

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт Машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой СОМДиРП

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« ____ » 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

Студент Котов Александр Анатольевич

1. Тема Сварка фундаментных частей проточной части гидроагрегата
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 31.05.17
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работы чертежи изделия, базовая технология сварки, материалы собранные на преддипломной практике, патентная и научно-техническая литература, нормативные документы, интернет-ресурсы
4. Содержание выпускной работы бакалавра (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)
Введение. Обоснование актуальности работы, формулировка цели.
1) Анализ конструкции частей фундаментных, свойств материала, условий работы, базовой технологии сварки. Анализ альтернативных способов сварки, формулировка задач проекта)
2) Разработка технологических рекомендаций для выбранного способа сварки, разработка проектного технологического процесса, выбор необходимого оборудования)
3) Разработка мероприятий по защите рабочих и окружающей среды от опасных и вредных факторов
4) Экономический раздел (оценка экономической эффективности предлагаемых в проекте технических решений)
Заключение по проекту (выводы и предложения)

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

Общий вид изделия – 2 листа

Базовая технология – 1 лист

Аналитический лист – 1 лист

Проектный технологический процесс – 1 лист

Таблица сварных швов – 2 листа

Экономическая эффективность – 1 лист

6. Консультанты по разделам

Экономическая эффективность проекта И.В. Краснопевцева

Безопасность и экологичность проекта И.В. Дерябин

Нормоконтроль В.Г. Виткалов

7. Дата выдачи задания « _____ » _____ 20__ г.

Заказчик (*указывается должность, место работы*

Ученая степень, ученое звание) _____

Руководитель дипломного проекта

(личная подпись)

М.В. Сафонов

(инициалы, фамилия)

Задание принял к исполнению

(личная подпись)

А.А. Котов

(инициалы, фамилия)

АННОТАЦИЯ

Цель выпускной работы бакалавра - повышение производительности при сварке частей фундаментных гидроагрегата Жигулевской ГЭС.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: подобран способ механизированной сварки, в среде аргона, выбрана присадочная проволока; подобрано сварочное оборудование для механизированной сварки; разработан технологический процесс сборки и сварки частей фундаментных технологией механизированной сварки; обеспечена безопасность и экологичность предложенных технических решений; экономически обоснованы результаты проекта.

Реконструкция агрегатов гидроэлектростанций ведется в специфических условиях. Из строя, в машинном зале, выводится только реконструируемый агрегат, остальные находятся в работе, фундаментные части выполнены из сталей, обеспечивающих сопротивление коррозии и кавитационному износу. Поэтому сокращение сроков реконструкции является актуальным. В данной работе предлагается заменить технологию дуговой сварки штучными электродами на технологию механизированной сварки. Также разработаны мероприятия по безопасному производству работ и определена экономическая эффективность проекта.

Работа состоит из пояснительной записки, в которой 73 страницы, 6 рисунков, 11 таблиц. Графическая часть включает в себя 9 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	10
1.1 Описание конструкции и условий эксплуатации проточной части гидроагрегата.....	10
1.2 Анализ базового технологического процесса	15
1.3 Анализ возможных способов сварки частей фундаментных	25
1.4 Задачи работы.....	29
2 Разработка технологии механизированной сварки	30
2.1 Выбор вспомогательных материалов для механизированной сварки... 30	
2.2 Разработка технологии механизированной сварки частей фундаментных	33
3 Выбор оборудования для механизированной сварки.....	40
4 Безопасность и экологичность проекта.	45
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.	45
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	46
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков	47
4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта.....	48
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	50
Заключение по разделу	50
5 Экономическая эффективность проекта.....	52
5.1 Исходные данные для экономического обоснования	52
Сравниваемых вариантов	52
5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....	54
5.3. Капитальные вложения в оборудование.....	55

5.4 Технологическая, заводская, цеховая себестоимость сравниваемых вариантов.....	57
5.5 Экономическая эффективность проекта.....	62
Выводы по экономическому разделу.....	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	65

ВВЕДЕНИЕ

Жигулевская ГЭС строилась с 1950 года по 1957 год. Проектировал ГЭС институт «Гидропроект». Строил специально созданный трест «Куйбышевгидрострой».

Как гидроузел Жигулевская ГЭС уникальное сооружение, аналогов которому в мировой практике нет. Особенность геологического строения в месте расположения ГЭС заключается в резком различии берегов Волги. Правый берег высокий и обрывистый и сложен известняково-доломитовыми породами. Левый коренной берег сложен песками со слоями и линзами суглинков.

В состав гидроузла входят: намывная дамба длиной 2800 м; водосливная плотина из армированного железобетона длиной 980 м; здание электростанции длиной 700 м; судоходные шлюзы.

По плотине ГЭС проложены железнодорожные и автомобильные пути. Мощность Жигулевской ГЭС составляет, примерно, 2320 МВт, среднегодовая выработка электроэнергии — 10,5 млрд кВт·ч. Плотина ГЭС образует крупное водохранилище.

Помимо выработки электроэнергии Жигулевская ГЭС регулирует сток воды в Волге, для ее эффективного использования гидроэлектростанциями, лежащими ниже по течению, обеспечивает судоходные глубины для водного транспорта и позволяет проводить орошение значительных площадей засушливых земель. Вырабатываемая ГЭС электроэнергия по четырём высоковольтным линиям передается в объединенные электрическую систему Центра, Урала и Средней Волги.

Со дня пуска ГЭС в эксплуатацию прошел не один десяток лет. За долгие годы эксплуатации произошло изменение технического состояния оборудования Жигулевской ГЭС. Следствием этого стало понижение его надежности, эффективности использования и безопасности. Поэтому в 2000-х годах началось восстановление качества оборудования в рамках

системы технического обслуживания и ремонта электростанции. Главной целью восстановления оборудования электростанции является обеспечение требуемого уровня качества и надежности оборудования, безопасности при эксплуатации ГЭС, обеспечения стабильных эксплуатационных характеристик и экономичности оборудования.

К специфическим особенностям ремонта оборудования гидроэлектростанций можно отнести техническую сложность и большое разнообразие оборудования, необходимость производить ремонт на месте эксплуатации. Кроме того, требуются значительные финансовые, материальные и трудовые ресурсы

Поэтому разработка новых, менее затратных и трудоемких технологий ремонта оборудования ГЭС является актуальной.

Например, фундаментные части гидроагрегата. При монтаже фундаментных частей используют ручную дуговую сварку штучными электродами. Данный способ сварки низкопроизводителен, что с учетом общей протяженности швов 400 метров существенно снижает общую производительность при ремонте гидроагрегата.

Поэтому, сформулируем цель работы так: «Повышение производительности при сварке частей фундаментных гидроагрегата Жигулевской ГЭС».

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание конструкции и условий эксплуатации проточной части гидроагрегата

Фундаментная часть гидроагрегата, предназначена для передачи нагрузки от веса агрегата и давления воды в проточном тракте на здание.

Диаметр фундаментных частей на жигулевской ГЭС достигает 11500 мм, высота 5300 мм, диапазон свариваемых толщин находится в пределах 20...45 мм. общая протяженность сварных швов 453 м, рисунок 1.1

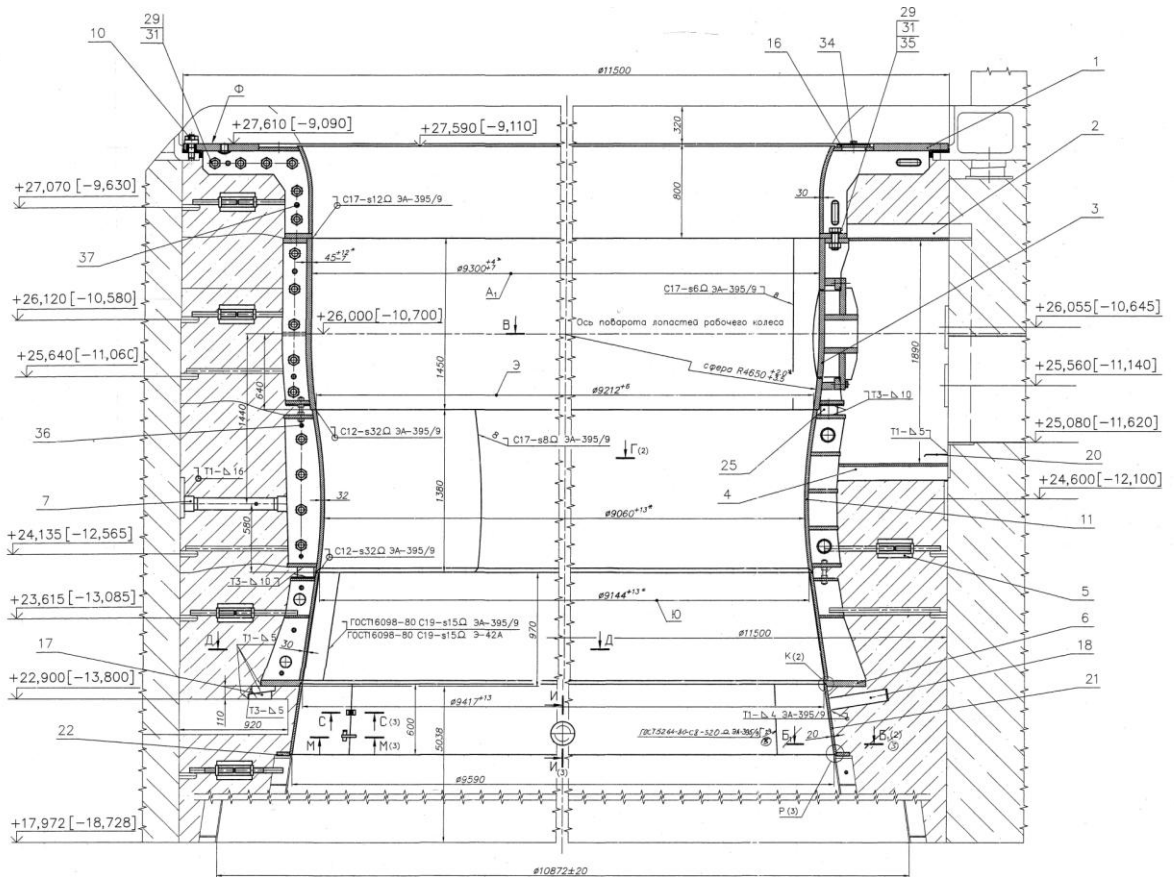


Рисунок 1.1 – Части фундаментные, общий вид

Состоят фундаментные части из 25 сборочных единиц и деталей. Соединяются между собой детали сваркой.

