

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

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

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

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

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления
фермы пешеходного моста

Студент

Д.В. Вачаев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Д.И. Плахотный

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

Консультанты

к.т.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2021

Аннотация

В настоящее время роль сварочных процессов в изготовлении ответственных конструкций является ведущей. Все железнодорожные, автомобильные и пешеходные мосты содержат большое количество сварных швов, от прочности и работоспособность которых определяет долговечность всей мостовой конструкции.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки несущих конструкций пешеходного моста.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи:

- выполнить обоснованный выбор способа сварки рассматриваемой конструкции;

- составить проектную технологию сварки (выбрать сварочные материалы назначить оптимальные параметры режима, выбрать сварочное оборудование, требования к выполнению технологических операций);

- оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал;

- оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 0,81 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,6 года.

Abstract

The title of the graduation work is «The technological process of manufacturing a pedestrian bridge truss».

Currently, the role of welding processes in the manufacture of critical structures is the leading one. All railway, road and pedestrian bridges contain a large number of welds, the strength and performance of which determines the durability of the entire bridge structure.

The aim of the work is to increase the productivity and quality of welding of an arch truss of a pedestrian bridge truss.

The following tasks have been solved:

- to make a reasonable choice of the welding method for the structure under consideration;

- to draw up a design welding technology (select welding materials, assign optimal mode parameters, select welding equipment, requirements for performing technological operations);

- to evaluate the proposed solutions in terms of negative impact on the environment and working personnel;

- to evaluate the costs of implementing the proposed technological solutions and the potential economic effect when the design welding technology of the structure under consideration is adopted into production.

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

The calculated annual economic effect, taking into account capital investments, is 0,81 million rubles.

Содержание

Введение	6
1 Анализ современного состояния сварки ферменных конструкций при строительстве мостов	8
1.1 Описание конструкции изделия	8
1.2 Обоснование выбора материала для изготовления фермы моста	10
1.3 Базовая технология изготовления фермы моста	14
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	19
2 Проектная технология изготовления фермы моста	20
2.1 Обоснование выбора способа сварки	20
2.2 Операции технологического процесса сварки изделия	24
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса	32
3.1 Технологическая характеристика объекта	32
3.2 Идентификация профессиональных рисков	34
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	37
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	38
3.5 Обеспечение экологической безопасности	40
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии	42
4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений	42
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	44
4.3 Расчет штучного времени	45
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии	47
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии	51

4.6 Показатели экономической эффективности.	54
Заключение	57
Список используемой литературы и используемых источников.	58

Введение

В настоящее время роль сварочных процессов в изготовлении ответственных конструкций является ведущей. Все железнодорожные, автомобильные и пешеходные мосты содержат большое количество сварных швов, от прочности и работоспособность которых определяет долговечность всей мостовой конструкции.

Фермы мостов работают в сложных условиях переменного нагружения, которые обусловлены не только перемещающимися по ним людям и транспортом, но и изменением температуры окружающего воздуха. Нормативная документация [13], [14] устанавливает расчётный срок службы мостов – 100 лет. Однако опыт эксплуатации показывает, что зарождение усталостных трещин в конструкции металлических мостов происходит значительно раньше [17]. Так, трещины в несущих элементах металлических мостов обнаруживаются уже после 1...7 лет после начала эксплуатации.

Многолетняя практика эксплуатации сварных металлических мостов показала, что основным видом повреждений является уменьшение сечений несущих элементов из-за коррозии. Это является основной причиной, которая снижает эксплуатационную пригодность моста и его несущую способность [5], [6].

Как показывает практика, длительная работа сварных соединений в условиях знакопеременных нагрузок повышает влияние напряжений в конструкции на её долговечность. При этом большая часть действующих в конструкции напряжений приходится на сварочные напряжения. Деформации и напряжения при сварке возникают по причине неравномерности нагрева изделия и зачастую остаются в нём после остывания сварного шва и его усадки. Как показывают проведённые исследования [20], [22], остаточные растягивающие напряжения при сварке мостовых конструкций могут достигать 90% от предела текучести.

Из вышеизложенного следует вывод, что повышение долговечности и безотказности мостовых конструкций должно основываться на совершенствовании основных технологических процессов, переход на сварку с применением перспективных способов и методик контроля, применении конструкционных материалов с повышенными свойствами.

Кроме того, в настоящее время в мире отмечается долговременная тенденция повсеместной замены ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированные способы сварки (самозащитной порошковой проволокой и проволокой сплошного сечения в смесях защитных газов) [3]. Несмотря на прорыв в области технологий материалов, достигнутый за последние 20 лет российской промышленностью, в настоящее время существуют отдельные недостатки. Сохраняется зависимость от иностранных технологий и оборудования. Статистические данные [11] показывают, что доля импорта в электронной промышленности составляет 80...90 %, в тяжёлом машиностроении – 60...80 %, а станкостроении – превышает 90 %. Зависимость от иностранных технологий является причиной технологического отставания.

Поэтому российский производитель должен делать упор на отечественные разработки в области диагностики и управления сварочными процессами.

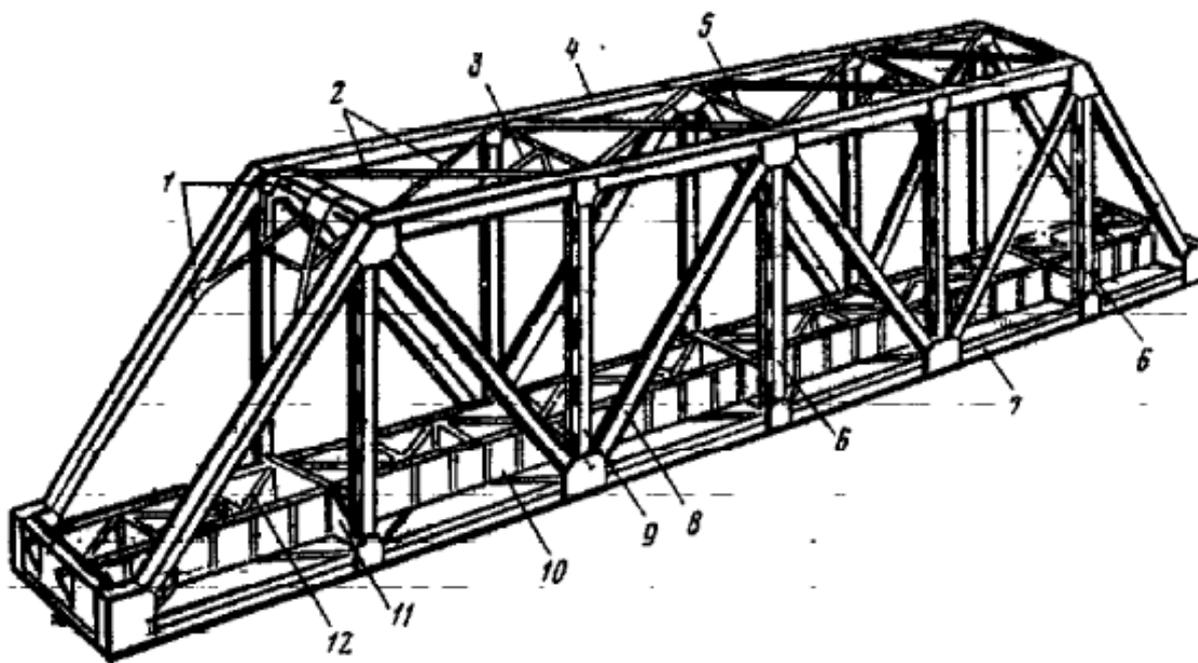
В настоящее время при сварке фермы пешеходного моста применяется ручная дуговая сварка, которая характеризуется низкой производительностью и стабильностью качества. Исправление дефектов в свою очередь требует дополнительного времени и также снижает производительность работ.

Таким образом, является актуальной целью выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки несущих конструкций пешеходного моста.

1 Анализ современного состояния сварки ферменных конструкций при строительстве мостов

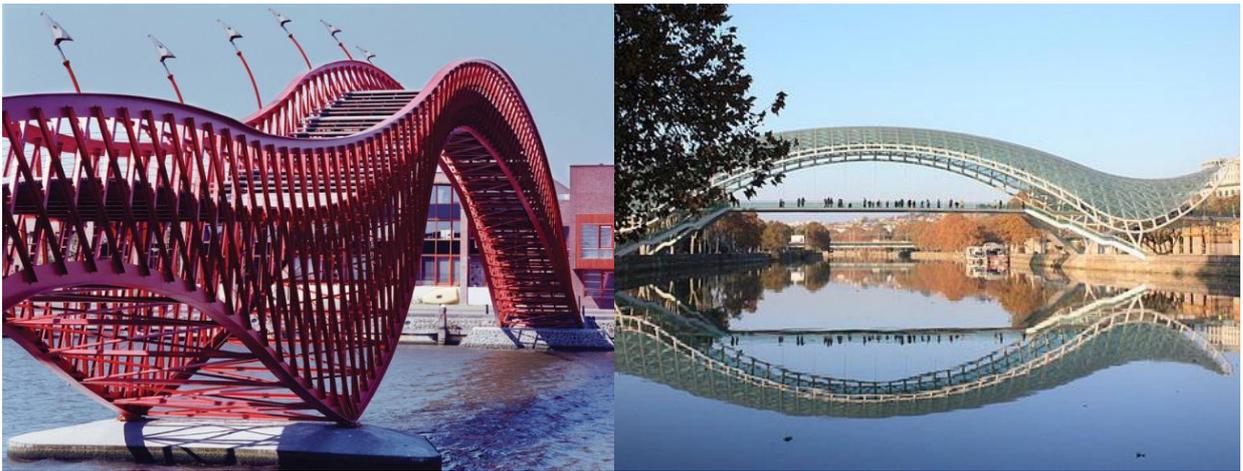
1.1 Описание конструкции изделия

В основе несущей конструкции мостов (автомобильных и пешеходных) лежит ферменная конструкция с треугольной формы, представленная на рисунке 1. Такая конструкция включает в себя стойки и подвески, которые существенно увеличивают металлоёмкость конструкции, не воспринимая на себя значительные нагрузки. Также следует принимать во внимание старевший дизайн. В настоящее время каждый пешеходный мост может стать произведением искусства, даже с учётом использования ферменных конструкций, как показано на рисунке 2 [19], [23], [24].



