами 150 мм, скорости сварки 10 мм/с, напряжении холостого хода источника 34 В.

2.2 Проектный технологический процесс

Первоначально проводят входной контроль. Проверяются трубы и листовой прокат на наличие повреждений. Проверяется сопроводительная документация на металлопрокат.

Затем в заготовительном участке производят заготовку комплектующих для рамы. Нарезать на пиле дисковой из трубы диаметром 40 мм заготовки для рамы и поперечин. Нарезать на ножницах гильотинных заготовки для надставок надставок. Затем трубы гнуть на гибочной машине.

Готовые детали рамы контролируются на соответствие требованиям чертежа, выполняется притупление острых кромок и выполняется перемещение на операцию сборки и сварки.

Следующий этап изготовления основания – сборка в специализированном приспособлении. Установить в ложементы оснастки заготовки для рамы, трубы, поперечины, кронштейны, надставки, усилитель кронштейна, зафиксировать винтовыми прижимами. Проконтролировать на наличие смещений. После контроля сварщик прихватывает детали, длина прихваток 10-12 мм. Сначала прихватываются трубы и поперечины. Сила тока 70-100 А, напряжение на дуге 18-23 В, расход газа 8-10 л/мин, частота импульсов 70 Гц, при расстоянии между захватами 150 мм, скорость сварки 10 мм/с, напряжение холостого хода источника 34 В. Затем производится прихватка кронштейнов и надставок, после чего прихватываются втулки и усилитель кронштейна. По окончании прихваток сварщиком сварщик варит сварные швы согласно чертежу. Последовательность наложения швов произвольная. По окончании сварки швов в нижнем положении рама извлекается из оснастки, переворачивается на 180°, и выполняется доварка сварных швов.

После сварки рамы производится контроль изделия. Сварные швы и околошовная зона зачищаются щеткой металлической. Проверяется соответствие геометрии требованиям чертежа. Размерные допуски должны быть выдержаны. Затем проверяются сварные швы. Контроль предусмотрен визуальный. Контролируются 100% сварных швов. Непровары, трещины, шлаковые включения не допускаются. Дефектные участки вырезаются абразивным кругом и переплавляются. Выполняется контроль геометрии рамы шаблонами.

3 Оборудование и приспособления

Для сварки выбираем полуавтомат Форсаж-302. На рисунке 3.1 показан источник питания. Данный источник является инверторным Для

Рисунок 3.3 – Полуавтомат Форсаж-302

Аппарат сварочный постоянного тока ФОРСАЖ-302 промышленного применения предназначен для полуавтоматической сварки (режим «MIG/MAG») стальных материалов, деталей и агрегатов в качестве источника питания. Аппарат также может применяться для ручной электродуговой сварки (режим «ММА»).

Кроме того, разработано фиксирующее приспособление.

4 Безопасность и экологичность проекта.

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.

Согласно распоряжению по институту машиностроения тема бакалаврской работы сформулирована следующим образом: «Технология сварки дополнительных деталей для тюнинга автомобиля». В настоящее время сварка рамы подвески технологией дуговой сварки штучными электродами. В разделе 1 настоящей работы у данной технологии выявлен ряд недостатков, и показано, что применяя механизированную сварку их можно нейтрализовать. Разработана технология механизированной сварки, естественно, что при внедрении данных технических решений необходимо предусмотреть мероприятия по нейтрализации опасных и вредных технологических факторов, сопровождающих технологию механизированной сварки.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Выполняемые работы	Должности работников, реализующих данный техпроцесс	Вновь установленное оборудование	Вспомогательные материалы
1	Выполнение сварных швов рамы подвески из труб	Подготовка, сборка и сварка труб	Слесарь-сборщик, сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Полуавтомат Origo Mig C240.	Присадочная проволока Св-08ГС, углекислый газ, круг абразивный

4.2 Риски, сопровождающие технологию сварки рамы.

Различные негативные производственные факторы при действии на организм работников, реализующих разработанный в бакалаврской работе технологический процесс могут вызвать нетрудоспособность работника. В

таблице 4.2 систематизируем и проанализируем выявленные на участке сварки негативные производственные факторы.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков.

№п/п	Выполняемые работы	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1	Подготовка, сборка и сварка труб	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки. повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, от которого запитано оборудование; световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Полуавтомат Origo Mig C240w присадочная проволока Св-08ГС, углекислый газ, круг абразивный.

4.3. Мероприятия по уменьшению негативного действия профессиональных рисков

Уже внедренные на производственном участке и разработанные в рамках бакалаврской работы мероприятия по снижению негативного действия профессиональных рисков систематизируем и проанализируем в таблице 4.3. В таблицу не будем включать такие организационные мероприятия, как инструктажи по технике безопасности.

Таблица 4.3 – Мероприятия и средства уменьшения негативного действия профессиональных рисков.