Фундаментные части состоят из опорного кольца, камеры рабочего колеса, фундаментного кольца и сопрягающего пояса. Они вместе с облицовкой конуса

отсасывающей трубы формируют конфигурацию проточной части от нижнего кольца направляющего аппарата до колена отсасывающей трубы.

Опорное кольцо служит основанием для установки нижнего кольца направляющего аппарата и представляет собой сварную кольцевую конструкцию из восьми частей из листового проката углеродистой стали. Отдельные части соединяются между собой в кольцо посредством механически обработанных стыковых фланцев и болтов М56.

Верхним присоединительным фланцем опорное кольцо крепится к статору. Суть соединения состоит в установке опорного кольца на шпильки, ввёрнутые в статор на некотором расстоянии (20мм макс.) от нижнего фланца статора в необходимое высотное положение посредством резьбовых втулок. В свою очередь втулки ввёрнуты в резьбовые отверстия фланца опорного кольца и в последующем фиксируются в этом положении навёрнутыми на шпильки корончатыми гайками. Просвет между фланцем опорного кольца и статором герметизируется эпоксидной композицией. Данным соединением достигается возможность установки кольцевой детали в необходимое высотное положение без дополнительных работ по фланцу сопряжённой детали, на котором возможны отклонения по поверхности соединения.

Камера рабочего колеса представляет собой сварную оребренную конструкцию из восьми частей.

Фундаментное кольцо состоит из двух кольцевых поясов, каждый из которых имеет восемь частей.

Сопрягающий пояс выполнен из 24 частей с припусками для пригонки на монтаже.

Работают фундаментные части в условиях статических, динамических нагрузок и кавитационного износа. Поэтому проектировщиками заложен материал – сталь 30Х10Г10, 0Х14Г12М, и двухслойные стали согласно ГОСТ 10885-85 «Сталь листовая горячекатанная двухслойная коррозионностойкая», основной слой применяемой стали составляет сталь 3сп, и марка стали плакирующего слоя 12Х18Н10Т.

Кроме того, для избежания кавитации рекомендуется соблюдать следующее: давление в потоке жидкости должно превышать давление насыщенного пара; следует обеспечивать условия для ламинарного режима течения жидкости; температура жидкости должна быть меньше значения, при котором могут образовываться газовые пузырьки; следует максимально ограничить попадание воздуха в жидкость. Поэтому к сварным

соединениям предъявляются дополнительные требования. Они не должны оказывать сопротивление потоку жидкости.

Следует отметить, что при работе турбин в некоторых случаях возникает кавитация. Кавитация представляет большую опасность как для фундаментных частей, так и для остального оборудования.

Поэтому к соединениям проточного тракта гидротурбин, фундаментных частей, в частности, предъявляют повышенные требования. На пути потока воды не должно быть препятствий. Следовательно сварной шов должен быть гладким.

Кроме того, проточная часть гидроагрегата, находящаяся в контакте с водой, должна обладать сопротивлением коррозии.

Некоторые узлы проточной части гидроагрегата выполнены из стали 3 сп. Например, опорное кольцо. Предел прочности стали 3 сп составляет 380-490 МПа, относительное удлинение 25%.

Из стали 08X18H10T-M5б по ГОСТ 7350-77 выполнен пояс 1 фундаментного кольца, из листа толщиной 32 мм и пояс сопрягающий - лист толщиной 20 мм.

Сталь 08X18H10T-M5б аустенитная, коррозионно-стойкая.

Предел прочности стали 08X18H10T-M5б в зависимости от вида металлопроката и термообработки колеблется в пределах 490-550 МПа, относительное удлинение при разрыве 37-40%.

Камера рабочего колеса выполнена из стали 06X12H3Д.

Из двухслойной стали выполнен пояс 2 фундаментного кольца. Применено сочетание сталей Ст3сп3+08X13. Толщина листа 30 мм.

Основным элементом хромоникелевой стали типа 18-10, обуславливающим высокую коррозионную стойкость, является хром, который обеспечивает способность данной стали к пассивации. Наличие хрома в стали около 18% делает сталь стойкой к воздействию разных сред окислительного характера. Наличие никеля в стали около 9-12%

обеспечивает аустенитную структуру. Это гарантирует хорошие технологические свойства стали. Поэтому данную сталь применяют в качестве коррозионностойких, жаростойких, жаропрочных и криогенных материалов.

Оценим свариваемость материала конструкции. Под свариваемостью понимают комплексную технологическую характеристику металлических материалов. Свариваемость зависит от разных факторов. Главное определение свариваемости регламентировано ГОСТ 29273–92: «Металлический материал считается поддающимся сварке до установленной степени при данных процессах и для данной цели, когда сваркой достигается металлическая целостность при соответствующем технологическом процессе, когда свариваемые детали отвечали техническим требованиям как в отношении их собственных качеств, так и в отношении их влияния на конструкцию, которую они образуют».

Хотя в научно-технической, справочной литературе и учебниках свариваемость определяют по разному, тем не менее, за основу лучше принять определение свариваемости согласно ГОСТ 29273–92. Оно, кстати говоря, совпадает с определением в международном стандарте ИСО 581–80.

Согласно этому определению свариваемость зависит от четырех переменных факторов: материала, технологии, вида конструкции и ее назначения. С учетом комбинации перечисленных факторов ГОСТ 29273–92 предусматривает возможности конкретного определения понятия свариваемости для каждого случая.

Эксплуатационные характеристики сварных металлоконструкций установлены в нормативно-технической документации. Это может быть показатель или комплекс показателей в зависимости от назначения и условий эксплуатации изделий. В том случае, когда эксплуатационные характеристики находятся в пределах, заданных техническими требованиями, то считается что материал можно соединить сваркой или он обладает свариваемостью. Если нижний предел технических требований не

выдержан даже по одному эксплуатационному показателю, то данный материал нельзя соединить сваркой, и он не обладает свариваемостью.

При указанном подходе свариваемость одного и того же материала может быть определена различной в зависимости от того, каково назначение изделия:

- при одних условиях эксплуатации сварное соединение, полученное одним и тем же видом сварки, может быть признано годным, а для других условий эксплуатации может быть признано негодным для эксплуатации;

- материал который нельзя сварить одним видом сварки, может быть сварен другим видом сварки;

- возможен такой вариант конструкции сварного соединения что невозможно получить сварное соединение, значит материал или способ сварки непригоден.

Свариваемость это качественная характеристика и для разных сталей различна. Стали можно классифицировать по свариваемости на 4 группы:

В первую группу относят стали с хорошей свариваемостью. При сварке таких сталей получается качественное соединение получается при обычных режимах и использовании всех видов сварки без применения подогрева.

Вторая группа - стали с удовлетворительной свариваемостью. У таких сталей получение качественного соединения обусловлено применением узкого диапазона режимов и дополнительных мероприятий, например, подогрев свариваемого изделия.

Третья группа - стали с ограниченной свариваемостью. У таких сталей удовлетворительное качество соединений можно получить очень узком диапазоне режимов и с обязательным подогревом до сварки и после сварки. Кроме того, требуется и последующая после сварки термическая обработка.

Четвертая группа - стали с плохой свариваемостью. При сварке таких сталей или после их сварки даже после применения специальных мероприятий образуются трещины, закалочные структуры и т.д.

Аустенитные стали, к которым относится 12X18H10T относятся к первой группе. Они хорошо свариваются дуговой ручной, автоматической и механизированной сваркой. У сварного шва наблюдаются высокие пластические характеристики и высокая вязкость металла. За счет изменения содержания хрома и никеля, введение различных легирующих примесей и за счет термической обработки можно изменить механические свойства в нужном направлении как свариваемого так наплавленного металла. Кроме того, химический состав таких сталей оказывает влияние на их эксплуатационные характеристики – жаропрочность, коррозионную стойкость в разных средах.

Аустенитный металл шва кристаллизуется в сварочной ванне более крупными первичными кристаллами, металл шва, особенно чисто аустенитный, обладает повышенной склонностью к образованию горячих трещин. На процесс кристаллизации, а значит и на образование горячих трещин существенно влияет форма сварочной ванны. Особенно важным это влияние является при автоматической сварке. Предпочтительно при сварке получить широкую и короткую форму ванны. Это можно достичь уменьшая скорость сварки. Чтобы предупредить чрезмерное увеличение первичных кристаллов необходимо вести сварку дугой малой мощности. Для получения короткой ванны — малые скорости сварки. Поэтому толстый металл следует сваривать в несколько слоев. Оптимальный режим автоматической сварки : сила тока — 600 — 800 А, скорость сварки — 12—20 м/ч. Предпочтительнее понижать напряжение чтобы получить более выпуклые валики, лучше сопротивляющихся образованию горячих трещин.

1.2 Анализ базового технологического процесса

Первая операция базового технологического процесса – входной контроль. Поступившие на строительную площадку заготовки для частей

фундаментных осматриваются, производятся их измерения. Проверяются сертификаты и другая сопроводительная документация.

Детали и узлы из двухслойных сталей должны храниться в помещениях или под навесами. В условиях хранения должны быть исключены загрязнения, механические повреждения, а также контакт со сталями других марок и цветными металлами.

На заготовках и деталях, подлежащих сварке, должна быть маркировка, которая позволяет установить марку материала, номер плавки, и в случае необходимости номер листа.

Если сопроводительные сертификаты на материалы, предназначенные для изготовления ответственных изделий отсутствуют, следует провести их испытание на заводе-изготовителе изделий перед запуском в производство согласно требований стандартов, технических условий и требованиями к изделию.

При отсутствии в сопроводительных сертификатах на материалы тех показателей характеристик, которые регламентированы нормативными документами и техническими условиями, завод-изготовитель, прежде чем запустить их в производство, должен провести дополнительные испытания свойств материалов.

Если сварочные материалы предназначены для выполнения сварных соединений, к которым предъявлены требования по стойкости к межкристаллитной коррозии (МКК), следует испытать на склонность к межкристаллитной коррозии в соответствии с ГОСТ 6032-75.

Сварочные материалы, предназначенные для сварки изделий, температура эксплуатации которых превышает 350°C (кроме изделий, которые изготовлены из стабильноаустенитных сталей), в случае отсутствия указаний в сертификате или паспорте, необходимо контролировать на содержание ферритной фазы в металле шва или наплавленном металле.