1 – порталная рама; 2 – продольные связи; 3 – поперечные связи; 4 – верхний пояс;
5 – распорка продольных связей; 6 – подвеска; 7 – нижний пояс; 8 – раскос; 9 – стойка;
10 – продольная балка; 11 – поперечная балка; 12 – продольные связи продольных балок

Рисунок 1 – Типовая конструкция моста



а)

б)

Рисунок 2 – Примеры нестандартного подхода к строительству пешеходных мостов с использованием сварных ферм: мост-питон - Амстердам (а), Мост мира – Тбилиси (б)

Фермы, которые имеют главный размер более 18 метров, поставляют на место конечного монтажа в сваренном виде. В противном случае производят разбивку фермы на составные части (две или три в зависимости от длины). Рассматриваемая треугольная ферма согласно рисунка 3 имеет длину 15 метров и поставляется на монтаж целиком.

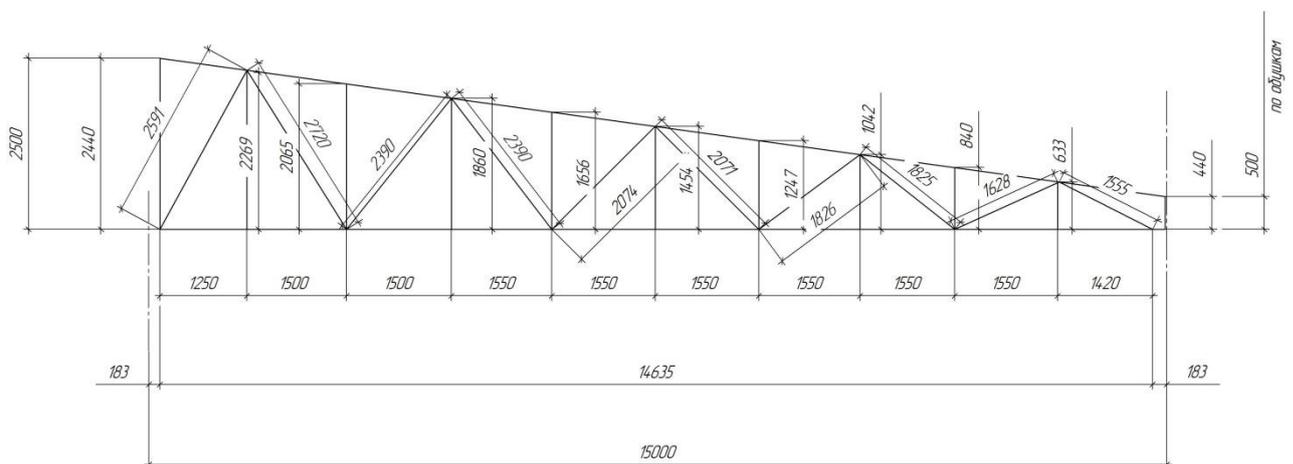


Рисунок 3 – Несущий элемент фермы моста

1.2 Обоснование выбора материала для изготовления фермы моста

Мостовые конструкции работают в особых условиях, испытывают постоянные вибрационные нагрузки. Поэтому для их изготовления требуются стали, которые имели бы низкую температуру перехода в хрупкое состояние. Также от сталей для изготовления мостовых конструкций требуется обладать малой чувствительностью к концентраторам напряжений. Наклёп сталей не должен приводить к их старению.

Применяемые стали должны обладать хорошей свариваемостью, а металл околошовной зоны должен быть вязким. Основные несущие элементы мостовых конструкций (фермы, балки, диафрагмы и пр.) выполняются из полуфабрикатов сталей 15ХСНД, 10ХСНД, 16Г2АФ, 06Г2Б [4].

В числе требований к несущим элементам конструкций мостов следует выделить основные [2]: первая – твердость основного металла и металла шва, вторая – механические свойства на осевое растяжение, третья – ударная вязкость при комнатной и отрицательной (до -60°C) температурах, четвертая – загиб сварных швов.

Многолетняя практика эксплуатации сварных металлических мостов показала, что основным видом повреждений является уменьшение сечений несущих элементов из-за коррозии. Это является основной причиной, которая снижает эксплуатационную пригодность моста и его несущую способность [5], [6].

Стойкость металлических мостовых конструкций по отношению к атмосферной коррозии в зависимости от химического состава применяемой стали были ранее исследованы [4], [7]. Стойкость стальной конструкции против атмосферной коррозии повышается, если увеличивать содержание в стали таких химических элементов, как медь, фосфор, хром, никель и молибден. Информация по химическому составу сталей для мостостроения представлена в таблице 1.

В течение последних десятилетий для строительства мостовых конструкций успешно применяется сталь 06ГБД и 06Г2БД [4], [16], которая является сталью повышенной прочности и хладостойкости. При относительно небольшой цене за счёт экономичности легирования эти стали обладают необходимыми механическими и техническими свойствами. На основе стали 06Г2БД была предложена сталь 06Г2БДП согласно таблицы 2.

Таблица 1 - Содержание химических элементов в стали для строительства мостовых конструкций

Марка стали	C	Mn	Si	P	S	Cu	Cr	Ni	Прочее
10ХНДП	<0,12	0,30-0,60	0,17-0,37	0,07-0,12	<0,04	0,30-0,50	0,50-0,80	0,30-0,60	Al 0,08-0,15
15ХСНД	0,12-0,18	0,40-0,70	0,40-0,70	<0,035	<0,035	0,20-0,60	0,60-0,90	0,30-0,60	-
10ХСНД	<0,12	0,50-0,80	0,80-1,10	<0,035	<0,035	0,40-0,60	0,60-0,90	0,50-0,80	-
14ХГНДЦ	0,11-0,16	0,70-1,00	0,20-0,40	<0,020	<0,015	0,40-0,60	0,80-1,10	0,50-0,80	Mo 0,04-0,08 V 0,05-0,07 Al 0,01-0,04
06ГБД	0,04-0,08	0,90-1,20	0,15-0,35	<0,025	<0,010	0,15-0,30	<0,20	<0,35	Al 0,02-0,05 N< 0,012 Mo 0,05-0,08 Ti<0,020 Nb 0,010-0,030
06Г2БД	0,04-0,08	1,30-1,60	0,15-0,35	<0,025	<0,010	0,15-0,30	<0,20	<0,35	Al 0,02-0,05 N< 0,012 Mo 0,10-0,12 Ti<0,020 Nb 0,030-0,050

Таблица 2 – Содержание химических элементов в стали 06Г2БДП в зависимости от класса прочности

Класс прочности	C	Si	Mn	Nb	Mo	Al	Ti	Cr	Ni
355	0,04 – 0,08	0,15 – 0,35	0,90 – 1,20	0,010 – 0,030	0,02 – 0,05	0,02 – 0,05	<0,020	<0,30	<0,012
390	0,04 – 0,08	0,15 – 0,35	1,10 – 1,40	0,010 – 0,030	0,02 – 0,05	0,02 – 0,05	<0,020	<0,30	<0,012
440	0,05 – 0,08	0,15 – 0,35	1,30 – 1,60	0,030 – 0,050	0,05 – 0,08	0,02 – 0,05	<0,020	<0,30	<0,010
460	0,06 – 0,09	0,15 – 0,40	1,40 – 1,65	0,030 – 0,050	0,06 – 0,10	0,02 – 0,05	<0,025	<0,40	<0,008
500	0,08 – 0,12	0,15 – 0,50	1,50 – 1,75	0,040 – 0,060	0,10 – 0,20	0,02 – 0,05	<0,030	<0,50	<0,006

Предлагаемая к использованию в мостостроении сталь 06Г2БДП в зависимости от класса прочности содержит 0,04...0,12 % углерода, 0,90...1,75 % марганца, в также микродобавки ванадия, ниобия и молибдена. Сталь 06Г2БДП обладает сочетанием высокой ударной вязкости и высокой прочности согласно таблицы 3.

Для сравнения в таблице 4 представлены механические свойства сталей 15ХСНД, 10ХСНД, 16Г2АФ и 06Г2Б, которые широко применяются при строительстве мостовых конструкций [10].

Таблица 3 – Механические свойства и хладостойкость проката из стали 06Г2БДП

σ_B	σ_T	δ_5	ψ	Ударная вязкость				σ_T — σ_B	HV
				КСУ		КСВ			
МПа	МПа	%	%	+20 °С	-40 °С	+20 °С	-40 °С		
515 - 530	375 - 391	34 - 36	79 - 84	346	340	350	338	0,74	156 - 159

Таблица 4 – Механические характеристики сталей для строительства мостовых конструкций [10]

Марка стали	Класс прочности	Толщина металла	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %
15ХСНД	390	30	400	555	30
10ХСНД	390	30	390	510	39
16Г2АФ	440	30	440	590	39
06Г2Б	440	8...50	440	530	43

Экономно легированная сталь 06Г2Б, предлагаемая в настоящее время для изготовления мостовых конструкций, может быть признана перспективной из-за своих неоспоримых преимуществ – низкого содержания примесей (согласно таблицы 1), повышенной прочности и хладостойкости. Сниженное по сравнению с другими сталями содержание серы в стали 06Г2Б не только повышает хладостойкость, но и существенно снижает склонность к образованию горячих трещин при сварке, повышая свариваемость. Также снижение содержания серы приводит к повышению коррозионной стойкости. Однако, несмотря на свои преимущества, сталь 06Г2Б не получила пока

широкого распространения из-за своей дороговизны и недоступности (выпуск проката из этой стали освоен пока только на одном предприятии).