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Острые кромки		Перчатки, спецодежда.
2	движущиеся детали оборудования и заготовки	Плакаты и надписи, барьеры и ограждения.	
3	повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке	вентиляция	Средства защиты дыхательных путей
4	повышенная температура оборудования и воздуха участка	вентиляция	Спецодежда, перчатки
5	повышенное напряжение, от которого запитано оборудование;	Заземление, контроль изоляции.	
6	световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Экранирование места сварки щитами,	маска сварщика, спецодежда.

4.4. Мероприятия по пожарной безопасности участка сварки.

В таблице 4.4 выполним анализ возможных опасных факторов, сопровождающих пожар, при его возникновении на производственном участке.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара

1	Подготовки, сборки и сварки труб	Полуавтомат Origo Mig C420w	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; выделение вредных продуктов при горении; Уменьшение содержания кислорода при горении; дым препятствует нормальной видимости.	Повреждение из-за высокой температуры электрической изоляции на проводах может привести к поражению электрическим током; действие на человека веществ, применяемых для пожаротушения
---	----------------------------------	-----------------------------	--	--	--

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматик	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1	Пожарные автомобили или (вызываются)	Не применяются	Не применяются	Краны пожарные напорные пожарные рукава	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	Телефон в помещении начальника участка, кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования,	Наименование видов реализуемых организационных	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной
---	--	--

технического объекта	(организационно-технических) мероприятий	безопасности, реализуемые эффекты
Сварка	обучение рабочих и служащих правилам пожарной безопасности, применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности, проведение учений с производственным персоналом по поводу пожарной безопасности, создание добровольной пожарной дружины.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

4.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие объекта, технологического процесса (здания по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортного средства	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Сварка	Подготовка труб сварке, сборка сварка,	газообразные частицы; сажа;	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	упаковка от электродов, бумажная, полиэтиленовая; металлолом, преимущественно стальной; огарки электродов;

				бытовой мусор.
--	--	--	--	----------------

Таблица 4.8 – Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Фильтры в системе вентиляции участка задержат мелкодисперсные частицы сажи
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Важным является соблюдение культуры производства, исключение утечек проявителя и закрепителя, которые попадая в канализацию попадают во внешние водоемы.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Размещение на территории участка сварки емкостей для селективного сбора металлолома, бытовых отходов и производственных отходов. На емкостях или рядом стоящих плакатах необходимо нанести предписывающие сообщения. С рабочими необходимо провести разъяснение по необходимости селективного складирования отходов. Желательно периодически, во время ежеквартального инструктажа по технике безопасности, разъяснять производственному персоналу правила сбора твердых отходов

Заключение по разделу

Планируемый к внедрению технологический процесс механизированной сварки рамы подвески проволокой сплошного сечения сопровождается факторами, оказывающими вредное воздействие на рабочих производственного участка.

Сделан анализ возможности снижения негативного действия выявленных факторов на рабочих и полного устранения их действия. По результатам анализа можно сделать вывод, что уже применяемые на производстве средства защиты и организационные мероприятия по технике безопасности обеспечат безопасность работника при реализации разработанного при выполнении бакалаврской работы технологического процесса механизированной сварки.

Установлено, что дополнительных мероприятий и средств для защиты от опасных и вредных факторов, сопровождающих процесс механизированной сварки, не нужно.

Также технология механизированной сварки рамы подвески проволокой сплошного сечения оказывает негативное влияние на окружающую среду. Для минимизации такого влияния предложен комплекс организационных мероприятий.

5 Экономическая эффективность проекта

По базовому варианту технологического процесса сварки рамы применяется дуговая сварка штучными электродами. Результаты анализа научно-технической и патентной литературы позволили рекомендовать для проектного варианта механизированную сварку.

Сопоставительный анализ двух вариантов, базового и проектного, приведен в таблице 5.1. В таблице рассмотрены выявленные в 1 разделе работы недостатки базовой технологии сварки и принцип их устранения при использовании механизированной сварки.

Таблица 5.1 – Сопоставительный анализ базового и проектного варианта технологии

Базовая технология	Проектная технология
Сварка штучными электродами предусматривает необходимость контроля большого количества параметров процесса. Для сварки по базовой технологии требуются рабочие высокого разряда и размер тарифной ставки у них, соответственно, высокий.	При механизированной сварке полуавтомат подает присадочную проволоку в зону горения сварочной дуги, уменьшается количество параметров техпроцесса, которые нужно контролировать. Можно поставить на операцию рабочего с меньшим разрядом, и, соответственно, меньшей тарифной ставкой.
Скорость сварки низкая, так как сила тока при сварке штучными электродами не может быть большой.	Сила тока при механизированной сварке больше, значит можно увеличить скорость без опасений получить такой дефект, как непровар.