Контролируются сварочные материалы. Для сварки частей фундаментных необходимо применять электроды в соответствии с ГОСТ

9466-75 и ГОСТ 10052-75. Перед сваркой электродов необходимо проверить на наличие в каждой поступающей партии сопроводительного документа, в котором должна быть указана следующая информация: название предприятия-поставщика; тип, марка и диаметр электродов; номер партии электродов и дата их изготовления; вес партии электродов; марка стали электродной проволоки; результаты проведенных испытаний; номера стандартов или технических условий.

Проверяют наличие ярлыка на каждой пачке и коробке с электродами. Ярлык должен содержать следующую информацию: товарный знак предприятия-изготовителя электродов; тип, марка, диаметр; номер партии и дату изготовления; номер стандарта или технических условий; режимы сварочного тока в зависимости от диаметра электрода и положения шва при сварке, рекомендуемые предприятием - изготовителем; механические свойства и химический состав наплавленного металла (согласно данным паспорта); специальные технологические свойства электродов.

Каждый ящик, содержащий пачки или коробки со сварочными электродами, необходимо снабдить ярлыком с аналогичными данными. На крышке каждого ящика должны быть предостерегающие надписи или наклейки: "Не бросать! "Беречь от сырости!"

Хранить и готовить к работе сварочные материалы на предприятии следует согласно требований нормативной документации.

Если условия хранения электродов или правильность хранения нарушены, следует провести выборочную проверку электродов.

Следующая операция сборки.

Подготовленные к сварке кромки непосредственно перед сборкой нужно зачистить до металлического блеска и обезжирить. Ширина зачищенных участков, считая от кромки разделки, должна составлять более 20 мм с наружной и более 10 мм с внутренней стороны листа.

Особенностью сборки фундаментных частей является то, что она происходит в сравнительно ограниченном пространстве и большой вес

фундаментных частей. Поэтому процесс установки (сборки) частей фундаментных проводится по нарядам на работу., наблюдающего), а также

Другой особенностью является то, что зона проведения сварочных работ должна быть ограждена от попадания воды.

В процессе сборки строповка частей фундаментных должна производиться в соответствии со специально разработанными для каждого узла схемами строповки. Для строповки предназначенного к подъему груза должны применяться стропы, соответствующие массе и характеру поднимаемого груза, с учетом числа ветвей и угла их наклона.

Первая операция сборки – на монтажной площадке собрать в кольцо и последовательно перенести в подготовленную штрабу пояс 2 фундаментного кольца. Затем аналогично собирают и переносят пояс 1 фундаментного кольца и камеру рабочего колеса. Затем на болтах собирают кольцо опорное и устанавливают на фланец статора.

Следующий этап – установленную ранее камеру рабочего колеса прицентровать и присоединить к опорному кольцу, обеспечивая необходимую форму. Производится контроль зазоров между частями. Для контроля применяют универсальный шаблон сварщика, рулетку, линейку измерительную. Для фиксации применяют струбцины и зажимы.

Затем производится сварка вертикальных сварных швов камеры рабочего колеса со стороны проточного тракта. Камера рабочего колеса выполнена из стали 06Х12НЗД. Для сварки данной стали применяются электроды ЭА-395/9. Кроме того, эти электроды могут быть применены для сварки углеродистых и низколегированных сталей с аустенитными сталями. Сварка производится во всех пространственных положениях. Ток постоянный, полярность обратная. Покрытие электродов основное.

Выполняется соединение С17 по ГОСТ 5264-80, рисунок 1.2, 1.3. Согласно ГОСТ 5264-80 на толщину соединяемых деталей 45 мм ширина шва e составит 54 ± 4 мм, усиление шва, g составит от 0 до 2,5 мм.

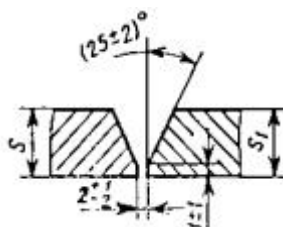


Рисунок 1.2 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей соединения С17 по ГОСТ 5264-80

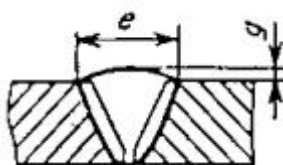


Рисунок 1.3 – Конструктивные элементы сварного шва соединения С17 по ГОСТ-5284-80.

Затем производится прихватка частей фланца между собой. В качестве источника питания применяют сварочный агрегат АСДП-500. Длина прихваток $l_{пр}=30...40$ мм, расстояние между прихватками 300...350 мм. Диаметр электродов 3 мм, сила тока 80-100 А.

Сварку корня шва ведем электродами диаметром 3 мм. Сила тока, также как и во время прихватки, 80-100 А. Разделку заполняем электродами диаметром 4 мм, сила тока 120-150 А. Сварку ведут на короткой длине дуги. После выполнения вертикальных сварных швов выполняют сварку кольцевого шва между камерой и опорным кольцом. Соединение С17, материал опорного кольца сталь 3 сп. Сварку выполняют на режимах, как и для вертикальных швов.

После сварки зачищают швы заподлицо с основным металлом, контролируют визуально 100%.

Далее центруют и подгоняют пояс 1 фундаментного кольца к камере рабочего колеса, выдерживая необходимые зазоры под сварку. Проверяют геометрическую форму пояса.

Пояс 1 выполнен из стали 08X18H10T-M5б по ГОСТ 7350-77. Сварку данной стали также выполняем электродами ЭА-395/9. Соединение С17, толщина 32 мм. Согласно ГОСТ 5264-80 для данной толщины ширина шва е составит 42 ± 3 мм, усиление шва, g составит от 0 до 2,5 мм.

Вначале заваривают вертикальные уплотнительные швы со стороны проточного тракта на стыках секторов пояса. Сварку корня шва ведем электродами диаметром 3 мм. Сила тока 80-100 А. Разделку заполняем электродами диаметром 4 мм, сила тока 120-150 А.

Затем производят приварку пояса 1 к камере рабочего колеса. Соединение С-17. Сварку ведут обратноступенчатым способом, разбив сварочный шов на участки длиной 600...800 мм. Режимы – как указано выше. После сварки зачищают швы заподлицо с основным металлом, контролируют визуально 100%.

Затем подгоняют и центруют пояс 2 фундаментного кольца к поясу 1 фундаментного кольца, выдерживают необходимые зазоры под сварку. Проверяют геометрическую форму и положение пояса 2 относительно вертикальной оси.

Пояс 2 выполнен из двухслойной стали. Применено сочетание сталей Ст3сп3+08Х13. Толщина листа 30 мм. Сварка ведется согласно ГОСТ 16092-80. Образование сварного соединения при сварке двухслойных сталей имеет ряд особенностей, обусловленных наличием в сварном соединении двух разнородных металлов у которых физические и механические свойства отличаются. Поэтому сварку основного слоя и наплавку плакирующего слоя ведут отдельно, применяя разные присадочные материалы так, чтобы снизить нежелательное перемешивание металлов.

Наплавка коррозионностойкого слоя при сварке двухслойной стали - частный случай сварки изделий из разнородных сталей. Поэтому для наплавки на конструкционную сталь (в нашем случае сталь 3 сп) высоколегированной стали следует применять электродные материалы аустенитного класса обладающие достаточным запасом аустенитности чтобы

предотвратить образование хрупких участков с мартенситной структурой в первом слое. Так же как и для сварки пояса 1 применяют электроды ЭА-395/9.

Если при сварке основного слоя одновременно плавится металл плакирующего слоя, то пластичность сварного соединения может существенно снизиться и повыситься его твердость. В некоторых случаях возможно образование трещин. Поэтому оплавленный плакирующий слой необходимо удалить методом вышлифовки и произвести травление 30% раствором медного купороса, чтобы удостовериться в том, что оплавленные участки полностью удалены. Места травления зачищают и протирают ветошью. Следы меди не допускаются.

В процессе сборки править двухслойные листы вручную стальными кувалдами допускается только со стороны основного металла. При этом плакирующий слой следует защищать снизу подкладками из алюминиевых или медных листов. Со стороны плакирующего слоя править двухслойные листы можно только медными кувалдами или киянками.

Сварка секторов производится по соединению С19 по ГОСТ 16098-80, рисунок 1.4, 1.5. Толщина секторов пояса 2 30 мм,

Согласно ГОСТ 16098-80 на толщину соединяемых деталей 30 мм ширина шва e составит от 27,5 до 31 мм, ширина шва e_1 (со стороны плакировки) составит 39 мм, усиление шва, g составит от 1 до 4,5 мм, усиление шва g_1 составит от 0,5 до 4 мм.

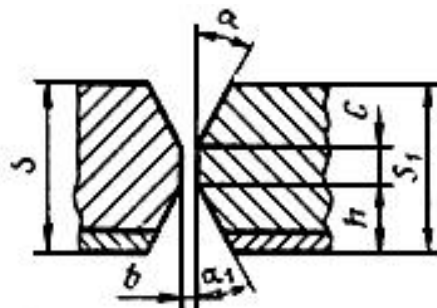


Рисунок 1.4 - Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей соединения С19 по ГОСТ 16098-80.

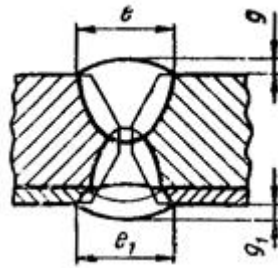


Рисунок 1.5 - Конструктивные элементы сварного шва соединения С19 по ГОСТ 16098-80.

Сварку основы выполнять электродами УОНИ-13/55. Покрытие электродов основное. Вначале проваривают корень шва электродами диаметром 3 мм, полярность обратная, сила тока 70-90 А, затем заполняют разделку электродами диаметром 4 мм, сила тока 130-140 А. Плакирующий слой заваривают электродами ЭА-395/9 согласно режимам, указанным ранее.

После сварки секторов выполняют приварку пояса 2 к поясу 1 фундаментного кольца. Сварку ведут обратноступенчатым способом, разбив сварочный шов на участки длиной 500-500 мм. Соединение С12 по ГОСТ 5264-80, рисунок 1.6, 1.7.

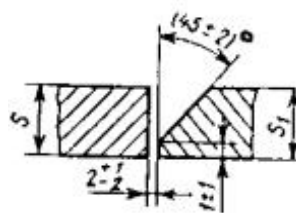


Рисунок 1.6 - Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей соединения С12 по ГОСТ 5264-80.