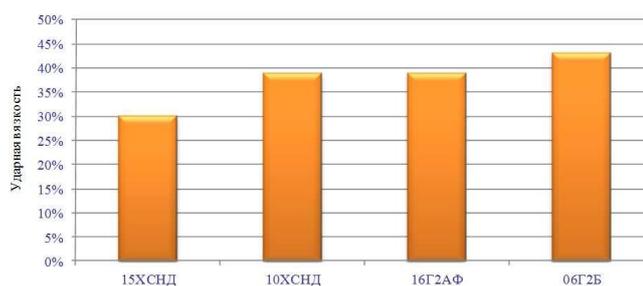


Рисунок 4 – Распределение сталей по ударной вязкости [10]

Сталь 16Г2АФ характеризуется значительной пластичностью по сравнению со сталями 10ХСНД и 15ХСНД. Мостовые конструкции из этой стали могут сопротивляться разрушению в условиях высокого уровня деформаций и напряжений. Однако это преимущество стали 16Г2АФ ликвидируется отмеченной в ранее проведенных исследованиях [18], большой, по сравнению со сталями 10ХСНД и 15ХСНД склонностью к хрупким разрушениям. Высокая склонность к хрупким разрушениям у стали 16Г2АФ не позволяет широко использовать эту сталь при изготовлении мостовых конструкций.

Несмотря на то, что стали марок 10ХСНД и 15ХСНД по сравнению с другими рассматриваемыми сталями обладают меньшим пределом текучести, эти стали характеризуются высокой пластичностью и вязкостью. Это свойство очень важно при выполнении несущих элементов мостовых конструкций. По сравнению со сталью 15ХСНД, сталь 10ХСНД обладает большей ударной вязкостью, благодаря чему конструкции из этой стали лучше сопротивляются хрупкому разрушению.

На основании вышеизложенного для изготовления конструкции – ферма пешеходного моста, следует применить сталь 10ХСНД. Эта сталь имеет самую малую стоимость из рассмотренных сталей. Свойства стали 10ХСНД позволяют оптимально сочетать невосприимчивость к концентраторам напряжений, низкую температуру перехода в хрупкое состояние, коррозионную стойкость, повышенную прочность.

1.3 Базовая технология изготовления фермы моста

При сварке применяются электроды типа Э50А: УОНИ 13/55, МТГ-01К, МТГ-02 или МТГ-03 (согласно таблицы 5 и таблицы 6). Прокалку электродов выполняют в соответствии с указанными на упаковках режимами. После прокалки электродов их следует незамедлительно поместить в резервную печь, разогретую до 80...100 °С. Используемые при сварке электроды вынимаются из печи непосредственно перед сваркой. Если в течение смены не были использованы все электроды, то остаток электродов следует ещё раз прокалить. При этом общее количество прокалок электрода до его использования не должно превышать трёх, в противном случае электроды считаются непригодными для сварки.

Таблица 5 – Химический состав наплавленного металла электродами различных марок

Марка электрода	C	Mn	Si	Ni	Mo	S+P
УОНИ 13/55	<0,09	1,05	0,42	-	-	< 0,040
МТГ-01К	< 0,06	1,35	0,33	-	-	< 0,035
МТГ-02	< 0,06	1,35	0,33	-	0,25	< 0,035
МТГ-03	< 0,06	1,10	0,45	0,70	0,40	< 0,035

Таблица 6 – Механические свойства наплавленного металла электродами различных марок

Марка электрода	Предел текучести	Предел прочности	Относительное удлинение	Ударная вязкость KCV	Ударная вязкость KCU
	σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ , %	Дж/см ²	Дж/см ²
УОНИ 13/55	420	530	20	130, +20°C 80, -40°C 34, -60°C	59, -30°C 35, -40°C
МТГ-01К	420	500	26	120, +20°C 59, -60°C	130, +20°C 50, -60°C
МТГ-02	420	500	26	120, +20°C 59, -40°C	130, +20°C 50, -60°C
МТГ-03	460	590	22	120, +20°C 59, -40°C 34, -60°C	130, +20°C 50, -60°C

Для прокали электродов используется печь ЭПСЭ-40/400, представленная на рисунке 5а, в качестве резервных печей для хранения прокаленных электродов используются две печи ЭПСЭ-10/400, как на рисунке 5б.

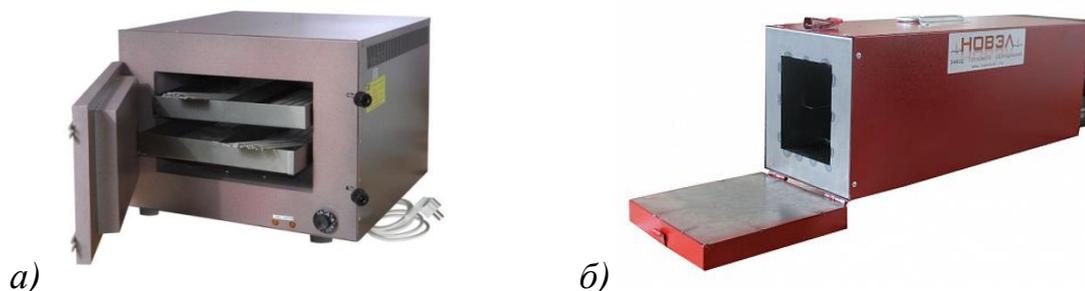


Рисунок 5 – Печи для прокали и резервного хранения электродов: ЭПСЭ-40/400 (а) и ЭПСЭ-10/400 (б)

Таблица 7 – Параметры прокали электродов перед сваркой

Марка электрода	Температура прокали	Время прокали
УОНИ 13/55	380...420 °С	90...120 мин
МТГ-01К	360...400 °С	60...80 мин
МТГ-02	360...400 °С	60...80 мин
МТГ-03	360...400 °С	60...80 мин

Сварку необходимо выполнять в отапливаемых цехах, обеспечивающих положительную температуру свариваемой конструкции и окружающего воздуха.

Если поддержание положительной температуры в помещении, где проходит сварка, невозможно, в порядке исключения допускается вести сварку при температуре не ниже -10 °С. При этом обязателен предварительный подогрев кромок и прилегающих к ним участков основного металла. Температура предварительного подогрева 120...150 °С. Ширина предварительного подогрева составляет не менее 60 мм, если толщина свариваемого металла не превышает 25 мм и не менее 80 мм – если толщина свариваемого металла превышает 25 мм.

Для сварки применяются электроды УОНИ 13/55 диаметром 4 мм. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности («+» - на электроде). Поперечное сечение наплавленного слоя для первого прохода должно быть $(6...8)d_{эл}$, что составляет 24...32 мм². Поперечное сечение последующих проходов должно быть $(8...12) d_{эл}$, что составляет 32...48 мм².

Прихватку выполняют электродами диаметром 4 мм, заполнение разделки выполняют электродами диаметром 4 мм или 5 мм, облицовочный слой выполняют электродами диаметром 4 мм. Параметры режима выполнения прихваток и сварки приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Параметры режима сварки электродами УОНИ 13/55 Ø 4 и 5 мм

Диаметр электрода	Положение сварного шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
4 мм	130...160 А	120...150 А	120...150 А
5 мм	180...200 А	160...180 А	-

Для сварки применяют источник питания DC-400, представленный на рисунке 6.



Рисунок 6 – Оборудование для ручной дуговой сварки: источник питания DC-400

При сварке фермы пешеходного моста выполняются следующие виды контроля качества:

- входной контроль применяемой производственной документации, технологии сварки, сварочного оборудования, сварочных материалов, металлического проката;

- пооперационный контроль при выполнении операций технологического процесса;
- приёмочный контроль качества изготовления фермы.

При входном контроле качества выполняется проверка полноты проектно-конструкторской документации и её соответствие действующим нормам. Также контролируется качество окрасочных материалов и металлического проката, проверяется каждая партия поступающих сварочных материалов, состояние сварочного оборудования, годность аттестационных документов.

При пооперационном контроле происходит разрешение выполнения следующей операции технологического процесса при условии успешного контроля качества на предыдущей технологической операции. Мастер цеха контролирует сборку элементов под сварку (правильность фиксирования элементов, правильность подготовки кромок, зазор, притупление, чистоту поверхностей, правильность выполнения прихваток).

Сварные соединения подлежат проверке сразу после их выполнения. Приёмочный контроль проводят: визуально-измерительный (согласно РД 03-606-03), ультразвуковой (согласно ГОСТ 14782).

В ходе визуально-измерительного контроля выполняют проверку сварных швов на соответствие формы и размеров, отсутствие недопустимых дефектов на поверхности. Объём визуально-измерительного контроля – 100 %. В ходе ультразвукового контроля проверяется отсутствие недопустимых дефектов в сварном шве и околошовной зоне. Объём ультразвукового контроля – 30 %.

Не допускаются следующие выявленные при визуально-измерительном контроле дефекты: трещины всех видов и направлений, непровары в корне шва и неполное проплавление, прожоги, несплавления, поверхностные поры размером более 2,0 мм, подрезы глубиной более 2,0 мм, уменьшение катета углового шва, вогнутость корня шва более 1,5 мм, наплывы.

Не допускаются следующие выявленные при ультразвуковом контроле дефекты: непровары и несплавления между слоями шва, внутренние поры более 1,0 мм, скопления и цепочки шлаковых включений.

По внешнему виду сварные швы должны быть: с гладкой или равномерно чешуйчатой поверхностью, иметь плавные переходы к основному металлу, облицовочные валики должны перекрывать друг друга 1/3 ширины, кратеры должны быть заварены.

Для проведения визуально-измерительного контроля применяется набор, представленный на рисунке 7: универсальный шаблон сварщика УШС-3; штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 с глубиномером; линейка металлическая Л-300 (300 мм); лупы просмотровые 4х и 7х; лупа просмотровая с подсветкой 3,5 х; лупа измерительная ЛИЗ-10х; рулетка, инструкция РД 03-606-03; угольник металлический; наборы щупов и радиусных шаблонов; фонарик; маркер по металлу; футляр для хранения.



Рисунок 7 – Оборудование для проведения визуально-измерительного контроля сварных швов



Рисунок 8 – Ультразвуковой дефектоскоп USD-500

Для проведения ультразвукового контроля применяется ультразвуковой дефектоскоп USD-500, представленный на рисунке 8, набор стандартных образцов, гель для УЗК.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В работе сформулирована цель – повышение производительности и качества сварки несущих конструкций пешеходного моста.

Анализ применяемых в мостостроении сталей позволил обосновать применение стали 10ХСНД.