5.1 Исходные данные для экономического обоснования

сравниваемых вариантов

Исходные данные необходимые для проведения расчетов, занесены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные для проведения экономического расчета

№ п/п	Показатели	Услов. обозн.	Ед. изм.	Варианты	
				Базовый	Проект.
1	2	3	4	5	6
1	Годовая программа	$N_{\text{пр}}$	шт	500	500
2	Финансовые затраты на 1 кг присадочного материала	$\text{Ц}_{\text{эл.}}$	Руб/кг	680	590
3	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	ктз	-	1,05	1,05
4	Значение тарифной ставки	$C_{\text{ч}}$	Руб/час	95,29	84,87
5	Коэффициент, учитывающий начисления к основной заработной плате	$k_{\text{зпл}}$	-	1,81	1,81
6	Отчисления на дополнительную заработную плату	$k_{\text{д}}$	%	10	10
7	Коэффициент отчислений на социальные нужды	$N_{\text{соц}}$	%	30	30
8	Финансовые затраты на покупку оборудования	$\text{Ц}_{\text{об}}$	Руб	40000	70000
9	Норма амортизационных отчислений на оборудование	$N_{\text{а}}$	%	18	18
10	Коэф. Полезного действия установки	КПД	-	0,7	0,78
11	Стоимость электроэнергии	$\text{Ц}_{\text{э}} - \text{э}$	Руб/кВт	3,02	3,02
12	Удельный расход защитного газа	$U_{\text{зг}}$	$\text{М}^3/\text{час}$	-	50
13	Стоимость защитного газа	$\text{Ц}_{\text{зг}}$	$\text{Руб}/\text{м}^3$	-	50
14	Стоимость аренды площади	$S_{\text{экспл}}$	$\text{Руб}/\text{м}^2$	1800	1800
15	Стоимость приобретения производственных площадей	$\text{Ц}_{\text{пл}}$	$\text{Руб}/\text{м}^2$	4500	4500

16	Площадь занимаемая оборудованием	S	М ²	8	11
17	Значения коэффициентов, финансовых расходов на монтаж и демонтаж оборудования	k _{МОНТ} k _{дем}	%	2	2
18	Коэффициент цеховых расходов	k _{цех}		1,72	1,72

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6
19	Коэффициент заводских расходов	k _{ЗАВ}		1,97	1,97
20	Нормативный коэффициент экономической эффективности дополн. капит. вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	2	2

5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Для расчета штучного времени на сварку одной рамы крепления подвески применим зависимость:

$$t_{шт} = t_{n-3} + t_o + t_в + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.н} \quad (5.1)$$

где t_{n-3} – время, расходуемое на подготовительно-заключительные операции, $t_{n-3} = 0,05\%$ от t_o

$t_o = t_M$ – время, расходуемое непосредственно на выполнение сварного шва - машинное.

$t_в$ – время, расходуемое на подготовку сварочного оборудования к работе

$t_в = 10\%$ от t_o .

$t_{отл}$ – время, расходуемое рабочими на отдых и личные надобности $t_{отл} = 5\%$ от t_o ;

$t_{обсл}$ – время, расходуемое рабочими на обслуживание рабочего места

$t_{обсл.} = 8\%$ от t_0 ;

$t_{н.п}$ – время неустраняемых перерывов, 1% от t_0 .

Машинное время определим по следующей формуле:

$$t_0 = \frac{60 * M_{напл.мет} * L_{ш}}{I_{св.} * \alpha_{напл}}, \quad (5.2)$$

где: $L_{ш}$ –общая длина швов на изделии - 0,476 м;

$I_{св}$ – сварочный ток, А;

$\alpha_{напл}$ – коэффициент наплавки, 9 Г/А·час.

$M_{напл.мет}$ – масса наплавленного металла, кг/м;

Масса наплавленного металла $M_{напл.мет}$ – может быть определена по зависимости, кг/м:

$$M_{напл.мет} = \rho \cdot F_H \cdot 10^{-3} \quad (5.3)$$

где ρ – плотность, 7,8 г/см³ ;

F_H – площадь валика, мм².

$$F_H = (8 \div 12) \cdot d_{эл.}$$

На толщину 3,5 мм.

$$F_H = F_1 + F_2 + F_3 = 21 + 24 + 27 = 72 \text{ мм}^2$$

$$M_{напл.мет.б} = 7,8 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 0,561 \text{ кг/м}$$

$$M_{напл.мет.пр} = 7,8 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 0,561 \text{ кг/м}$$

Подставив в (5.2) необходимые значения, получим:

$$t_{об} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 0,476}{1209} = 0,098 \text{ час} = 5,88 \text{ мин.}$$

$$t_{опр} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 0,476}{210 \cdot 9} = 0,054 \text{ час} = 3,24 \text{ мин.}$$

Подставив в (5.1) необходимые значения, получим:

$$t_{штб} = 5,88 + 0,588 + 0,294 + 0,470 + 0,058 = 7,28 \text{ мин} = 0,121 \text{ час}$$

$$t_{штб} = 3,24 + 0,324 + 0,162 + 0,258 + 0,0324 = 4,00 \text{ мин.} = 0,066 \text{ час.}$$

5.3 Расчет затрат на новое оборудование

$$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ПР}} + K_{\text{СОП}} \quad (5.5)$$

где: $K_{\text{ПР}}$ – затраты непосредственно на закупку оборудования, прямые, руб.;

$K_{\text{СОП}}$ – финансовые затраты на демонтаж старого, установку нового оборудования, сопутствующие, руб.