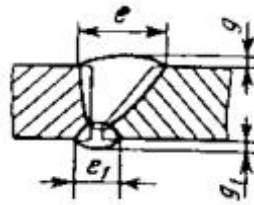


Рисунок 1.7 - Конструктивные элементы сварного шва соединения С12 по ГОСТ 16098-80.

Согласно ГОСТ 5264-80 на толщину соединяемых деталей 30 мм ширина шва e составит 38 ± 3 мм, усиление шва, g составит от 0 до 2,5 мм, ширина шва e_1 составит 10 ± 2 мм, усиление шва, g_1 составит от 0 до 2,5 мм.

Качество сборочно-сварочных работ контролировать следующими методами неразрушающего контроля: визуально-измерительный контроль сварного шва и обмер сварных соединений (контроль геометрических размеров сварного шва и соединения, качества зачистки сварных швов и поверхностей корпуса подшипника от шлака и брызг металла, наличия недопустимых внешних дефектов сварного шва и околошовной зоны, прожогов, механических повреждений, недопустимых деформаций).

Проводят также стилоскопирование. Применяют Стилоскоп переносной СЛП-3. Данный стилоскоп переносной, вес комплекта 20 кг. Стилоскоп способен решать сложные задачи анализа в труднодоступных местах. К примеру, сварочных швов с внутренним углом, напольных сочленений, объектов с ячеистой или сотовой структурой, элементов с ограниченным доступом и т.п. За счет эндоскопического канала и малой контактной площадки, оператор сможет адаптировать прибор для анализа практически любого узла со сложной геометрией. Специально для стилоскопа СЛП-6 возможна поставка катушки сетевого провода, длиной до 50 метров, чтобы обеспечить работу специалиста на площади с малым или удаленным количеством точек доступа к электрической сети. блок прожига

можно использовать как в горизонтальном, вертикальном так и в перевернутом положении.

После выполнения сварных швов и их контроля в штрабу опускают части сопрягающего пояса. Части сопрягающего пояса, всего 24, последовательно пригнать к поясу 2 фундаментного кольца, к облицовке конуса отсасывающей трубы и между собой, выдерживая необходимые зазоры под сварку.

Сборку сопрягающего пояса производить последовательно, в обе стороны от установленной и зафиксированной первой части, и производить сварку вертикальных стыков с подогнанными смежными частями, обеспечивая их свободную усадку от сварки. Сварка электродами ЭА-395/9, соединение С8 по ГОСТ 5264-80, рисунок 1.8, 1.9.

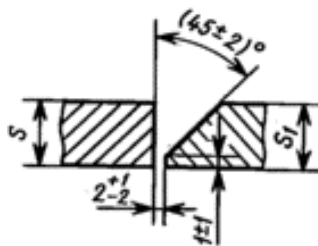


Рисунок 1.8 - Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей соединения С8 по ГОСТ 5264-80.

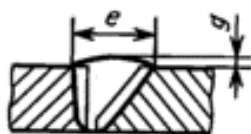


Рисунок 1.9 - Конструктивные элементы сварного шва соединения С8 по ГОСТ 5264-80.

Замыкающую часть сопрягающего пояса, имеющую припуск по длине, подогнать и приварить последней.

Сваренный в кольцо сопрягающий пояс приварить к поясу фундаментного кольца. Сварку вести обратноступенчатым способом, разбив сварной шов на со-

ответствующие участки.

Части фланца сопрягающего пояса пригнать и приварить к цилиндрической поверхности пояса, к горизонтальному фланцу облицовки конуса отсасывающей трубы и между собой.

1.3 Анализ возможных способов сварки частей фундаментных

Основу для разработки техпроцесса сварки составляют: химический состав; свойства свариваемого металла; условия эксплуатации изделия.

Проведенный выше анализ показал, что стали, применяемые для изготовления деталей и узлов частей фундаментных обладают хорошей свариваемостью, относятся к первой группе. Однако с учетом условий эксплуатации частей фундаментных могут понадобиться дополнительные технологические мероприятия.

С учетом сформулированной цели работы необходимо выбирать способ сварки фундаментных частей, обеспечивающий заданные требования по качеству при высокой производительности. Ручная дуговая сварка штучными электродами (ММА - Manual Metal Arc), применяемая в базовом варианте, см. раздел 1.2, обладает рядом недостатков. Главный здесь – низкая производительность процесса. Дело в том, что при ручной дуговой сварке процесс зажигания дуги, поддержания длины дуги при заполнении разделки свариваемых кромок, перемещения дуги вдоль кромок и подача электрода в зону сварки по мере его расходования производится сварщиком вручную. Поэтому качество сварного соединения существенно зависит от квалификации сварщика: насколько быстро он зажигает дугу, поддерживает необходимую длину дуги, равномерно перемещает ее вдоль кромок. Кроме того, в ряде случаев сварщику необходимо выполнять дополнительные движения электрода при сварке, как правило, колебательные. Зачастую приходится сваривать шов в различных пространственных положениях. Кроме того, сварщик должен выполнять требуемые манипуляции электродом таким образом, чтобы обеспечить проплавление свариваемых кромок с образованием необходимого количества наплавленного металла и чтобы

обеспечить хорошее формирование шва. Это обеспечивается при условии, постоянства длины дуги и перемещения электрода по заданной траектории. Нормальной считается длина дуги $l_d = (0,5 \div 1,2)d$ в зависимости от марки электрода и условий сварки. Обеспечить постоянство длины дуги могут сварщики высокой квалификации, навыки которых позволяют подводить электрод к изделию равномерно, по мере расплавления электродного стержня.

Подытоживая можно сказать, что сварщик контролирует большое количество параметров технологического процесса, в результате качество сварного соединения напрямую зависит от субъективных характеристик работника, он быстро утомляется, снижается производительность. Для устранения указанного недостатка в практике, как правило, выбирают механизированные и автоматические способы сварки, обеспечивающие высокое и стабильное качество сварных соединений

Наибольшее распространение получила механизированная дуговая сварка в защитных газах.

У данного способа существуют многочисленные разновидности, однако его главная особенность в том, что при сварке в зону факела дуги подают газ, состав которого отличается от состава воздуха, рис. 1.10. При этом вокруг факела дуги создается среда, защищающая расплавившийся основной и присадочный металл от вредного влияния воздуха.

Применяемые на практике разновидности дуговой сварки в защитных газах многочисленны. Данный вид сварки может быть классифицирован по вариантам создания газовой защиты, по химическому составу защитного газа, по типу электрода, по роду сварочного тока, по степени механизации процесса.

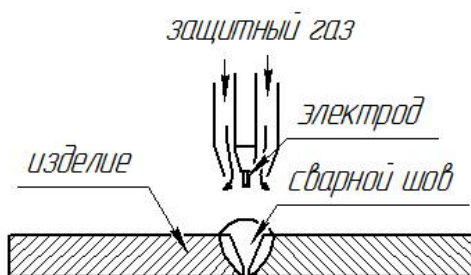


Рисунок 1.10 - Сварка неплавящимся электродом в среде защитного газа

Для правильного выбора состава защитной среды учитывают химический состав свариваемого металла и его свойства, толщину свариваемых кромок, используемый электрод, а также требования к сварным соединениям. Так, для сварки металлов, обладающих химической активностью используют инертные газы. Смесь инертных активных газов повышает устойчивость дуги, обеспечивает большую глубину проплавления свариваемого металла, уменьшает разбрызгивание металла в случае сварки плавящимся электродом, увеличивает скорость, а значит производительность сварки.

Из преимуществ сварки в защитных газах можно выделить следующие: высокая мобильность; высокая производительность; сварку можно выполнять во всех пространственных положениях; можно соединять металл в диапазоне толщин - от миллиметра и менее до десятков миллиметров; оборудование сравнительно простое, дешевое и неприхотливое в эксплуатации; важным является экономия присадки за счет отсутствия т.н. огарка электрода.

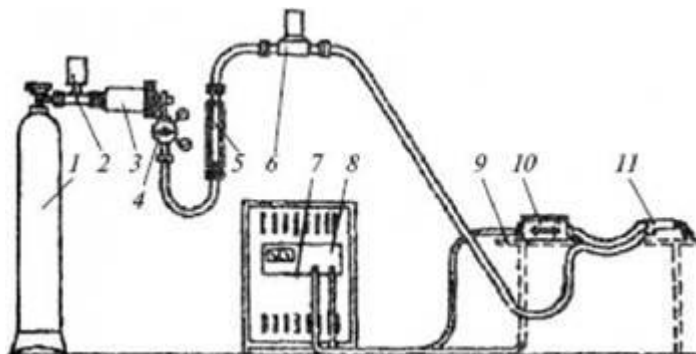
Типовой сварочный пост для механизированной сварки в среде защитного газа, способ MIG/MAG, показан на рис. 1.11.

Таким образом, главным недостатком при сварке в среде защитных газов является сложное оборудование. Кроме того, длина шланга ограничена, что накладывает некоторые ограничения на подвижность сварщика.

Для некоторых способов сварки, например, механизированной в среде углекислого газа недостатком является повышенное разбрызгивание.

При автоматической сварке под флюса между соединяемыми деталями и плавящимся электродом возбуждают дугу, перед дугой наносят слой флюса, рисунок 1.12. Под слоем флюса за счет тепла дуги образуется сварочная ванна и, при перемещении дуги, формируется шов. Тепло дуги, также плавит часть флюса, образуется слой жидкого шлака, который разогретые газы и пары металла оттесняют своим давлением, и образуется

пузырь закрывающий зону сварки. После кристаллизации шва на его поверхности происходит образование шлаковой корки. Слой флюса и шлак обеспечивают защиту зоны сварки и остывающего шва от воздуха.



1 - баллон с газом; 2 - подогреватель; 3 - осушитель; 4 - редуктор; 5 - расходомер (ротаметр); 6 - газозащитный клапан; 7 - источник питания; 8 - пульт управления; 9- рабочий стол; 10 - подающий механизм; 11 - горелка

Рисунок 1.11 – Пост для сварки в среде защитных газов.

За счет перехода газов и неметаллических загрязнений в шлак, металл становится более чистым. Кроме того, в плавильном пространстве повышается давление за счет облегания его шлаком, происходит повышение давления в плавильном пространстве, дуга обжимается, что повышает ее эффективный КПД и проплавляющую способность.