Анализ базовой технологии сварки с применением ручной дуговой сварки штучными электродами позволил сформулировать его недостатки:

- малая производительность сварки;
- тяжёлые условия труда;
- значительное количество дефектов, исправление которых требует затрат времени и сварочных материалов.

Анализ состояния вопроса позволяет сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, решение которых приведёт к достижению поставленной цели:

- выполнить обоснованный выбор способа сварки рассматриваемой конструкции;
- составить проектную технологию сварки (выбрать сварочные материалы назначить оптимальные параметры режима, выбрать сварочное оборудование, требования к выполнению технологических операций);
- оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал;
- оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

2 Проектная технология изготовления фермы моста

2.1 Обоснование выбора способа сварки

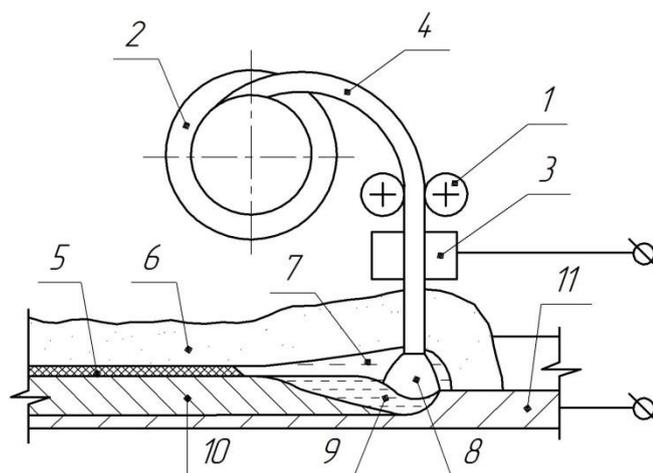
В соответствии с действующей нормативной документацией по изготовлению несущих сварных конструкций мостов [13], [14] допускается применение следующих способов сварки:

- автоматическая и механизированная сварка под флюсом (ГОСТ 8713 или ГОСТ 11533);
- автоматическая и механизированная сварка в смеси защитных газов (ГОСТ 14771 и ГОСТ 23518);
- ручная электродуговая сварка (ГОСТ 5264 и ГОСТ 11534);
- автоматическая и механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой.

Сварка под флюсом согласно рисунка 9 может быть использована для выполнения стыковых соединений, сварка которых происходит в нижнем положении. Толщина свариваемого металла составляет 10...20 мм для двухсторонней однопроходной сварки на флюсовой подушке согласно рисунка 10а. При толщине металла 20...50 мм применяется двухсторонняя многопроходная сварка с симметричным скосом кромок согласно рисунка 10б.

Преимуществами сварки под флюсом являются: возможность управления составом наплавленного металла через проволоку и флюс, хорошее качество сварки при работах на открытом воздухе, высокая производительность и малые потери на угар и разбрызгивание.

Недостатками сварки под флюсом являются: возможность ссыпания флюса с изделия, усложняется сварочное оборудование, повышенная жидкотекучесть расплавленного металла и флюса (повышается вероятность непроваров и пор), высокие требования к сборке под сварку (возможно вытекание расплавленного металла между кромками).



1 – ролики подачи электрода; 2 – кассета с электродной проволокой; 3 – подвод тока; 4 - сварочная проволока; 5 – шлаковая корка; 6 – нерасплавившийся флюс; 7 - слой жидкого шлака; 8 - электрическая дуга; 9 – сварочная ванна; 10 - наплавленный металл; 11 – основной металл

Рисунок 9 – Схема осуществления автоматической сварки под флюсом

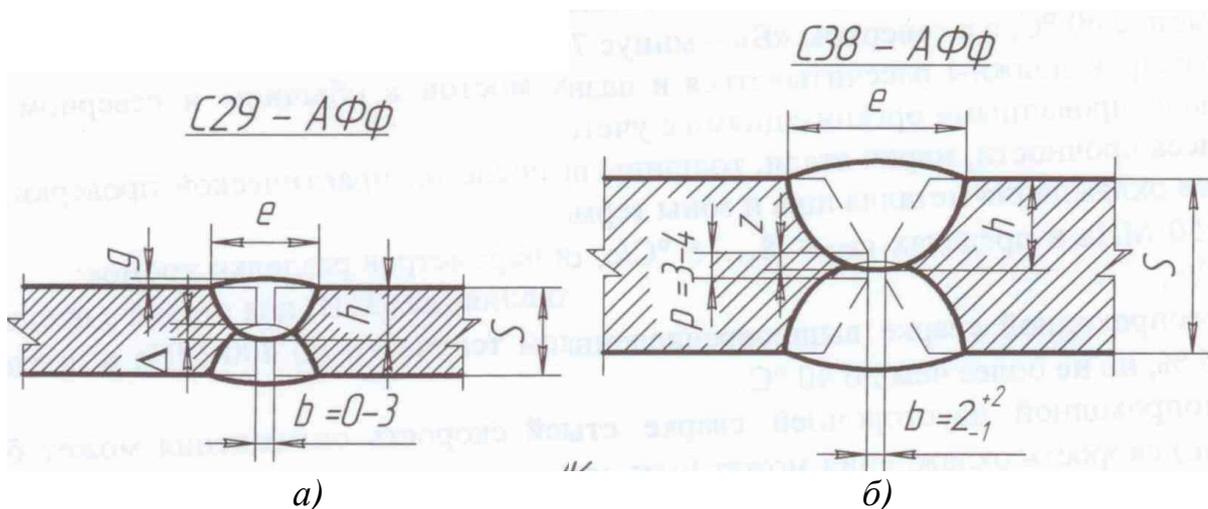
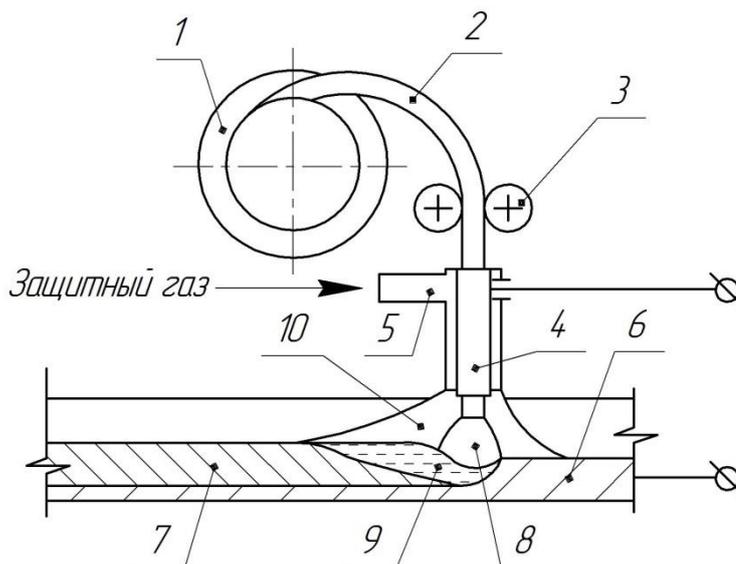


Рисунок 10 – Сварные швы, выполненные автоматической сваркой под флюсом: двухсторонней односторонней (а) и двухсторонней многосторонней (б)

Сварка в смеси защитных газов, схема которой приведена на рисунке 11, применяется при выполнении стыковых соединений выполняемых в нижнем положении с возможностью двухстороннего подхода. При толщине металла 6...8 мм выполняется сварка без скоса кромок, при толщине металла 10...25 мм – V-образный, К-образный и Х-образный скосы кромок. Также эта сварка может применяться при

выполнении угловых, тавровых и нахлесточных соединений во всех пространственных положениях при толщине металла 10...50 мм.



1 – катушка со сварочной проволокой; 2 – сварочная проволока; 3 – ролики подачи сварочной проволоки; 4 – подвод тока; 5 – сварочная горелка; 6 – основной металл; 7 – наплавленный металл; 8 – сварочная дуга; 9 – сварочная ванна; 10 – струя защитного газа

Рисунок 11 – Схема осуществления сварки в среде защитных газов

Преимуществами сварки в смеси защитных газов являются: высокая производительность сварки, не образуется шлаковая корка, улучшаются условия труда сварщика, возможность сварки во всех пространственных положениях.

Недостатками сварки в смеси защитных газов являются: наличие газовых баллонов (ограниченная подвижность сварщика), повышенное разбрызгивание электродного металла (ограничение на ток сварки и производительность, потери металла), низкая пластичность наплавленного металла (опасность получения трещин).

Сварка самозащитной порошковой проволокой, схема которой приведена на рисунке 12, в основном применяется при сварке стыковых соединений в вертикальном положении, толщина листов может быть до 40 мм.

Преимуществами сварки самозащитной порошковой проволокой являются: возможность управления составом наплавленного металла через проволоку, отсутствие газовых баллонов, что существенно повышает мобильность сварщика, хорошее качество сварки при работах на открытом воздухе, существенно повышается производительность по сравнению с ручной штучными электродами и механизированной сваркой в защитных газах.

Недостатками сварки самозащитной порошковой проволокой являются: необходимость удаления шлаковой корки с поверхности шва, высокая стоимость порошковой проволоки, сильное порообразование и возможность получения дефектов в виде пор и шлаковых включений, необходимость борьбы с заломами сварочной проволоки из-за её излишней мягкости, неравномерное плавление оболочки и сердцевины сварочной проволоки.