Расчет прямых финансовых затрат выполним по зависимости:

$$K_{\text{ПР}} = \sum \Pi_{\text{об}} \cdot k_3 \quad (5.6)$$

где $\sum \Pi_{\text{об}}$ – суммарные финансовые затраты на закупку оборудования, руб.;

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

Для определения коэффициента загрузки оборудования вначале рассчитаем нужное количество оборудования по формуле:

$$n_{\text{об.расчетн}} = \frac{N_{\text{пр}} * t_{\text{штб}}}{\Phi_{\text{эф}} * 60} \quad (5.7)$$

где: $N_{\text{пр}}$ – годовая программа, см. табл. 5.2, 500 шт.;

$t_{\text{штб}}$ – время, расходуемое на сварку одной рамы (штучное), мин.;

$\Phi_{\text{эф}}$ – фонд времени работы оборудования, час.

Необходимое количество оборудования, определенное по (5.7) может быть дробным числом, поэтому округляем до целого ($n_{\text{об.прин}}$).

Для расчета коэффициента загрузки воспользуемся формулой:

$$k_3 = \frac{n_{\text{об.расчетн}}}{n_{\text{об.прин}}} \quad (5.8)$$

Фонд времени определим по формуле:

$$\Phi_{\text{эф}} = (D_{\text{к}} - D_{\text{вых}} - D_{\text{пр}}) * T_{\text{см}} * S * (1 - k_{\text{р.н}}) \quad (5.9)$$

где: D_k – всего дней в году;

$D_{вых}$ – всего выходных в году;

$D_{пр}$ – всего праздничных дней в году;

$T_{см}$ – длительность рабочей смены на предприятии, час;

S – принятое на предприятии количество рабочих смен;

$k_{р.п}$ – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку (0,06).

$$\Phi_{эф.} = (365 - 110 - 14) \cdot 8 \cdot 1 \cdot (1 - 0,06) = 1812 \text{ час.}$$

Для базового варианта технологии

$$n_{об.расчетн.б} = \frac{500 \cdot 7,28}{1812 \cdot 60} = 0,054 \text{ шт}$$

$$k_{зб} = \frac{0,054}{1} = 0,054$$

$$K_{прб} = 40000 \cdot 0,054 = 2160 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$n_{об.расчетн.пр} = \frac{500 \cdot 4,00}{1812 \cdot 60} = 0,024 \text{ шт}$$

$$k_{зпр} = \frac{0,024}{1} = 0,024$$

$$K_{прпр} = 70000 \cdot 0,024 = 1680 \text{ руб.}$$

Сопутствующие финансовые затраты определяются расчетным путем только для проектного варианта:

$$K_{соп} = K_{монт} + K_{дем} + K_{площ} \quad (5.10)$$

$K_{монт}$ – финансовые расходы, необходимые для выполнения монтажа оборудования для проектного варианта технологии;

$K_{дем}$ – финансовые расходы, необходимые для выполнения демонтажа оборудования применяемого в базовом варианте технологии;

$K_{площ}$ – финансовые расходы на дополнительные площади, необходимые для установки оборудования для проектного варианта технологии.

$$K_{МОНТ} = \Sigma Ц_{об} \cdot k_{МОНТ} \quad (5.11)$$

где: $k_{монт}$ – коэффициент финансовых расходов, необходимых для установки на производственных площадях оборудования по проектному варианту технологии и подключения его к необходимым коммуникациям $k_{монт} = 0,2$.

$$K_{МОНТ} = 70000 \cdot 0,2 = 14000 \text{ руб}$$

$$K_{дем} = \Sigma Ц_{об} \cdot k_{дем} \quad (5.12)$$

где: $k_{дем}$ – коэффициент финансовых расходов, необходимых для установки на производственных площадях оборудования по проектному варианту технологии и подключения его к необходимым коммуникациям, $k_{дем} = 0,2$

$$K_{дем} = 40000 \cdot 0,2 = 8000 \text{ руб}$$

$$K_{ПЛОЩ} = S_{ПЛОЩ} * Ц_{ПЛОЩ} * g * k_3 \quad (5.13)$$

где: g – коэффициент, учитывающий проходы и проезды = 3.

$$K_{ПЛОЩ} = 3 \cdot 3000 \cdot 3 \cdot 0,12 = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{ОБЩ}^{БАЗ} = K_{ПР} = 2160 \text{ руб.}$$

$$K_{ОБЩ}^{ПР} = 1680 + 14000 + 8000 + 5400 = 29080 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{N_{пр}} \quad (5.14)$$

$$K_{уд}^{БАЗ} = 2160/500 = 4,32 \text{ руб.}$$

$$K_{уд}^{ПР} = 29080/500 = 58,16 \text{ руб.}$$

Общий размер финансовых расходов на материалы определяется как сумма расходов на основные материалы и вспомогательные:

$$ЗМ = ЗМ_{\text{осн}} + ЗМ_{\text{всп}}$$

Поскольку конструкция изделия изменений не претерпевает, и в базовом варианте и в проектном материал изделия не меняется, первое слагаемое формулы, финансовые расходы на основные материалы, расчету не подлежит.