Также нет разбрызгивания металла, что позволяет увеличить силу тока, по сравнению с ручной сваркой. Потери электродного металла составляют не более 2-4 %. Дугу в процессе сварки не видно, поэтому сварщик может обойтись без защитной маски и тяжелой защитной одежды [2].

Однако сварка под флюсом не лишена недостатков. Ее сложно выполнять в пространственных положениях шва, кроме нижнего, потому что необходимо удерживать флюс. Следует отметить, что при сварке фундаментных частей практически нет швов в нижнем положении.

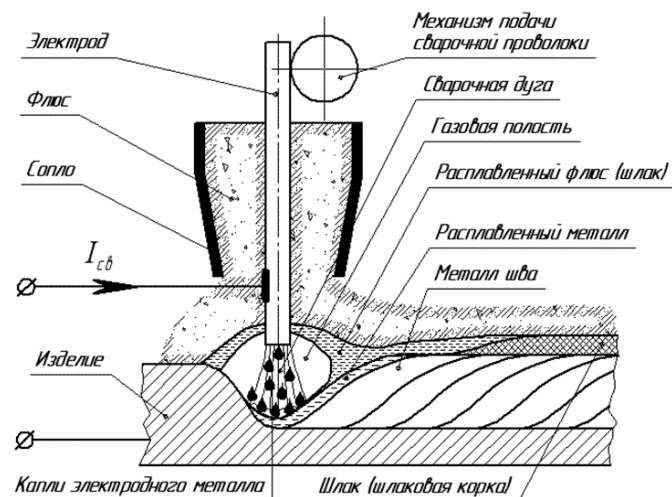


Рисунок 1.12 – Сварка под слоем флюса

Сложно вести контроль процесса горения дуги и формирования шва, потому что все закрыто флюсом. Пыль флюса и пары флюса представляют опасность здоровью сварщиков. Для сварки необходимо применять сложное дорогостоящее оборудование.

1.4 Задачи работы

Цель настоящей работы – повышение производительности при сварке частей фундаментных гидроагрегата Жигулевской ГЭС.

Анализ базового технологического процесса, конструктивных особенностей фундаментных частей позволяет выделить главный недостаток, низкую степень механизации и автоматизации.

Таким образом, анализ показывает, что для достижения поставленной в работе цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Выбрать вариант механизированной сварки;
- 2) Подобрать режимы сварки, присадочные материалы;
- 3) Разработать технологический процесс механизированной сварки;
- 4) Обеспечить безопасность и экологичность предложенных технических решений;
- 5) Провести экономическое обоснование результатов проекта.

2 Разработка технологии механизированной сварки

2.1 Выбор вспомогательных материалов для механизированной сварки

В первой части бакалаврской работы были высказаны критические замечания в адрес способа сварки. Одним из недостатков применяемого метода ММА (ручная дуговая сварка штучными электродами) является необходимость контроля сварщиком множества параметров процесса, таким образом, качество соединения во многом зависит от личностных характеристик сварщика. Как и производительность. Альтернативным вариантом ручной дуговой сварке является механизированная сварка, способ MIG-MAG.

На первом этапе разработки технологического процесса сварки фундаментных частей механизированным способом определяются со сварочными материалами.

Задача по выбору сварочных материалов является одной из важнейших при разработке технологии сварки. Назначенная марка сварочных материалов (или их сочетание) определяют химический состав металла шва и, как следствие, механические и эксплуатационные свойства сварного соединения. Решение задачи по выбору сварочных материалов должно идти в тесной связи с условиями эксплуатации сварной конструкции.

Выбор сварочных материалов должен выполняться с учётом следующих основных факторов:

- специфические особенности выбранного способа сварки;
- химический состав металла сварной конструкции;
- условия эксплуатации конструкции (температура эксплуатации, избыточное давление, наличие коррозионно активных сред и т.п.).

Выбранный способ сварки влияет прежде всего на выбор видов применяемых сварочных материалов. Для выбранного способа сварки-

механизированная в защитном газе, можно указать следующие виды сварочных материалов - газ защитный, проволока электродная.

Теперь приступаем к назначению типов и марок сварочных материалов. При назначении типов и марок сварочных материалов стремиться к идентичности химического состава основного металла и металла сварного шва, т.к. при этом увеличивается вероятность достижения равнопрочности основного металла и металла шва, а также увеличивается коррозионная стойкость сварного соединения.

Следует помнить, что химический состав электродного или присадочного металла далеко не одно и то же, что химический состав металла шва. Следует иметь в виду, что в процессе сварки активно протекают металлургические процессы, приводящие к отличию итогового химического состава металла шва от химического состава электродного или присадочного металла (часть элементов выгорает, часть в результате химических реакций переходит в шлак и т.п.). Выбор материала по химическому составу необходимо производить на основе анализа химического состава наплавленного металла.

Назначая сварочный материал по критерию химического состава необходимо также помнить о том, что важное значение имеет не просто отдельное назначение элементов комплекса сварочных материалов, например, марки сварочной проволоки и марки сварочного флюса, а обоснованное назначение сочетания сварочных материалов: флюс-проволока, защитный газ – проволока и т.п. Это необходимо учитывать потому, что одна и та же марка проволоки в сочетании с разными марками флюса даёт совершенно различные химические составы металла шва. То же наблюдается и при сварке в защитных газах. Например, при сварке в среде активного газа (допустим, углекислого) происходит активное выгорание ряда химических элементов, в то время как при сварке в инертном газе это выгорание гораздо менее интенсивно. Следовательно, чтобы при сварке в активном и в

инертном газе получить металл шва одинакового состава необходимо в первом случае применять более легированную проволоку, чем во втором.

Значительную роль на выбор сварочных материалов оказывают условия эксплуатации сварной конструкции, такие как рабочая температура, рабочее давление и т.п. Разные условия эксплуатации диктуют различные требования к свойствам сварного соединения, а, следовательно, и к его химическому составу. Во многих конструкциях значительную роль играет химическая активность рабочей среды, и, следовательно, требования к коррозионной стойкости изделия. Так, например, существенное значение при выборе материала играет наличие требований по стойкости к межкристаллитной коррозии (МКК). При наличии требований по стойкости изделия к межкристаллитной коррозии для сварки применяется один сварочный материал, в то время как при отсутствии требований к МКК используется более дешёвый и менее легированный сварочный материал.

Условия эксплуатации будут оказывать влияние и на возможность реализации мероприятий, позволяющих компенсировать или уменьшить негативное влияние сложностей при сварке. Так, например, чтобы избежать образования холодных трещин в высокопрочной стали, и упростить при этом технологию сварки, для малонагруженной сварной конструкции возможно использование аустенитного варианта сварки (т.е. получение аустенитного металла шва), в то время как такой вариант будет совершенно не применим для конструкций, работающих в тяжёлых условиях нагружения, или в условиях возможности развития межкристаллитной коррозии.

С учетом того, что принимаем сварку в среде аргона, и номенклатура свариваемых сталей - 08X18H10T, 06X12H3Д, 08X13 и сталь 3 сп выбираем сварочную проволоку Св-07X18H9ТЮ для сталей 08X18H10T, 06X12H3Д, 08X13 и 12ГС для сварки стали 3.

В качестве защитного газа принимаем аргон. Требования к чистоте аргона для сварки определяются свойствами соединяемых металлов. Промышленностью выпускается для сварки аргон газообразный чистый по

ГОСТ 10157-79. Аргон поставляется в баллонах под давлением 150 ± 5 кгс/см². Баллоны для аргона окрашены в серый цвет. На верхней части баллона нанесена зеленая полоса и сделана черная надпись «Аргон чистый».

2.2 Разработка технологии механизированной сварки частей фундаментных

Операции входного контроля частей фундаментных остаются без изменений, по сравнению с базовым технологическим процессом.

Последовательность операций сборки также не изменяется. Первая операция сборки – на монтажной площадке собрать в кольцо и последовательно перенести в подготовленную штрабу пояс 2 фундаментного кольца. Затем аналогично собирают и переносят пояс 1 фундаментного кольца и камеру рабочего колеса. Затем на болтах собирают кольцо опорное и устанавливают на фланец статора.

Следующий этап – установленную ранее камеру рабочего колеса прицентровать и присоединить к опорному кольцу, обеспечивая необходимую форму. Производится контроль зазоров между частями. Для контроля применяют универсальный шаблон сварщика, рулетку, линейку измерительную. Для фиксации применяют струбцины и зажимы.

Затем производится сварка вертикальных сварных швов камеры рабочего колеса со стороны проточного тракта. Камера рабочего колеса выполнена из стали 06Х12НЗД. Для механизированной сварки данной стали применяется сварочная проволока Св-07Х18Н9ТЮ и защитный газ - аргон.

Выполняется соединение С17 по ГОСТ 14771-76, рисунок 2.1, 2.2. Согласно ГОСТ 14771-76 на толщину соединяемых деталей 45 мм угол α составит 20° , зазор b составит 0...3 мм, c составит 0...3 мм, ширина шва e составит 40 ± 5 мм, усиление шва, g составит от 0 до 3 мм.

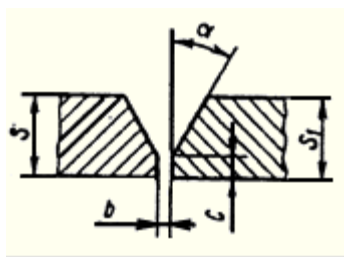


Рисунок 2.1 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей соединения С17 по ГОСТ 14771-76

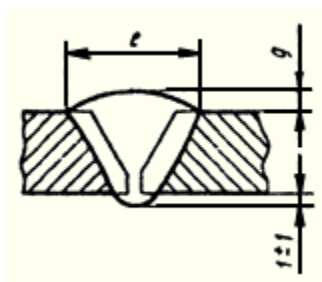


Рисунок 2.2 – Конструктивные элементы сварного шва соединения С17 по ГОСТ 14771-76.

Затем производится прихватка частей камеры между собой. В качестве источника питания применяют инверторный полуавтомат СВАРОГ MIG 350. Длина прихваток $l_{пр}=30...40$ мм, расстояние между прихватками 300...350 мм. Диаметр проволоки 1,2 мм, сила тока 220-230 А, $U_d=20-25$ В, $V_{св}=10-15$ м/час, $Q_{зг}=8-10$ л/мин.