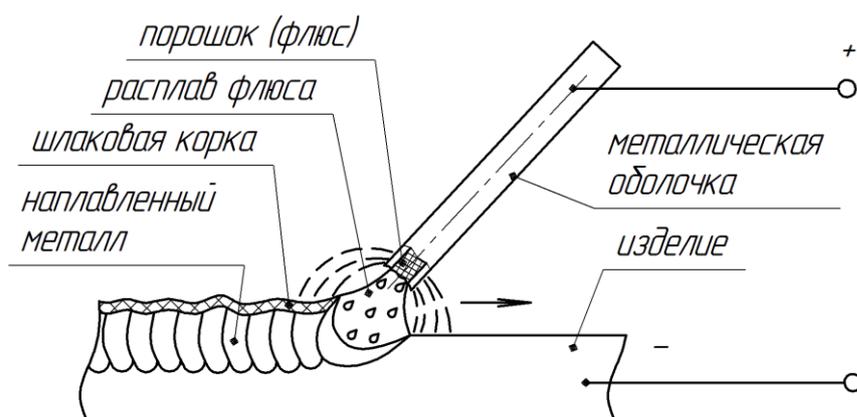
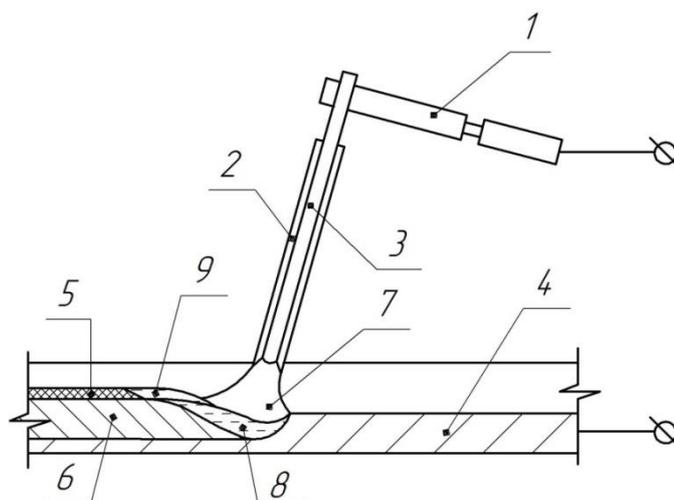


Рисунок 12 – Схема осуществления сварки самозащитной порошковой проволокой

Ручная электродуговая сварка штучными электродами, схема которой приведена на рисунке 13, применяется при выполнении коротких швов длиной до 1000 мм в конструкциях со стыковыми, тавровыми и нахлесточными соединениями. Толщина свариваемого металла может быть 10...50 мм, при этом возможна сварка как без разделки кромок (для малых толщин), так и с разделкой кромок (для больших толщин). Также ручная

дуговая сварка штучными электродами применяется при исправлении дефектов сварки, в том числе, и в сварных швах, выполненных другими способами сварки.



- 1 – электрододержатель; 2 – покрытие сварочного электрода; 3 – стержень сварочного электрода; 4 – основной металл; 5 – шлаковая корка; 6 – наплавленный металл; 7 – сварочная дуга; 8 – сварочная ванна; 9 – жидкий шлак

Рисунок 13 - Схема осуществления ручной электродуговой сварки штучными электродами

На основании анализа возможных способов сварки принято решение заменить ручную дуговую сварку штучными электродами (базовый вариант технологии сварки) на механизированную сварку в смеси защитных газов (проектный вариант технологии).

2.2 Операции технологического процесса сварки изделия

Технология изготовления сварной конструкции фермы моста предусматривает выполнение следующих операций: очистка; правка; разметка; резка; сборка; предварительный подогрев; сварка; правка; контроль качества

Качество сварочной проволоки должно соответствовать ГОСТ 2264. Упаковка сварочных материалов должна быть проведена согласно требованиям ТУ на эти материалы. Обязательно наличие сертификатов

предприятия-изготовителя, которые удостоверяют качество поставленной сварочной проволоки. Очищенная и намотанная в кассеты сварочная проволока должна храниться в закрытых помещениях, температура в которых не опускается ниже +15 °С. При этом на каждой кассете с проволокой на видном месте необходимо выполнить маркировку несмываемой краской. При намотке проволоки на кассеты следят за тем, чтобы не было перегибов. Сварочные проволоки в зависимости от условий поставки могут быть полированными, омеднёнными или осветлёнными.

Для сварки применяется проволока сплошного сечения диаметром 1,2 мм Св-08ГСМТ (согласно таблице 9 и таблице 10, рисунка 14).



Рисунок 14 – Сварочные материалы: намотанные кассеты с омеднённой сварочной проволокой Св-08ГСМТ (а) и баллоны с защитным газом (б)

Таблица 9 – Химический состав проволоки Св-08ГСМТ

С	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti
0,06-0,11	0,40-0,70	1,0-1,3	<0,30	<0,30	0,2-0,4	0,05-0,12

Таблица 10 – Механические свойства наплавленного металла проволокой Св-08ГСМТ

Предел текучести σ_T , Н/мм ²	Предел прочности σ_B , Н/мм ²	Относительное удлинение δ , %	Ударная вязкость KCV	
			°С	Дж/см ²
448	560	24	-20 °С	80
			-40 °С	60

Повышение эффективности сварки в защитных газах и смеси защитных газов проволоками сплошного сечения может быть получено при использовании импульсной подачи сварочной проволоки в зону сварки [12], [25]. При этом использование газовых смесей снижает разбрызгивание, обеспечивает лучшее формирование шва [21].

Следует помнить, что даже сварка в инертных газах не позволяет полностью защитить сварочную ванну. Атмосферный воздух интенсивно проникает через газовую защиту, в самом защитном газе присутствуют вредные примеси, а также вредные примеси содержатся на кромках изделий и поверхности сварочной проволоки. Поэтому в процессе сварки интенсивно протекают процессы наводораживания, азотирования, окисления, растворения в ванне вредных примесей [15].

Рассмотрены для потенциального применения четыре способа сварки:

- механизированная сварка в среде чистого углекислого газа с постоянной подачей сварочной проволоки;
- механизированная сварка в смеси защитных газов (Ar 70% + CO₂ 30%) с постоянной подачей сварочной проволоки;
- механизированная сварка в среде чистого углекислого газа с импульсной подачей сварочной проволоки;
- механизированная сварка в смеси защитных газов (Ar 70% + CO₂ 30%) с импульсной подачей сварочной проволоки.

Выполняли наплавку на образец толщиной 6 мм из стали СтЗпс сварочной проволокой Св-08ГСМТ диаметром 1,2 мм. Силу сварочного тока изменяли в диапазоне 100...140 А. Установлено, что легирующие элементы (марганца и кремния) меньше выгорают при импульсной подаче проволоки. Сварка в смеси газов по сравнению со сваркой в чистом углекислом газе ещё больше предотвращает выгорание легирующих элементов и углерода, что показан на рисунке 15.

Сварку необходимо выполнять в отапливаемых цехах, обеспечивающих положительную температуру свариваемой конструкции и окружающего воздуха.

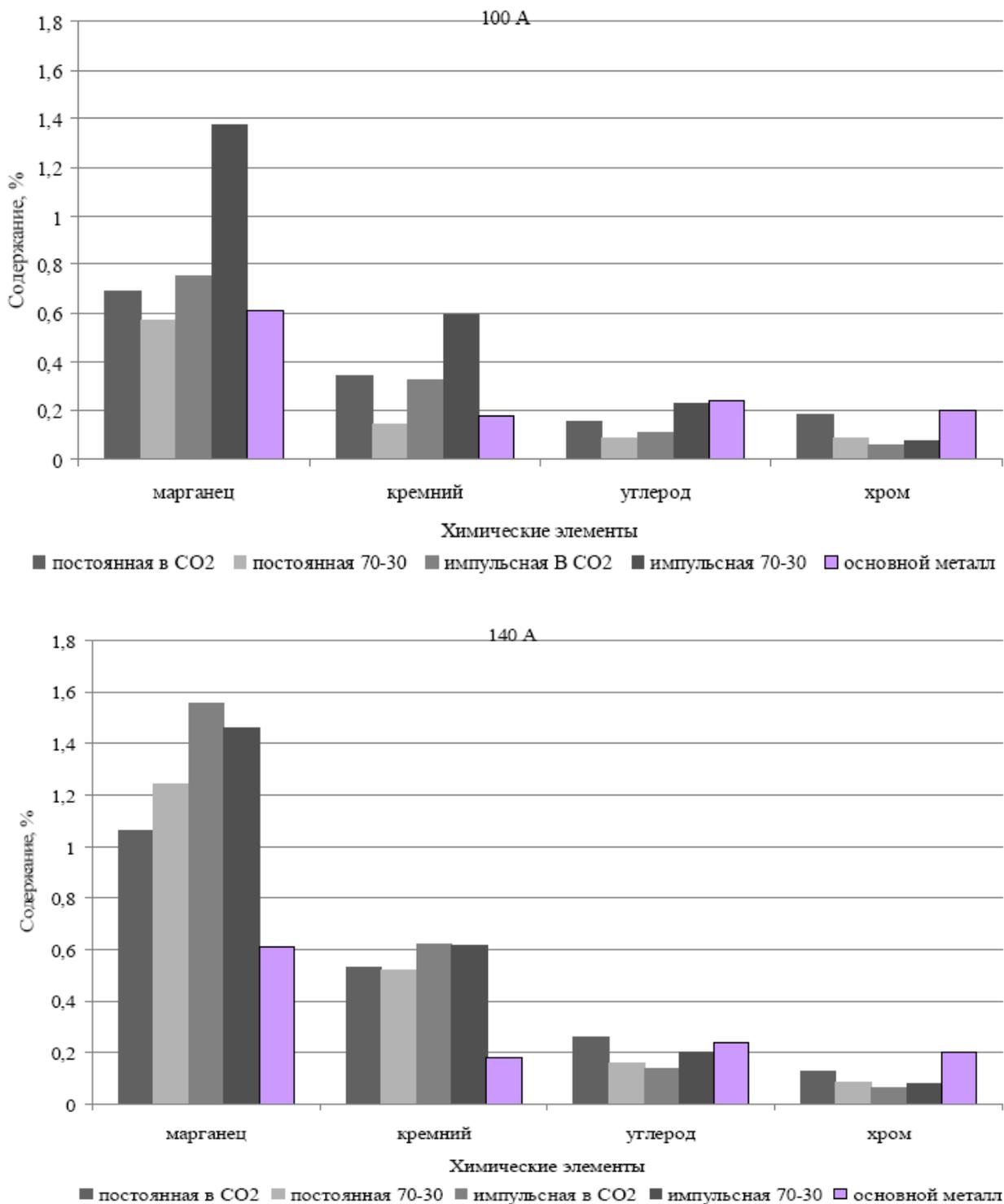


Рисунок 15 – Содержание химических элементов в сварном шве при токе сварки 100 А (а) и 140 А (б)

Если поддержание положительной температуры в помещении, где проходит сварка, невозможно, в порядке исключения допускается вести сварку при температуре не ниже -10°C . При этом обязателен предварительный подогрев кромок и прилегающих к ним участков основного металла. Температура предварительного подогрева $120\text{...}150^{\circ}\text{C}$. Ширина предварительного подогрева составляет не менее 60 мм, если толщина свариваемого металла не превышает 25 мм и не менее 80 мм – если толщина свариваемого металла превышает 25 мм.