Для применяемой в настоящее время на предприятии технологии сварки в качестве вспомогательных материалов используют штучные электроды, расходы на закупку которых определим по формуле

$$ЗМ_{\text{эл.}} = Н_{\text{эл.}} \cdot Ц_{\text{эл.}} \quad (5.16)$$

где $Ц_{\text{эл.}}$ – стоимость штучных электродов, руб/кг;

$Н_{\text{эл.}}$ – расход штучных электродов согласно нормативам, кг.

$$Н_{\text{эл.}} = У \cdot L_{\text{ш.}} \quad (5.17)$$

где – $У$ – расход штучных электродов на единицу длины шва, согласно принятым нормативам, кг/м;

$L_{\text{ш.}}$ – общая протяженность сварного соединения, м.

$$У = k_p \cdot M_{\text{напл.мет}} \quad (5.18)$$

где k_p – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,7;

$M_{\text{напл.мет}}$ – общее количество присадочного материала, штучных электродов, нужных для формирования сварного соединения, кг.

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_{\text{ш}} \cdot 10^{-3}, \quad (5.19)$$

где ρ – плотность стали – материал штучных электродов, 7,8 г/см³;

$F_{\text{ш}}$ – площадь поперечного сечения шва, $F_{\text{ш}} = 129 \text{ мм}^2$.

$$M_{\text{напл.мет}} = 7,8 \cdot 159 / 1000 = 1,240 \text{ кг.}$$

$$У = 1,7 \cdot 1,240 = 2,10 \text{ кг/м.}$$

$$Н_{\text{эл.}} = 2,10 \cdot 0,687 = 1,448 \text{ кг.}$$

$$ЗМ_{\text{элб}} = 680 \cdot 1,448 = 984,93 \text{ руб;}$$

$$ЗМ_{\sigma} = 984,93 \text{руб.}$$

Для предлагаемой в проектном варианте технологии в качестве вспомогательных материалов используют присадочную проволоку и защитный газ, суммарные расходы на закупку которых определим по формуле

$$ЗМ_{\text{свпр}} = ЗМ_{\text{свпр}} + З_{\text{зг}} \quad (5.20)$$

Расходы на закупку присадочной проволоки определим по формуле:

$$ЗМ_{\text{свпр}} = Ц_{\text{пр}} \cdot Н_{\text{пр}} \quad (5.21)$$

где $Ц_{\text{пр}}$ – стоимость применяемой в проектной технологии присадочной проволоки, руб/кг;

$Н_{\text{пр}}$ - норма расхода применяемой в проектной технологии присадочной проволоки, кг.

Для определения нормы расхода применяемой в проектной технологии присадочной проволоки воспользуемся формулой:

$$Н_{\text{пр}} = У \cdot L_{\text{ш}} \quad (5.22)$$

где $У$ - расход сварочной проволоки на единицу длины шва, согласно принятым нормативам, кг/м;

$L_{\text{ш}}$ – общая протяженность сварного соединения, м.

$$У = k_{\text{р}} \cdot M_{\text{напл.мет}} \quad (5.23)$$

где $k_{\text{р}}$ – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,05;

$M_{\text{напл.мет}}$ – общее количество присадочного материала, присадочной проволоки, нужных для формирования сварного соединения, кг.

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_{\text{н}} \cdot 10^{-3}, \quad (5.24)$$

где ρ – плотность стали – материал присадочной проволоки, 7,8 г/см³;

$F_{\text{н}}$ – площадь поперечного сечения шва, $F_{\text{н}} = 159 \text{ мм}^2$.

$$M_{\text{напл.мет}} = 7,8 \cdot 159 / 1000 = 1,240 \text{ кг.}$$

$$У = 1,05 \cdot 1,240 = 1,302 \text{ кг/м.}$$

$$НР_{пр} = 1,302 \cdot 0,687 = 0,894 \text{ кг}$$

$$ЗМ_{свпр} = 590 \cdot 0,894 = 527,73 \text{ руб.}$$

Расходы на применяемый для защиты сварочной ванны газ, в предлагаемом варианте аргон, определим по формуле:

$$З_{з.г.} = Ц_{з.г.} \cdot Н_{з.г.} \quad (5.25)$$

где $Ц_{з.г.}$ – рыночная стоимость одного литра защитного газа в рублях;

$Н_{з.г.}$ – норма расхода используемого в предлагаемом варианте технологии защитного газа в литрах на 1 погонный метр шва.