Разделку заполняем проволокой диаметром 1,4 мм, сила тока 290-310 А, $U_d=20-25$ В, $V_{св}=10-15$ м/час, $Q_{зг}=10-12$ л/мин.

. Сварку ведут на короткой длине дуги. После выполнения вертикальных сварных швов выполняют сварку кольцевого шва между камерой и опорным кольцом. Соединение С17, материал опорного кольца сталь 3 сп. Сварку выполняют на режимах, как и для вертикальных швов.

После сварки зачищают швы заподлицо с основным металлом, контролируют визуально 100%.

Далее центруют и подгоняют пояс 1 фундаментного кольца к камере рабочего колеса, выдерживая необходимые зазоры под сварку. Проверяют геометрическую форму пояса.

Пояс 1 выполнен из стали 08X18H10T-M5б по ГОСТ 7350-77. Сварку данной стали также выполняем проволокой Св-07X18H9ТЮ диаметром 1,2 мм. Соединение С17, толщина 32 мм. Согласно ГОСТ 14771-76 для данной толщины ширина шва e составит 32 ± 4 мм, усиление шва, g составит от 0 до 3 мм.

Вначале заваривают вертикальные уплотнительные швы со стороны проточного тракта на стыках секторов пояса. Сварку корня шва ведем на следующих режимах. сила тока 220-230 А, $U_d=20-25$ В, $V_{св}=10-15$ м/час, $Q_{зг}=8-10$ л/мин.

Разделку заполняем проволокой диаметром 1,4 мм, сила тока 290-310 А, $U_d=20-25$ В, $V_{св}=10-15$ м/час, $Q_{зг}=10-12$ л/мин.

Затем производят приварку пояса 1 к камере рабочего колеса. Соединение С-17. Сварку ведут обратноступенчатым способом, разбив сварочный шов на участки длиной 600...800 мм. Режимы – как указано выше. После сварки зачищают швы заподлицо с основным металлом, контролируют визуально 100%.

Затем подгоняют и центруют пояс 2 фундаментного кольца к поясу 1 фундаментного кольца, выдерживают необходимые зазоры под сварку. Проверяют геометрическую форму и положение пояса 2 относительно вертикальной оси.

Пояс 2 выполнен из двухслойной стали. Применено сочетание сталей СтЗспЗ+08Х13. Толщина листа 30 мм. Сварка секторов ведется согласно ГОСТ 16092-80, рисунок 2.3, 2.4. Толщина секторов пояса 2 30 мм,

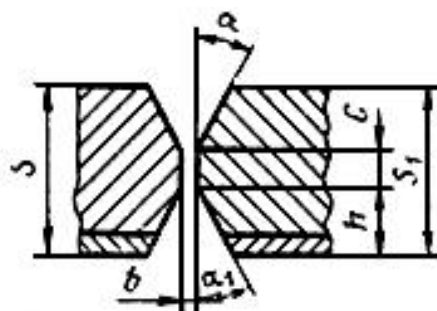


Рисунок 2.3 - Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей соединения С19 по ГОСТ 16098-80.

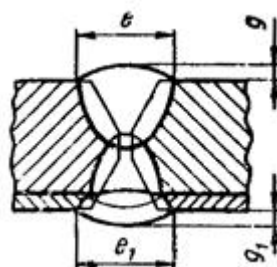


Рисунок 2.4 - Конструктивные элементы сварного шва соединения С19 по ГОСТ 16098-80.

Согласно ГОСТ 16098-80 на толщину соединяемых деталей 30 мм ширина шва e составит от 27,5 до 31 мм, ширина шва e_1 (со стороны плакировки) составит 39 мм, усиление шва, g составит от 1 до 4,5 мм, усиление шва g_1 составит от 0,5 до 4 мм.

Сварку основы выполнять проволокой Св-12ГС. Вначале проваривают корень шва на режимах 240-250 А, $U_d=20-25$ В, $V_{св}=10-15$ м/час, $Q_{зг}=10-12$ л/мин.

Затем заполняют разделку проволокой диаметром 1,4 мм, сила тока 300-320 А, $U_d=20-25$ В, $V_{св}=12-16$ м/час, $Q_{зг}=11-13$ л/мин.

Плакирующий слой заваривают проволокой Св-07Х18Н9ТЮ диаметром 1,2 согласно режимам, указанным ранее.

После сварки секторов выполняют приварку пояса 2 к поясу 1 фундаментного кольца. Сварку ведут обратноступенчатым способом,

разбив сварочный шов на участки длиной 500-500 мм. Соединение С12 по 14771-76, рисунок 2.5, 2.6.

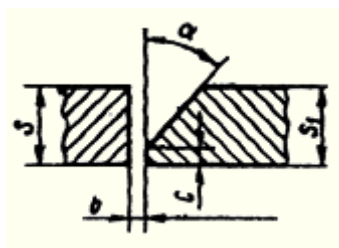


Рисунок 2.5 - Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей соединения С12 по ГОСТ 14771-76.

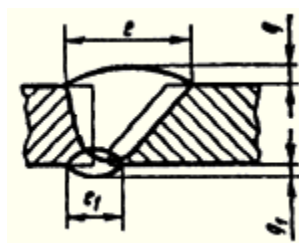


Рисунок 2.6 - Конструктивные элементы сварного шва соединения С12 по ГОСТ 14771-76.

Согласно ГОСТ ГОСТ 14771-76 для соединения С12 на толщину соединяемых деталей 30 мм угол α составит 40° зазор b составит $0...3$ мм, c составит $0...3$ мм, ширина шва e составит 34 ± 3 мм, усиление шва, g составит от 0 до 2,5 мм, ширина шва e_1 составит 10 ± 2 мм, усиление шва, g_1 составит от 0 до 2,5 мм.

Качество сборочно-сварочных работ контролировать следующими методами неразрушающего контроля: визуально-измерительный контроль сварного шва и обмер сварных соединений (контроль геометрических размеров сварного шва и соединения, качества зачистки сварных швов и поверхностей корпуса подшипника от шлака и брызг металла, наличия

недопустимых внешних дефектов сварного шва и околошовной зоны, прожогов, механических повреждений, недопустимых деформаций.

Проводят также стилоскопирование. Применяют Стилоскоп переносной СЛП-3. Данный стилоскоп переносной, вес комплекта 20 кг. Стилоскоп способен решать сложные задачи анализа в труднодоступных местах. К примеру, сварочных швов с внутренним углом, напольных сочленений, объектов с ячеистой или сотовой структурой, элементов с ограниченным доступом и т.п. За счет эндоскопического канала и малой контактной площадки, оператор сможет адаптировать прибор для анализа практически любого узла со сложной геометрией. Специально для стилоскопа СЛП-6 возможна поставка катушки сетевого провода, длиной до 50 метров, чтобы обеспечить работу специалиста на площади с малым или удаленным количеством точек доступа к электрической сети. блок прожига можно использовать как в горизонтальном, вертикальном так и в перевернутом положении.

После выполнения сварных швов и их контроля в штрабу опускают части сопрягающего пояса. Части сопрягающего пояса, всего 24, последовательно пригнать к поясу 2 фундаментного кольца, к облицовке конуса отсасывающей трубы и между собой, выдерживая необходимые зазоры под сварку.

Сборку сопрягающего пояса производить последовательно, в обе стороны от установленной и зафиксированной первой части, и производить сварку вертикальных стыков с подогнанными смежными частями, обеспечивая их свободную усадку от сварки. Сварка проволокой Св-07Х18Н9ТЮ, соединение С8 по ГОСТ 14771-76, рисунок 2.7, 2.8.

Замыкающую часть сопрягающего пояса, имеющую припуск по длине, подогнать и приварить последней.

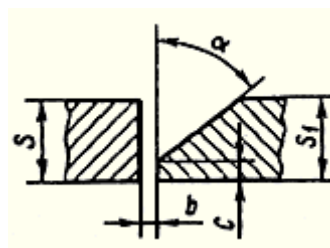


Рисунок 2.7 - Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей соединения С8 по ГОСТ 14771-76.

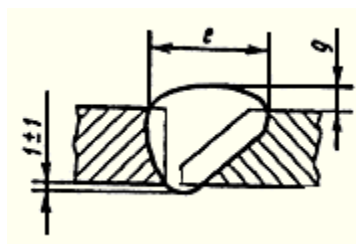


Рисунок 2.8 - Конструктивные элементы сварного шва соединения С8 по ГОСТ 14771-76.

Сваренный в кольцо сопрягающий пояс приварить к поясу фундаментного кольца. Сварку вести обратноступенчатым способом, разбив сварной шов на соответствующие участки.

Части фланца сопрягающего пояса пригнать и приварить к цилиндрической поверхности пояса, к горизонтальному фланцу облицовки конуса отсасывающей трубы и между собой.

Операции контроля остаются без изменений по сравнению с базовой технологией.

3 Выбор оборудования для механизированной сварки

Устойчивое горение дуги и стабильность режима сварки зависят от условий существования дугового разряда, свойств и параметров источника питания. Основным параметром источника питания - его внешняя статическая вольтамперная характеристика, выражающая зависимость между напряжением на зажимах источника и током сварки. У источников питания может быть крутопадающая, пологопадающая, жесткая характеристика. Для разных способов сварки требуются источники тока с определенным типом внешней характеристики. При ручной электродуговой сварке используют источники с падающей внешней характеристикой, у которых при коротком замыкании происходит снижение напряжения до нуля. Благодаря этому не происходит рост силы тока короткого замыкания, а при возбуждении дуги, когда сила тока ток очень мала, на дуге обеспечивается повышенное напряжение. При использовании источников питания с падающей внешней характеристикой сварщик может удлинять дугу в разумных пределах, не опасаясь ее быстрого обрыва, или уменьшать длину дуги без излишнего увеличения сварочного тока.

Таким образом, для реализации технологии механизированной сварки двухслойных сталей потребуются новое сварочное оборудование. Важным является способность оборудования работать в сырых условиях шахты.

Анализ рынка сварочного оборудования позволяет остановить выбор на полуавтомат СВАРОГ MIG 350 (J1601), рисунок 3.1. Величина сварочного тока оставляет до 350 А. Длина шланга составляет 3 м. Это инверторный сварочный аппарат.