Сварку выполняют постоянным током обратной полярности («+» - на электроде). Параметры режима сварки зависят от выполняемого соединения и приведены в таблице 11.

Для подачи сварочной проволоки предлагаем применять механизм подачи МПК-4-2, представленный на рисунке 16а. В качестве источника питания сварочной дуги применим выпрямитель ВДУ-3020, представленный на рисунке 16б.

Таблица 11 – Параметры режима механизированной сварки в смеси защитных газов проволокой сплошного сечения

Толщина металла и катета шва, мм	Диаметр проволоки, мм	Проходы	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Расход газа, л/мин
Стыковое, S=6...8 мм	1,2	1 проход	200...220	20...24	24...28	20...24
Стыковое, S=10...25 мм	1,2	первый	200...220	24...26	24...28	20...24
		последующие	220...260	22...24	18...22	20...24
Тавровое, К=6	1,2	1 проход	120...160	20...22	22...28	18...22



а)



б)

Рисунок 16 – Применяемое сварочное оборудование: механизм подачи МПК-4-2 (а) и выпрямитель ВДУ-3020 (б)

Весь металлический прокат перед запуском в производство необходимо очистить от ржавчины, прокатной окалины. Для очистки применяется колотая или литая дробь ДСК диаметром 0,8...1,2 мм. Очистку поверхности заготовок от загрязнений предлагается проводить с применением дробеметной установки QWD100, представленной на рисунке 17, позволяющей очищать длинномерные детали. Удаление консервационной смазки и жировых загрязнений с поверхности проката выполняется при помощи растворителя до дробеметной очистки.

После правки и очистки прокат следует покрыть быстросохнущей грунтовкой с толщиной слоя 15...20 мкм.

Сортовой прокат перед резкой необходимо править, для чего применим правильную машину JZJ20-40, представленную на рисунке 18.



Рисунок 17 – Дробеметная установка QWD100



Рисунок 18 – Правка сортового проката на машине JZJ 20-40

Разметку проката перед резкой осуществляют при помощи металлических рулеток со шкалой точности не ниже 2-го класса по ГОСТ 7520, линеек длиной 1000 мм, угломеров с нониусом, угольников и штангенрейсмусов. Предельные отклонения разметки должны составлять не более 1,0 мм.

Механическая резка проката выполняется на ленточнопильном станке JET HBS-1220AF, представленном на рисунке 19.

При сборке деталей под сварку следует обеспечивать требуемую геометрию изделия, надёжное и плотное прижатие всех деталей друг к другу, сохранение размеров при последующих перемещениях.



Рисунок 19 - Ленточнопильный станок JET HBS-1220AF

Размеры прихваток для стыковых соединений: глубина 3...4 мм, ширина 6...8 мм, длина 50...80 мм. Размеры прихваток для угловых, тавровых и нахлёсточных соединений: катет 3...5 мм, длина 50...80 мм. После выполнения прихваток их следует очистить от шлака и брызг, проконтролировать на предмет отсутствия недопустимых дефектов (трещин, наплывов, подрезов, несплавлений по кромкам). При обнаружении дефектов прихватку удаляют, зачищают металл на глубину 1 мм.

Выводы по второму разделу

При анализе альтернативных способов сварки, которые могут быть применены при изготовлении конструкции фермы пешеходного моста, были рассмотрены: автоматическая и механизированная сварка под флюсом (ГОСТ 8713 или ГОСТ 11533); автоматическая и механизированная сварка в смеси защитных газов (ГОСТ 14771 и ГОСТ 23518); ручная электродуговая сварка (ГОСТ 5264 и ГОСТ 11534); автоматическая и механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой.

Анализ преимуществ и недостатков каждого способа сварки позволил обосновать замену ручной дуговой сварки штучными электродами (применяется в базовом варианте технологии) на механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

На основании проведённых исследований обоснован выбор для защитной газовой среды смеси газов (аргон 70 % + углекислый газ 30 %), которая позволяет повысить стабильность горения дуги, снизить разбрызгивание и потери легирующих элементов на угар.

Приведены описания операций технологического процесса сборки и сварки конструкции, параметры режима обработки и оборудование для осуществления проектной технологии.

Для достижения поставленной цели необходимо оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал.

Также следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения сварочных работ при изготовлении несущих конструкций пешеходного моста. Проектная технология предусматривает применение механизированной сварки в смеси защитных газов проволокой сплошного сечения. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартных средств и мероприятий. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций согласно таблицы 12: входной контроль, правка, очистка, разметка и резка, сборка и прихватка, сварка, контроль качества.

Для выполнения первой операции применяются: козловый кран, набор строп, линейка металлическая, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор.

Для выполнения второй операции применяются: сортоправильная машина, линейка металлическая, угольник, капроновая струна, маркер по металлу.

Для выполнения третьей операции применяются: дробемётная установка, дробь чугунная.

Таблица 12 - Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые для выполнения операции
1) входной контроль	Дефектоскопист	козловый кран, набор строп, линейка металлическая, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор	Рукавицы
2) правка	Слесарь-сборщик	сортоправильная машина, линейка металлическая, угольник,	капроновая струна; маркер по металлу
3) очистка	Слесарь-сборщик	дробемётная установка	дробь чугунная
4) разметка и резка	Слесарь-сборщик	металлическая рулетка, металлическая линейка, угомер с нониусом, чертилка, ленточнопильный станок	
5) сборка, прихватка и сварка	Слесарь-сборщик, электросварщик	линейка металлическая, уровень, машинка шлифовальная угловая, приспособление сборочное, сварочный выпрямитель, шаблон сварщика, полуавтомат	проволока сварочная; защитная газовая смесь, абразивный круг
6) контроль качества	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля; ультразвуковой дефектоскоп; набор стандартных образцов для УЗК	Кисточка, масло

Для выполнения четвёртой операции применяются: металлическая рулетка, металлическая линейка, угомер с нониусом, чертилка, ленточнопильный станок.

Для выполнения пятой операции применяются: линейка металлическая, уровень, машинка шлифовальная угловая, приспособление сборочное, сварочный выпрямитель, шаблон сварщика, полуавтомат, защитная газовая смесь, сварочная проволока.

Для выполнения шестой операции применяется: набор визуально-измерительного контроля, ультразвуковой дефектоскоп, набор стандартных образцов для УЗК.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса, представленными в таблице 13.

Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса. Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм.

На первой операции опасными и вредными факторами являются: 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.

На второй, третьей и четвёртой операциях опасными и вредными факторами являются: 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.

На пятой операции опасными и вредными факторами являются: острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части

производственного оборудования; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги; инфракрасное излучение; ультрафиолетовое излучение

На шестой операции опасными и вредными факторами являются: ультразвуковое излучение; 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.

Таблица 13 – Идентификация профессиональных рисков

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1	2	3
1) входной контроль	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> - мостовой кран; - острые кромки изделия; - инструменты
2) правка	<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 	<ul style="list-style-type: none"> - сортоправильная машина

Продолжение таблицы 13

1	2	3
3) очистка	<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 	<ul style="list-style-type: none"> - переносная пескоструйная установка
4) разметка и 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 	<ul style="list-style-type: none"> - ленточнопильный станок
5) сборка, прихватка и сварка узловых соединений	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение 	<ul style="list-style-type: none"> - универсальная сварочная оснастка; - струбицы; - угольник; - линейка; - сварочный источник питания; - зачистная машинка; - сварочная дуга; - сварочный аэрозоль; - нагретые края изделия
б) контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение; - 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 	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковой дефектоскоп

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 14 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Технические средства и методики, применение которых по отношению к негативному фактору позволит полностью устранить его или уменьшить до приемлемого уровня	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	1) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону; 2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек	Спецодежда
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	1) применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха; 2) применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) организация защитного заземления; 2) проведение периодического инструктажа по технике безопасности; 3) периодический контрольный замер изоляции; 4) периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности ; 2) механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда
8) ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора	Спецодежда

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара, представленных в таблице 15, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения согласно таблицы 16.

Предлагаемые технические средства должны обладать достаточной эффективностью против рассматриваемых опасных факторов пожара. Эти средства должны основываться на действующей нормативной документации, учитывать особенности рассматриваемого технологического процесса.

Таблица 15 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сборки и сварка	Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная	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 16 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий согласно таблицы 17.

Таблица 17 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для сборки и сварки (механизированная и автоматическая сварка)	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 Обеспечение экологической безопасности

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию согласно таблицы 18 этих негативных факторов и предложить меры защиты от этих факторов согласно таблицы 19.

Таблица 18 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

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
Сборка и сварка (механизованная и автоматическая сварка)	Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки стыка, 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 19 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме приспособления или кантователя 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.

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии сборки и сварки рассматриваемого изделия.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки емкости цистерны с применением механизированной и автоматической сварки в среде защитных газов проволокой сплошного сечения позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Разработан перечень мероприятий для защиты персонала и имущества предприятия от возможного пожара, для чего идентифицированы опасные факторы пожара, предложены стандартные средства и методики для их устранения.

Анализ экологичности предлагаемого технологического процесса позволил установить, что внедрение в производство предлагаемых решений приведёт к возникновению негативных воздействий на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

В настоящем разделе предложены мероприятия, которые призваны уменьшить влияние негативных экологических факторов.

4 Оценка экономической эффективности проектной технологии

4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений

В настоящей выпускной квалификационной работе предложен ряд мероприятий по повышению эффективности сварки несущих конструкций пешеходного моста. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах. Для повышения эффективности механизированной сварки предложено применять импульсное управление горением дуги.