Норма расхода вычисляется по зависимости:

$$Н_{з.г.} = У_{з.г.} \cdot L + У_{доп} \quad (5.26)$$

где $У_{з.г.}$ – расход защитного газа непосредственно на выполнение сварного шва, л.

$$У_{з.г.} = q_{з.г.} \cdot t_o \quad (5.27)$$

где $q_{зг} = 10$ л/мин;

t_o - вычисленное по формуле (5.2) время сварки шва.

$$У_{з.г.} = 10 \cdot 1,62 = 16,2 \text{ л}$$

$У_{доп.}$ – учитывает дополнительный расход газа на операции не связанные с формированием шва, $м^3$.

$$У_{доп} = t_{всп} \cdot q_{зг} \quad (5.28)$$

где $t_{всп}$ – время расхода газа, мин;

$q_{зг}$ – норма расхода газа в единицу времени, $м^3/\text{мин.}$

$$У_{доп} = 10 \cdot 0,05 = 0,5 \text{ л.}$$

$$Н_{з.г.} = 16,2 \cdot 0,687 + 0,5 = 11,62 \text{ л.}$$

$$З_{з.г.} = 0,011 \cdot 50 = 0,55 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта общая сумма расходов на вспомогательные материалы составит:

$$ЗМ_{пр} = 527,73 + 0,55 = 528,28 \text{ руб.}$$

Финансовые расходы на электрическую энергию

$$З_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_{о}}{КПД} Ц_{э-э} \quad (5.29)$$

где $P_{об}$ – мощность, расходуемая оборудованием при выполнении сварного соединения, кВт;

$Ц_{э-э}$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

КПД – коэффициент полезного действия оборудования, задействованного при выполнении сварного соединения.

Мощность расходуемую оборудованием при выполнении сварного соединения вычислим по режимам сварки: сила сварочного тока и напряжение дуги.

Для базового варианта технологии

$$P_{обб} = 120 \cdot 30 = 3600 \text{ Вт} = 3,6 \text{ кВт}$$

$$З_{э-э}^Б = \frac{3,6 \cdot 0,098}{0,7} 3,02 = 1,52 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$P_{обпр} = 210 \cdot 30 = 6300 \text{ Вт} = 6,3 \text{ кВт}$$

$$З_{э-э}^{пр} = \frac{6,3 \cdot 0,054}{0,75} 3,02 = 1,36 \text{ руб.}$$

На следующем этапе выполняем расчет затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования как суммы затрат на амортизацию и ремонт.

$$З_{об} = A_{об} + P_{т.р} \quad (5.30)$$

где $A_{об}$ – отчисления на амортизацию, руб.;

$P_{т.р}$ – отчисления на ремонт, руб.;

Отчисления на амортизацию рассчитаем по зависимости:

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} \cdot На_{об} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60 \cdot 100} \quad (5.31)$$

где $Ц_{об}$ – цена оборудования по базовому и проектному вариантам, руб.;

$На_{об}$ – норма амортизации оборудования, %;

$$A_{об}^Б = \frac{40000 \cdot 5,88 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,54 \text{ руб.}$$

$$A_{об}^{пр} = \frac{70000 \cdot 4,00 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,46 \text{ руб.}$$

Отчисления на ремонт рассчитаем по зависимости:

$$P_{т.р} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{т.р} \cdot k_3}{\Phi_{эф} \cdot 100} \quad (5.32)$$

где $H_{т.р}$ – норма отчислений на текущий ремонт оборудования, $\approx 35\%$;

$$P_{тр}^Б = \frac{40000 \cdot 35 \cdot 0,054}{1812 \cdot 100} = 0,40 \text{ руб.}$$

$$P_{тр}^{пр} = \frac{70000 \cdot 35 \cdot 0,024}{1812 \cdot 100} = 0,32 \text{ руб.}$$

Суммарные расходы на содержание и эксплуатацию

$$З_{об}^Б = 0,54 + 0,40 = 0,94 \text{ руб.}$$

$$З_{об}^{пр} = 0,46 + 0,32 = 0,78 \text{ руб.}$$

Для определения размера отчислений на площади, на которых установлено оборудование и оснастка базового и проектного вариантов технологии воспользуемся зависимостью:

$$Z_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{пл}} \cdot S_{\text{пл}} \cdot Na_{\text{пл}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100 \cdot 60} \quad (5.33)$$

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

$Na_{\text{пл}}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{\text{пл}}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м²;

$$Z_{\text{пл}}^{\text{б}} = \frac{4500 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 7,28}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,02 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{пл}}^{\text{пр}} = \frac{4500 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 4,00}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,02 \text{ руб.}$$

На следующем этапе определяем затраты по оплате труда

Фонд заработной платы определим как сумму:

$$\Phi ЗП = ЗП_{\text{осн}} + ЗП_{\text{доп}} \quad (5.34)$$

где $ЗП_{\text{осн}}$ – основная зарплата;

$ЗП_{\text{доп}}$ – дополнительная зарплата.

$$ЗП_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (5.35)$$

где $C_{\text{ч}}$ – значение тарифной ставки, руб/час;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время, час;

$k_{\text{зпл}}$ – коэффициент начислений на основную заработную плату.