Рисунок 3.1 – Аппарат сварочный СВАРОГ MIG 350 (J1601)

Преимущества инверторных источников питания следующие. С учетом того, что массу и габаритные размеры сварочного выпрямителя определяют, преимущественно, параметры силового сварочного трансформатора, а самой массивной его составляющей частью является магнитопровод, следовательно, чтобы снизить массогабаритные размеры источника питания нужно, в первую очередь, снизить массу и размеры магнитопровода. Известно, что масса трансформатора, находится в зависимости от частоты питающего напряжения. Поэтому для питания трансформатора лучше использовать напряжение высокой частоты. Повышение частоты в 100 раз уменьшает массогабаритные размеры источника питания сварочной дуги в 4 раза. Повышение частоты в 400 раз уменьшает в 20 раз. Таким образом,

чтобы достичь уменьшения массогабаритных размеров сварочного выпрямителя, повышают частоту питания силового трансформатора. В основном данный технический прием реализуют, применяя инверторы. Инвертор производит двойное преобразование:

- 1) преобразовывает переменное напряжение промышленной частоты в постоянное;
- 2) преобразовывает постоянное напряжение в высокочастотное переменное.

Вольтамперные характеристики инверторного выпрямителя зависят, в основном, от его конструктивных особенностей и трансформатора. Собственно инвертор обладает почти жесткой естественной внешней характеристикой. Но, с учетом того, что индуктивное сопротивление трансформатора, пропорциональное частоте инвертирования, обладает большой величиной, даже при нормальном магнитном рассеянии, в целом получается падающая характеристика инверторного выпрямителя. Вследствие чего формирование внешних характеристик обеспечивается искусственно, посредством обратных связей. В инверторном выпрямителе легко может быть получена ломаная внешняя характеристика, сформированная из нескольких участков. Крутопадающий участок нужен для обеспечения сравнительно большой величины напряжения холостого хода, что позволяет улучшить первоначальное зажигание дуги. Пологопадающий участок нужен для обеспечения эффективного саморегулирования при механизированной сварке в углекислом газе. Вертикальный участок нужен для ограничения сварочного тока, что предотвращает прожог при сварке тонкого металла. Кроме того, он задает величину тока короткого замыкания. Положение каждого из перечисленных участков можно настроить с помощью отдельных регуляторов. Например, при сварке в углекислом газе перемещая участок по вертикали регулируем сварочное напряжение, при сварке покрытыми электродами перемещением вертикального участка устанавливаем силу тока.

Стоимость инверторного выпрямителя больше, чем других источников, поэтому его можно рекомендовать к использованию в тех случаях, когда имеют значение малые габариты и масса – при сварке на монтаже, в быту, на ремонтных работах. Ранее было отмечено, что сварка фундаментных частей происходит в ограниченном пространстве и относится к монтажным работам.

Зато эксплуатационные расходы на такой источник очень малы. Коэффициент мощности инверторных источников, $\cos \varphi$, близок к 1, за счет того, что он не потребляет реактивную мощность. Коэффициент полезного действия превышает 0,7 достигая, в некоторых случаях, 0,9. Кроме того, схемное решение инверторного выпрямителя позволяет достаточно просто уменьшать напряжение холостого хода во время паузы.

Другой недостаток инверторного выпрямителя - сложность устройства и, соответственно, низкой надежностью и ремонтпригодностью. Кроме того, высокочастотный трансформатор, выходной фильтр и дуга издают повышенный шум. Радикальный способ борьбы с указанным шумом заключается в увеличении рабочей частоты свыше 20 кГц. При этом звук перестает быть слышимым.

Работает инверторный выпрямитель следующим образом: сетевое переменное напряжение, 50 герц, выпрямляется и фильтруется, после чего преобразуется в высокочастотное. Через высокочастотный трансформатор происходит его понижение до уровня, требуемого для проведения сварочных работ. Пониженное высокочастотное напряжение снова выпрямляется и фильтруется и подается на сварочную дугу.

В отличие от традиционных сварочных трансформаторов в инверторных источниках питания параметры электрической энергии преобразуются комбинированным способом, полупроводниковой электроникой и маломощного трансформатора. Преобразование проходит в несколько этапов.

Сначала поступающий из сети ток с частотой 50 Гц проходит через первичный выпрямитель, колебания постоянного тока сглаживаются

фильтром. Затем сглаженный ток преобразуется модулятором обратно в высокочастотный (20-100 кГц) переменный.

Затем реализуется понижение напряжения и повышение тока до величин, требуемых для сварки. Преобразование электрической энергии в высокочастотную позволяет применить понижающие трансформаторы малых размеров. В инверторе, чтобы получить сварочный ток 160А, достаточно трансформатора весом примерно 250 г. В традиционных сварочных аппаратах для такого тока требуется трансформатор весом 18 кг.

Это качество инверторных аппаратов является особо ценным в условиях, когда размеры фундаментных частей превышают 10 метров. Вес аппарата СВАРОГ MIG 350 (J1601) составляет 29 кг.

4 Безопасность и экологичность проекта.

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.

Тема выпускной квалификационной работы: «Сварка фундаментных частей проточной части гидроагрегата».

Проектный технологический процесс сварки фундаментных частей планируется к внедрению в машинном зале ГЭС, рисунок 3.1.

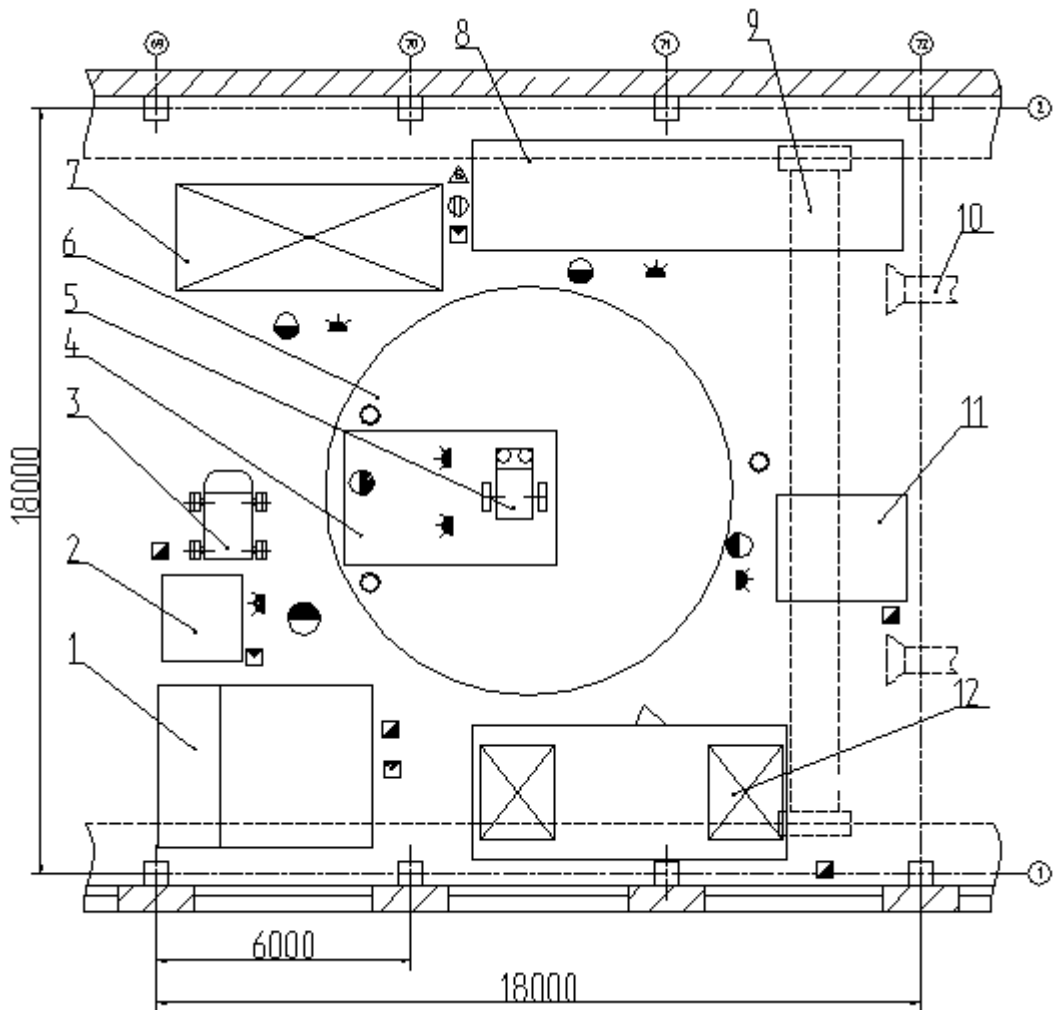


Рисунок 4.1 – Схема компоновочная участка

В состав участка входит следующее оборудование: пост операционного контроля 1; оборудование для ультразвукового контроля 2; тележка инвентарная 3; подмости инвентарные 4; полуавтомат сварочный СВАРОГ MIG 350 (J1601) 5; шахта 6; склад частей фундаментных 7; пост входного контроля 8; кран мостовой 9; приточная

вентиляция 10; печь для сушки сварочных материалов 11; склад для вспомогательных инструментов и расходных материалов.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Сварка частей фундаментных	Подготовка и контроль частей, сборка частей, варка	Слесарь-сборщик, сварщик изделий из тугоплавких металлов,	СВАРОГ MIG 350.	Части фундаментные из сталей 08X18H10T, 08X13, сталь 3, сварочная проволока Св-07X18H9TЮ, аргон, круг абразивный

4.2 Идентификация профессиональных рисков.

Технологический процесс сварки частей фундаментных сопровождаются опасностями, вызванные разнообразными причинами, которые могут привести человека к временной или полной нетрудоспособности, в зависимости от стечения обстоятельств или интенсивности воздействия.

При дуговой сварке частей фундаментных имеют место следующие опасные и вредные производственные факторы: повышено содержание в воздухе возле рабочей зоны озона и оксидов азота и аэрозолей, которые состоят, преимущественно, из оксидов металлов; повышенная температура поверхностей трубопровода; повышенное напряжение в электрической цепи; наличие на производственном участке баллонов с аргонem [16].

Анализ рисков, обусловленных опасными и вредными производственными факторами проведем в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков.

№п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1	Подготовка частей фундаментных к сварке, сборка частей, сварка, контроль сварных соединений	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенная температура воздуха рабочей зоны;	Полуавтомат СВАРОГ MIG 350, части фундаментные из сталей 08X18H10T, 08X13, сталь 3, сварочная проволока Св-07X18H9ТЮ, аргон, круг абразивный

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов (уже реализованные и предлагаемые для реализации в рамках дипломного проекта).