При выполнении базовой технологии сварки применяется ручная дуговая сварка штучными электродами. Для выполнения сварки в проектной технологии предложено ручную дуговую сварку заменить на механизированную сварку в среде защитных газов.

Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям согласно таблицы 20.

Таблица 20 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	P_p	-	V	V
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	200	200
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы: - доплат к основной заработной плате - отчислений на дополнительную заработную плату - отчислений на социальные нужды - выполнения нормы	$K_{доп}$	%	12	12
	$K_{д}$	-	1,88	1,88
	$K_{сн}$	%	34	34
	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Цоб$	Руб.	400000	1500000
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	25	40
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование : - норма амортизации оборудования - коэффициент транспортно-заготовительных расходов - коэффициент затрат на монтаж и демонтаж - стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$На$	%	21,5	21,5
	$K_{т-з}$	%	5	5
	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
	$Цэ-э$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 20

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	m^2	800	800
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
- стоимость эксплуатации площадей	$C_{\text{эксп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
- цена производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	P/m^2	30000	30000
- норма амортизации производственных площадей	$Ha_{\text{пл}}$	%	5	5
- коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости:				
- коэффициент цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
- коэффициент заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
- коэффициента эффективности капитальных вложений	$E_{\text{н}}$	-	0,33	0,33

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Выполнение операций базового и проектного технологического процессов сварки изделия предусматривает применение оборудования и рабочего персонала. Для расчёта фонда заработной платы и затрат на оборудование и производственные площади требуется определить фонд времени работы оборудования. Для базового и проектного вариантов технологии фонд времени работы оборудования будет одинаков.

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных согласно таблицы 20: суммарное число рабочих дней в календарном году $D_p = 277$ дней, длительность рабочей смены $T_{\text{см}} = 8$ часов, количество предпраздничных дней $D_{\text{п}} = 7$ дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни $T_{\text{п}} = 1$ час, принятое для

рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен $K_{см} = 1$. Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

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

Расчёты, выполненные согласно (1) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

Эффективный фонд времени сварочного оборудования, которое применяется для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса определяется с учётом процента планируемых потерь рабочего времени $B = 7 \%$:

$$F_э = F_H (1 - B/100). \quad (2)$$

Расчёты, выполненные согласно (2) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

$$F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт. Штучное время $t_{шт}$ является суммой затрат времени: машинного (выполнение основных операций технологического процесса) времени $t_{маш}$; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени $t_{всп}$; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования) $t_{обсл}$; времени $t_{отд}$ на личный отдых работников, задействованных в выполнении

операций технологического процесса; подготовительно-заключительного времени $t_{п-з}$:

$$t_{шт} = t_{МАШ} + t_{ВСП} + t_{ОБСЛ} + t_{ОТЛ} + t_{п-з}. \quad (3)$$

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (3), составит:

$$t_{шт.баз} = 52 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 91 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 32 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 56 \text{ ч.}$$

Годовая программа $П_{Г}$ выполнения сварки может быть рассчитана исходя из рассчитанного согласно (2) эффективного фонда времени $F_{э}$ и согласно (3) штучного времени $t_{шт}$:

$$П_{Г} = F_{э} / t_{шт}. \quad (4)$$

Готовая программа для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанная согласно (4) после подстановки численных значений:

$$П_{Г.баз.} = 2054/91 = 22 \text{ фермы за год;}$$

$$П_{Г.проектн.} = 2054/56 = 36 \text{ фермы за год.}$$

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы $П_{Г} = 20$ изделий в год.

При этом необходимое количество $n_{расч}$ оборудования для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса вычисляется с учётом коэффициента $K_{вн}$ выполнения нормы (для базового и проектного варианта технологий принимаем $K_{вн} = 1,03$):

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

Требуемое количество оборудования $n_{расч}$ для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанное согласно (5), составляет:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{91 \cdot 20}{2054 \cdot 1,03} = 0,9, \quad n_{РАСЧ.ПР} = \frac{56 \cdot 20}{2054 \cdot 1,03} = 0,5.$$

Необходимое количество оборудования $n_{пр}$, которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (5) значений. На основании проведённых расчётов принимаем по одной единице оборудования для базового и проектного вариантов технологии ($n_{пр} = 1$). Коэффициент K_3 загрузки оборудования в этом случае составит:

$$K_3 = n_{расч}/n_{пр}. \quad (6)$$

Значения коэффициентов загрузки K_3 для базового и проектного вариантов технологии составляют:

$$K_{3б} = 0,9/1 = 0,9,$$

$$K_{3п} = 0,5/1 = 0,5.$$

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии

Выполнение дуговой сварки предусматривает расходование сварочных материалов. При ручной дуговой сварке расходным материалов будут сварочные штучные электроды. При механизированной сварке в среде защитных газов проволокой сплошного сечения расходными материалами будут защитная смесь газов и сварочная проволока.

Затраты M на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов H_p , цены материалов C_m и коэффициента $K_{тз}$ транспортно-заготовительных расходов:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{тз}, \quad (7)$$

Затраты на материалы, рассчитанные согласно (7) для базового и проектного вариантов технологии, составят:

$$M_{баз.} = 5744 \text{ руб.},$$

$$M_{проектн.} = 1008 + 3940 = 4948 \text{ руб.}$$

Объём основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом штучного времени $t_{\text{шт}}$, часовой тарифной ставки $C_{\text{ч}}$ и коэффициента $K_{\text{д}}$ доплат:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (8)$$

Основная заработная плата рабочих для базового и проектного вариантов технологии после подстановки значений в формулу (8) составляет:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 91 \cdot 200 \cdot 1,88 = 34216 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 56 \cdot 200 \cdot 1,88 = 21056 \text{ руб.}$$

Объём дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{доп}}$ дополнительных доплат ($K_{\text{доп}} = 12 \%$):

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

Дополнительная заработная плата $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (9) после подстановки значений составляет:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 34216 \cdot 12 / 100 = 4106 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 21056 \cdot 12 / 100 = 2527 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы $\Phi ЗП$ вычисляется как сумма основной $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии:

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 34216 + 4106 = 38322 \text{ руб.},$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 21056 + 2527 = 23583 \text{ руб.}$$

Объём отчислений $O_{\text{сн}}$ из фонда заработной платы на социальные нужды определяем с учётом коэффициента $K_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды:

$$O_{\text{сн}} = \Phi 3П \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (10)$$

Отчисления на социальные нужды по базовому и проектному вариантам технологии после подстановки в (10) соответствующих значений:

$$O_{\text{сс}_{\text{баз.}}} = 38322 \cdot 34 / 100 = 13029 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сс}_{\text{проектн.}}} = 23583 \cdot 34 / 100 = 8018 \text{ руб.}$$

Затраты $Z_{\text{об}}$ на оборудование, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, вычисляются как сумма затрат $A_{\text{об}}$ на амортизацию и $P_{\text{эз}}$ на электрическую энергию:

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

Величина $A_{\text{об}}$ амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования $C_{\text{об}}$, нормы амортизации $H_{\text{а}}$, машинного времени $t_{\text{маш}}$, и эффективного фонда времени $F_{\text{э}}$ с использованием зависимости:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}. \quad (12)$$

Амортизация оборудования, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, после подстановки в (12) соответствующих значений, составляет:

$$A_{\text{об. баз.}} = 400000 \cdot 21,5 \cdot 91 / 2054 / 100 = 3810 \text{ руб.},$$

$$A_{\text{об. пр.}} = 1500000 \cdot 21,5 \cdot 56 / 2054 / 100 = 8792 \text{ руб.}$$

Расходы $P_{\text{эз}}$ на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии рассчитываются с учётом установленной мощности оборудования $M_{\text{уст}}$, цены электрической энергии $C_{\text{эз}}$ для предприятий, машинного времени $t_{\text{маш}}$ и КПД оборудования:

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot C_{\text{э-э}}}{\text{КПД}}. \quad (13)$$

Рассчитанные после подстановки в (13) соответствующих значений расходы на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$P_{\text{ээ баз}} = 52 \cdot 25 \cdot 3,2 / 0,7 = 5943 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 32 \cdot 40 \cdot 3,2 / 0,85 = 4818 \text{ руб.}$$

Рассчитанные после подстановки в (11) соответствующих значений расходы на оборудование по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$Z_{\text{об баз.}} = 3810 + 5943 = 9753 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{об проектн.}} = 8792 + 4818 = 13610 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость $C_{\text{тех}}$ рассчитывается как сумма затрат на материалы M , фонда заработной платы $\Phi ЗП$, отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$ и затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{СС}} + Z_{\text{ОБ}} \quad (14)$$

Рассчитанная после подстановки в (14) соответствующих значений технологическая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 5744 + 38322 + 13029 + 9753 = 66848 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 4948 + 23583 + 8018 + 13610 = 50159 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость $C_{\text{цех}}$ рассчитывается с учётом технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{цех}}$ цеховых расходов:

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

Рассчитанная после подстановки в (15) соответствующих значений цеховая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 66848 + 1,5 \cdot 34216 = 66848 + 51324 = 118172 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 50159 + 1,5 \cdot 21056 = 50159 + 31584 = 81743 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость $C_{зав}$ рассчитывается с учётом цеховой себестоимости $C_{цех}$, основной заработной платы $Z_{осн}$ и коэффициента $K_{зав}$ заводских расходов:

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

Рассчитанная после подстановки в (16) соответствующих значений заводская себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{ЗАВБаз.} = 118172 + 1,15 \cdot 34216 = 118172 + 39348 = 157520 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 81743 + 1,15 \cdot 21056 = 81743 + 24214 = 105957 \text{ руб.}$$

Калькуляция заводской себестоимости для базового и проектного вариантов технологии сведена в таблицу 21.