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_{\text{у}} \cdot k_{\text{пф}} \cdot k_{\text{н}} \quad (5.36)$$

где $k_{\text{пр}} = 1,25$ – коэффициент премирования;

$k_{\text{вн}} = 1,1$ – коэффициент выполнения норм;

$k_{\text{у}} = 1,1$ – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{\text{пф}} = 1,057$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_{\text{н}} = 1,133$ – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{\text{ЗП}} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,057 \cdot 1,133 = 1,81$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{ОСН}}^{\text{Б}} = 0,121 \cdot 95,2 \cdot 1,81 = 4,60 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{ОСН}}^{\text{ПР}} = 0,066 \cdot 84,8 \cdot 1,81 = 1,53 \text{ руб.}$$

Дополнительная определяется по следующей зависимости:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = \frac{k_{\text{д}}}{100} \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} \quad (5.37)$$

где $k_{\text{д}}$ – коэффициент - 10%.

Для базового варианта технологии

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{Б}} = 4,60 \cdot 10/100 = 0,46 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{ПР}} = 1,53 \cdot 10/100 = 0,15 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{Б}} = 4,60 + 0,46 = 5,06 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{ПР}} = 1,53 + 0,15 = 1,68 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$O_{\text{СН}} = \text{ФЗП} \cdot N_{\text{соц}} / 100 \quad (5.38)$$

где $N_{\text{соц}}$ – коэффициент отчислений, 30 %.

Для базового варианта технологии

$$O_{\text{СН}}^{\text{Б}} = 5,06 \cdot 30/100 = 1,51 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$O_{\text{CH}}^{\text{пр}} = 1,68 \cdot 30 / 10 = 0,50 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость

Для определения размера технологической себестоимости просуммируем все расходы, найденные выше:

$$C_{\text{ТЕХ}} = Z_{\text{М}} + Z_{\text{Э-Э}} + Z_{\text{ОБ}} + Z_{\text{ПЛ}} + \Phi\text{ЗП} + O_{\text{CH}} \quad (5.39)$$

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{Б}} = 984,83 + 1,52 + 0,94 + 0,02 + 5,06 + 1,51 = 993,88 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{пр}} = 528,28 + 1,36 + 0,78 + 0,02 + 1,68 + 0,50 = 532,62 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}} \quad P_{\text{ЦЕХ}} \quad (5.40)$$

где $P_{\text{ЦЕХ}}$ – финансовые затраты на цеховые расходы, руб.

$$P_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + k_{\text{ЦЕХ}} \cdot Z_{\text{ОСН}} \quad Z_{\text{ОСН}} \quad (5.41)$$

где $k_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент цеховых расходов, 2,5;

$Z_{\text{ОСН}}$ – основная зарплата, руб.

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} = 993,88 + 4,60 \cdot 1,72 = 993,88 + 11,50 = 1005,38 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{пр}} = 532,62 + 1,53 \cdot 1,72 = 532,62 + 3,82 = 536,44 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + k_{\text{ЗАВ}} \cdot Z_{\text{ОСН}} \quad (5.42)$$

где $P_{\text{ЗАВ}}$ – финансовые затраты на заводские расходы, руб.

$k_{\text{ЗАВ}}$ – коэффициент заводских расходов, 1,8

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{Б}} = 1005,38 + 4,60 \cdot 1,97 = 1005,38 + 8,28 = 1013,66 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{ПР}} = 536,44 + 1,53 \cdot 1,97 = 536,44 + 2,75 = 539,19 \text{ руб.}$$

Калькуляция себестоимости

Таблица 5.3 – Перечень и значения статей затрат на сварку одного стыка трубопровода

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	Проект
1	2	3	4	5
1	Материалы	ЗМ	984,83	528,28
2	Фонд заработной платы	ФЗП	5,06	1,68
3	Отчисления на социальные нужды	О _{СН}	1,51	0,50
4	Затраты на оборудование	З _{ОБ}	0,94	0,78
5	Затраты на площади	ЗПл	0,02	0,02
6	Затраты на электроэнергию	З _{Э-Э}	1,52	1,36
	Себестоимость технологическая	C _{ТЕХ}	993,88	532,62

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5
6	Цеховые расходы		11,50	3,82
	Себестоимость цеховая	C _{ЦЕХ}	1005,38	536,44

7	Заводские расходы		8,28	2,75
	Себестоимость заводская	$C_{ЗАВ}$	1013,66	539,19

5.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений

Величину прибыли, ожидаемой от снижения себестоимости сварки стыка, определим по формуле:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = (C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\text{пр}} \quad (5.43)$$

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = (1013,66 - 539,19) \cdot 500 = 270970,00 \text{ руб.}$$

Величину годового экономического эффекта, ожидаемого от внедрения технических решений, обеспечивающих увеличение производительности, определим по формуле:

$$\text{Э}_{\Gamma} = [(C_{\text{зав}}^{\text{б}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}^{\text{б}}) - (C_{\text{зав}}^{\text{пр}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}^{\text{пр}})] \cdot N_{\text{пр}} \quad (5.44)$$

$$\text{Э}_{\Gamma} = [(1013,66 + 0,33 \cdot 4,32) - (539,19 + 0,33 \cdot 58,16)] \cdot 500 = 227335 \text{ руб.}$$