Таблица 21 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант технологии	Проектный вариант технологии
1. Затраты на материалы	M	5744	4948
2. Фонд заработной платы	$\Phi ЗП$	38322	23583
3. Отчисления на соц. нужды	$O_{сн}$	13029	8018
4. Затраты на оборудование	$Z_{об}$	9753	13610
5. Технологическая себестоимость	$C_{тех}$	66848	50159
6. Цеховые расходы	$P_{цех}$	51324	31584
7. Цеховая себестоимость	$C_{цех}$	118172	81743
8. Заводские расходы	$P_{зав}$	39348	24214
9. Заводская себестоимость	$C_{зав}$	157520	105957

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

Капитальные затраты $K_{общ. б.}$ для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования $C_{об.б.}$,

коэффициента загрузки оборудования $K_{з.б.}$ рассчитанного для базового варианта согласно (6):

$$K_{\text{общ. б.}} = C_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{з.б.} \quad (17)$$

Остаточную стоимость $C_{\text{об.б.}}$ оборудования для базового варианта рассчитаем с учётом рыночной стоимости оборудования $C_{\text{перв.}}$ срока службы оборудования T_c и нормы амортизации H_a оборудования:

$$C_{\text{об.б.}} = C_{\text{ПЕРВ.}} - (C_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot H_a / 100). \quad (18)$$

Остаточная стоимость оборудования, рассчитанная после подстановки в (18) соответствующих значений, составляет:

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 400000 - (400000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 228000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{ОБЦБаз.}} = 1 \cdot 228000 \cdot 0,9 = 205200 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}}$ для проектного варианта технологии рассчитываем как сумму вложений в оборудование $K_{\text{об. пр.}}$, вложений в производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих вложений $K_{\text{соп.}}$:

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

Капитальные вложения $K_{\text{об. пр.}}$ в оборудование для выполнения операций по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом цены оборудования $C_{\text{об. пр.}}$, коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{\text{тз}}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{зп}}$ по проектному варианту:

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

Величина капитальных вложений в оборудование после подстановки в (20) соответствующих значений составляет:

$$K_{\text{об. пр.}} = 1500000 \cdot 1,05 \cdot 0,5 = 787500 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения $K_{\text{соп}}$ по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом расходов на демонтаж $K_{\text{дем}}$ базового оборудования и расходов на монтаж $K_{\text{монт}}$ проектного оборудования:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{дем}} + K_{\text{монт}}. \quad (21)$$

Расходы на демонтаж $K_{\text{дем}}$ и монтаж $K_{\text{монт}}$ рассчитываем с учётом стоимости оборудования $C_{\text{б}}$ и $C_{\text{пр}}$ по базовому и проектному вариантам, коэффициентов $K_{\text{д}}$ и $K_{\text{м}}$ на демонтаж и монтаж оборудования:

$$K_{\text{дем}} = C_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (22)$$

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

Сопутствующие капитальные вложения при проектном варианте технологии, рассчитанные после подстановки в (21), (22) и (23) соответствующих значений:

$$K_{\text{дем}} = 400000 \cdot 0,05 = 20000 \text{ руб.},$$

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

$$K_{\text{соп}} = 20000 + 75000 = 95000 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (19) соответствующих значений:

$$K_{\text{общ. пр.}} = 7875000 + 95000 = 882500 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные вложения $K_{\text{доп}}$ рассчитываем исходя из капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ и $K_{\text{общ. б.}}$ для проектного и базового вариантов технологии:

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

$$K_{\text{доп}} = 882500 - 205200 = 677300 \text{ руб.}$$

Величину удельных капитальных вложений $K_{\text{уд}}$ рассчитываем с учётом годовой программы $P_{\text{г}}$:

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{П_T}, \quad (25)$$

После подстановки в (25) соответствующих значений:

$$K_{удБаз.} = 205200/20 = 10260 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн.} = 882500/20 = 44125 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности

Расчёт снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$ при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом штучного времени $t_{шт.б.}$ и $t_{шт.пр.}$ по базовому и проектному вариантам:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (26)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

$$\Delta t_{шт} = \frac{91 - 56}{91} \cdot 100\% = 38\%$$

Расчёт повышения производительности труда $П_T$ при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$:

$$П_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (27)$$

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

$$П_T = \frac{100 \cdot 38}{100 - 38} = 61\%$$

Расчёт снижения технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ при внедрении в производство проектной технологии выполняется по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (28)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{66848 - 50159}{66848} \cdot 100\% = 25\%$$

Расчёт условно-годовой экономии $\text{Пр}_{\text{ож}}$ (ожидаемой прибыли), которая может быть получена при принятии проектной технологии, выполним следующим образом:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} \quad (29)$$

Ожидаемая прибыль после подстановки в (29) соответствующих значений составила:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (157520 - 105957) \cdot 20 = 1031260 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости $T_{\text{ок}}$ дополнительных капитальных вложений определим следующим образом:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{у.г.}}} \quad (30)$$

Срок окупаемости после подстановки в (30) соответствующих значений составил:

$$T_{\text{ок}} = \frac{677300}{1031260} = 0,6$$

Годовой экономический эффект Э_{Γ} , получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{у.г.}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

Годовой экономический эффект после подстановки в (31) соответствующих значений составил:

$$\text{Э}_{\Gamma} = 1031260 - 0,33 \cdot 677300 = 807751 \text{ руб.}$$

Выводы по экономическому разделу

При выполнении базовой технологии сборки и сварки применяется ручная дуговая сварка. Недостатки применения ручной дуговой сварки штучными электродами: малая производительность выполнения сварочных работ; работа сварщика в тяжёлых условиях; низкая стабильность качества сварки; повышенный расход электродного материала на угар, разбрызгивание и огарки.

Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ.

Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 38 %, повышение производительности труда на 61 %, уменьшение технологической себестоимости на 25 %.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 1,03 млн. рублей. Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 0,81 млн. рублей.

Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,6 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества сварки несущих конструкций пешеходного моста.

Анализ применяемых в мостостроении сталей позволил обосновать применение стали 10ХСНД.

Анализ преимуществ и недостатков альтернативных способов сварки способа сварки позволил обосновать замену ручной дуговой сварки штучными электродами (применяется в базовом варианте технологии) на механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

На основании проведенных исследований обоснован выбор для защитной газовой среды смеси газов (аргон 70 % + углекислый газ 30 %), которая позволяет повысить стабильность горения дуги, снизить разбрызгивание и потери легирующих элементов на угар.

Приведены описания операций технологического процесса сборки и сварки конструкции, параметры режима обработки и оборудование для осуществления проектной технологии.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 0,81 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,6 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод достижения цели. Результаты выпускной работы должны быть внедрены в мостостроении.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М.: Машиностроение, 1990. 372с.
2. Иванайский Е. А. Повышение хладостойкости сварных соединений мостовых конструкций из сталей 10ХСНДА и 15ХСНДА, микролегированных ниобием и ванадием, и разработка технологических основ выполнения монтажных швов. – Барнаул, 1999.
3. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы. 2016. № 4. С. 18–23.
4. Ковтуненко В. А., Герасименко А. М., Гоцуляк А. А. Выбор стали для ответственных сварных строительных конструкций // Автоматическая сварка. 2006. № 11. С. 33–36.
5. Ковтуненко В. А., Герасименко А. М., Синеок А. Г. Исследование влияния конструктивно-технологических решений сварных узлов и соединений, а также условий эксплуатации на ресурс мостовых конструкций, разработка рекомендаций по его продлению // Проблеми ресурсу та безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин. Киев : ІЭС, 2006. С. 420-424.
6. Ковтуненко В. А., Ковтунеко В. А., Герасименко А. М., Синеок А. Г., Задорожный В. А. Характерные повреждения сварных металлических конструкций мостов // Автоматическая сварка. 2005. № 10. С. 29-35.
7. Конюхов А. Д. Стальной прокат с улучшенными свойствами для более эффективных мостовых конструкций // Сталь. 2006. № 1. С.74-76.
8. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
9. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.

10. Молева Д. А., Белозор М. Ю. Обоснование применения сталей для изготовления конструкций мостов // Вестник Череповецкого государственного университета. 2012. № 4. С. 28–31.
11. Неёлов Ю. В. Перспективы импортозамещения в Российской Федерации // Аналитический вестник. 2015. № 27. С. 4–7.
12. Павлов Н. В., Крюков А. В., Зернин Е. А. Распределение температурных полей при сварке в смеси газов с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. 2011. № 1 С. 35–36.
13. СТО ГК «Трансстрой» - 005-2007 Стальные конструкции мостов. Технология монтажной сварки.
14. СТО ГК «Трансстрой» - 012-2007 Стальные конструкции мостов. Заводское изготовление
15. Теория сварочных процессов: Учебник для вузов / под ред. В.М. Неровного. М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 752 с.
16. Технические условия ТУ У27.1.-05416923-078:2006 «Прокат листовой из коррозионно-стойкой стали классов прочности 355...500 для мостостроения»
17. Указания по осмотру и усилению эксплуатируемых сварных пролетных строений. М.: МПС, ГУП, НИИМостов ЛИИЖТа, 1990. 28 с.
18. Чепрасов Д. П., Петров В. П., Иванайский Е. А. Водородная хрупкость монтажных сварных соединений мостовых конструкций из сталей 10ХСНДА и 15ХСНДА // Сварочное производство. 2003. № 3. С.12–16
19. Bonser R. C. Patented biologically-inspired technological innovations a twenty year view // Journal of Bionic Engineering. 2006. Vol. 3. P. 39–41.
20. Characterization of microstructure and local deformation in 316NG weld heat-affected zone and stress corrosion cracking in high temperature water / Zhanpeng L. // Corrosion Science. 2011. Vol. 53. P. 1916–1932.
21. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. 1992. № 6. P. 269–276.

22. Measurement and prediction of residual stress in a bead-on-plate weld benchmark specimen /X. Ficquet, D.J. Smith, C.E. Truman, E.J. Kingston, R.J. Dennis // International Journal of Pressure Vessels & Piping. 2009. Vol. 86. № 1. P. 20–30.

23. Mehdi S., Mehdi K. Bionic Architecture, Forms and Constructions // Research Journal of Recent Sciences. 2014. Vol. 3. P. 93-98.

24. Tang M.C. Evolution of Bridge Technology // IABSE Symposium Report. 2007, vol. 41. P. 38–48.

25. Yamamoto T. Mathematical modeling of metal active gas arc welding // Sci. and Technology of Welding & Joining. 2002. № 4. P. 260–264.