Размер уменьшения трудоемкости

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штб}} - t_{\text{штпр}}}{t_{\text{штб}}} \cdot 100\% \quad (5.45)$$

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,121 - 0,66}{0,121} \cdot 100\% = 45\%$$

Размер увеличения производительности труда

$$\Delta \Pi_{\Gamma} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (5.46)$$

$$\Delta \Pi_{\Gamma} = \frac{100 \cdot 45}{100 - 45} = 79\%$$

Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{общпр}}}{\text{Э}_{\text{уг}}} \quad (5.47)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{29080}{270970} \approx 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{cp} = 1/T_{ок} = 1/0,5 = 2. \quad (5.48)$$

Выводы по разделу

Внедрение оборудования с большей производительностью позволило уменьшить на 43% трудоемкость сварки одного стыка, при увеличении производительности труда на 75%.

Для внедрения оборудования с большей производительностью нужны финансовые затраты в размере 29080 руб., которые окупятся через 0,5 года. Планируемый размер годового экономического эффекта составит 227335 руб.

С учетом полученных результатов расчетов можно сделать вывод о необходимости внедрения результатов бакалаврской работы в производственные условия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ базового технологического процесса устранения дефектов трубопроводов сваркой показал, что его недостатки обусловлены низким уровнем механизации и автоматизации процесса применяемой для ремонта дуговой сварки.

Выполненный анализ возможных вариантов ремонтной сварки позволил рекомендовать механизированную сварку порошковой проволокой. Разработан технологический процесс механизированной сварки с применением порошковой проволоки.

Применение механизированной сварки порошковой проволокой по разработанной в бакалаврской работе технологии позволяет повысить производительность труда на 75%. При этом, рассчитанный в разделе «Экономическое обоснование» бакалаврской работы размер годового экономического эффекта составит 227335 руб.

Можно сделать вывод о достижении цели достижения цели бакалаврской работы

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алешин Н.П., Лысак В.И., Лукьянов В.Ф. Современные способы сварки: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.
2. Zhang Y.M., Liguó E., Kovacevic R. Active metal transfer control by monitoring excited droplet oscillation // *Welding Journal*. 1998. Vol. 77. N 9. P. 388-s—394-s.
3. Фивейский А.М. Новые процессы MIG/MAG сварки // *Техсовет*, 2010. № 4. С. 38.
4. Шолохов М.А. Эффективность эксплуатации инверторных источников питания / М.А. Шолохов, А.М. Фивейский, Д.С. Бузорина, Е.В. Лунина // *Сварка и диагностика*, 2012. № 3. С. 53–55.
5. Бранд М. Высокая производительность и отличное качество MIG/MAG сварки // Марко Бранд, А.М. Фивейский. Состояние и перспективы развития сборочно-сварочного производства: сборник докладов международной научно-технической конференции. Нижний Тагил, 2011. С. 71–78.
6. Крюков А.В., Павлов Н.В., Зеленковский А.А. Особенности сварки с импульсной подачей электродной проволоки // *Технология машиностроения*. 2013. № 7. С. 30—31.
7. Использование механических импульсов для управления процессами автоматической и механизированной сварки плавящимся электродом / Б.Е. Патон, В.А. Лебедев, И.В. Лендел, С.И. Полосков // *Сварка и Диагностика*. 2013. № 6. С. 16—20.
8. Лебедев В.А., Лендел И.В. Управление импульсным движением электродной проволоки при механизированной сварке за счет изменения шага подачи // *Заготовительные производства в машиностроении*. 2013. № 3. С. 10—14.

9. Лебедев В.А. Тенденции развития механизированной сварки в управляемым переносом электродного металла (обзор) // Автоматическая сварка. 2010. № 10. С. 45—53.
10. Механизированная дуговая точечная сварка с применением импульсной подачи электродной проволоки / Л.М. Лобанов, В.А. Лебедев, А.Н. Тимошенко и др. // Технология машиностроения. 2012. № 2. С. 35—38.
11. Крюков А.В. Повышение эффективности механизированной сварки в углекислом газе за счет применения импульсной подачи электродной проволоки. Автореферат диссертации кандидата технических наук. - Барнаул: 2008. - 19 с.
12. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ [Текст] / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
13. Рыбаков А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ [Текст] / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
14. Чебац В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие [Текст] / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
15. Красовский А.М. Основы проектирования сварочных цехов [Текст] / А.М. Красовский. - М.: Машиностроение, 1979 - 319 с.
16. Волченко В.Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 [Текст] / В.Н. Волченко. - М.: Машиностроение, 1991 - 527 с.
17. Ключев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика [Текст] / В.В. Ключев. - М.: Машиностроение, 1995. - 390 с.
18. Александров А.Р. Источники питания для дуговой сварки [Текст] / А.Р. Александров, В.С. Милютин. - М.: Машиностроение, 1982-427 с.
19. Думов С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов [Текст] / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.