№ 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	движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;	Предостерегающие надписи, соответствующая окраска, ограждения.	
2	повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	вентиляция	респираторы
3	повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;		Спецодежда, перчатки
4	повышенная температура воздуха рабочей зоны;	вентиляция	

Инструктаж по технике безопасности и обучение, первичный инструктаж на рабочем месте, ежеквартальный инструктаж являются общими для всех вредных факторов. Их не включаем в таблицу.

4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта.

Пожар это неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью людей, интересам общества, государства [16] .

На участке сварки труб возможно возникновение пожаров. Основные классы пожара на участке и сопутствующие пожару опасные факторы приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	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, огнетушитель ОП-2,	Пожарные автомобили или (вызываются)	Автоматическая установка газового пожаротушения Заря-22	Не применяются	Краны пожарные напорные пожарные рукава	Действия согласно плану эвакуации	Лопата, багор, топор	Телефон в помещении начальника смены машинного зала, кнопки извещения о пожаре на колоннах 2/70, 2/72.

Таблица 4.5 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования, технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной 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	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

	пожарной дружины.	
--	-------------------	--

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.6 – 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 литосферу	Установка различных контейнеров, для селективного сбора бытового мусора и производственных отходов, с соответствующими надписями на них.

Заключение по разделу

В ходе выполнения данного раздела выпускной работы были выявлены опасные и вредные производственные факторы при механизированной сварке проволокой сплошного сечения частей фундаментных из нержавеющей стали.

Сделан анализ возможности их устранения и уменьшения, который показал, что использование стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства вполне обеспечит безопасность работника при реализации предложенных в дипломном проекте технологических решений.

Так для устранения негативного влияния излучения сварочной дуги необходимо использовать защитную спецодежду и маску сварщика. Для устранения негативного влияния частиц сажи и аэрозолей, выделяющихся при горении сварочной дуги необходимо применять местную вентиляцию. Кроме того, высокая культура производства позволит избежать загрязнения окружающей среды остатками упаковки от сварочной проволоки.

Разработка специальных и дополнительных средств защиты не нужна.

5 Экономическая эффективность проекта

Базовый вариант сварки фундаментных частей предусматривает ручную дуговую сварку штучными электродами. Разработан проектный вариант который предусматривает применение ручной механизированной сварки в среде аргона проволокой Св-07Х18Н9ТЮ, диаметром 1,2 мм.

Сравнительная характеристика базового варианта и проектного представлена в таблице 5.1. Здесь указаны недостатки базового варианта, и как они будут устранены в проектном.

Таблица 5.1.

Базовый вариант	Проектный вариант
Низкая скорость сварки, следовательно, производительность труда низкая	При механизированной сварке сила тока выше. Поэтому и скорость сварки выше.
Сварщик контролирует длину дуги, подачу присадочного материала, ведет дугу по свариваемым кромкам требуется квалифицированный рабочий.	Механизирована подача присадки, можно поставить на операцию сварки рабочего меньшего разряда, экономия фонда заработной платы.

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	Показатель	Усл. обозн.	Ед. изм.	Варианты	
				Базов.	Проект
1	2	3	4	5	6
1	Цена присадочного материала: электроды ЭА-395/9; проволока Св-07Х18Н9ТЮ	Цэл	Руб/кг	540	700
2	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	Ктз	-	1,05	1,05
3	Часовая тарифная ставка	Сч	Руб/час	74,89	53,16
4	Коэффициент доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
5	Процент отчислений на дополнительную заработную плату	-	%	12	12
6	Коэффициент отчислений на социальные нужды	Ксн	%	36	36
7	Балансовая стоимость оборудования	Цоб	Руб	45000	82000
8	Норма амортизационных отчислений на оборудование	На	%	18	18
9	Мощность установки	Му	кВт	4,9	5,8
10	Коэффициент полезного действия установки	КПД	-	0,7	0,85
11	Стоимость электроэнергии	Цээ	Руб/кВт	2,5	2,5
12	Удельный расход защитного газа	Узг	М ³ /час	-	50
13	Стоимость защитного газа	Цзг	Руб/м ³	-	50
14	Стоимость аренды площади	Сэкспл	Руб/м ²	1800	1800
15	Коэффициент цеховых расходов	Кцех	-	2,50	2,50
16	Площадь занимаемая оборудованием	S	М ²	6	9
17	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	5	5
18	Стоимость приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м ²	3000	3000
19	Коэффициент заводских расходов	Кзав	-	2,15	2,15
20	Коэффициент внепроизводственных расходов	Квн	-	0,05	0,05
21	Коэффициент учитывающий затраты на монтаж (демонтаж оборудования)	Кмонт	-	1,2	1,2

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4	5	6
22	Нормативный коэффициент экономической эффективности дополнительных капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
23	Программа годовая	Пг	Шт	3	3

5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Расчет норм времени будем производить на изменяющиеся операции технологического процесса по базовому и проектному варианту.

Время штучное

$$t_{шт} = t_0 + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з} \quad (5.1)$$

где t_0 – машинное время;

$t_{всп}$ – вспомогательное время, $t_{всп}=10\%$ от $t_{маш}$;

$t_{обсл}$ – время обслуживания оборудования и рабочего места, $t_{обсл} = 8\%$ от $t_{маш}$;

$t_{отл}$ – время на личный отдых рабочего, $t_{отл} = 5\%$ от $t_{маш}$;

$t_{п-з}$ - время подготовительно-заключительное, $t_{п-з} = 1\%$ от $t_{маш}$.

Для базового и проектного варианта общая протяженность сварных швов составит $L_{шва} 45880$ мм. Согласно информации в технологической карте:

$$t_{обаз} = 493,76 \text{ час}$$

$$t_{опроект} = 312,71 \text{ час.}$$

$$\begin{aligned} t_{штобаз} &= 493,76 + 493,76 \cdot 0,1 + 493,76 \cdot 0,08 + 493,76 \cdot 0,05 + 493,76 \cdot 0,01 = \\ &= 612,24 \text{ час} = 36734,4 \text{ мин.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{штпроект} &= 312,71 + 312,71 \cdot 0,1 + 312,71 \cdot 0,08 + 312,71 \cdot 0,05 + 312,71 \cdot 0,01 = \\ &= 387,74 \text{ час} = 23264,4 \text{ мин.} \end{aligned}$$

5.3. Капитальные вложения в оборудование

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{соп} \quad (5.4)$$

где: $K_{пр}$ – прямые капитальные вложения в оборудование, руб.;

$K_{соп}$ – сопутствующие капитальные вложения в оборудование, руб.

Прямые капитальные вложения рассчитываются по двум сравниваемым вариантам:

$$K_{пр} = \Sigma Ц_{об} * k_3 \quad (5.5)$$

где $\Sigma Ц_{об}$ – суммарная цена оборудования, руб.;

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

Количество единиц оборудования, необходимого для выполнения принятой программы изготовления изделий рассчитывается по формуле:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60} \quad (5.6)$$

где: $N_{пр}$ – программа выпуска изделий за год, шт.;

$t_{шт}$ – штучное время на изготовление одного изделия, мин.;

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

Для выполнения принятой $N_{пр}$ принимаем целое число единиц оборудования ($n_{об.прин}$).

Коэффициент загрузки сварочного оборудования рассчитывается по формуле:

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (5.7)$$

Фонд времени работы сварочного оборудования:

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{вых} - D_{пр}) * T_{см} * S * (1 - k_{р.п}) \quad (5.8)$$

где: D_k – количество календарных дней в году;

$D_{вых}$ – количество выходных дней в году;

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

$T_{см}$ – продолжительность рабочей смены, час;

S – количество рабочих смен;

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

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

$$n_{об.расчетнб} = \frac{3 \cdot 36734,4}{1812 \cdot 60} = 0,93 \text{ шт.}$$

$$n_{об.расчетнпр} = \frac{3 \cdot 23264,4}{1812 \cdot 60} = 0,64 \text{ шт.}$$

$$k_{зб} = \frac{0,93}{1} = 0,93$$

$$k_{зпр} = \frac{0,64}{1} = 0,64$$

$$K_{прб} = 45000 \cdot 0,93 = 41850 \text{ руб.}$$

$$K_{прпр} = 82000 \cdot 0,64 = 52480 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения рассчитываются только для проектного варианта:

$$K_{соп} = K_{монт} + K_{дем} + K_{площ} \quad (5.9)$$

$K_{монт}$ – затраты на монтаж нового оборудования;

$K_{дем}$ – затраты на демонтаж старого оборудования;

$K_{площ}$ – затраты на производственные площади под новое оборудование.

$$K_{монт} = \sum \Pi_{об} \cdot k_{монт} \quad (5.10)$$

где: $k_{\text{монт}}$ – коэффициент монтажа оборудования = 0,2.

$$K_{\text{монт}} = 82000 * 0,2 = 16400 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{дем}} = \sum C_{\text{об}} * k_{\text{дем}} \quad (5.11)$$

где: $k_{\text{дем}}$ – коэффициент демонтажа оборудования = 0,2.

$$K_{\text{дем}} = 45000 * 0,2 = 9000 \text{ руб.}$$

Затраты на площадь, дополнительно занимаемую под новое оборудование, рассчитываем по формуле:

$$K_{\text{плоч}} = S_{\text{плоч}} * C_{\text{плоч}} * g * k_3 \quad (5.12)$$

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

$$K_{\text{плоч}} = 3 * 3000 * 3 * 0,64 = 17280 \text{ руб}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{пр}} = 41850 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{ПП}} = 52480 + 16400 + 9000 + 17280 = 95160 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}} \quad (5.13)$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 41850 / 3 = 13950 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{ПП}} = 95160 / 3 = 31720 \text{ руб.}$$

5.4 Технологическая, заводская, цеховая себестоимость сравниваемых вариантов.

Расчет технологической себестоимости ведем только по изменяющимся операциям технологического процесса. В нашем случае изменилась операция сварки.

Затраты на вспомогательные материалы

Затраты на электродный сварочный материал (базовый вариант)

$$Z_{\text{элб}} = M_{\text{ЭЛБ}} = C_{\text{ЭЛ}} \cdot N_{\text{св.мат}}; \quad (5.14)$$

где $C_{\text{ЭЛ}}$ – цена электродов, руб/кг;

Нсв.мат = норма расхода электродов, кг.

Норма расхода электродов по технологическим картам составит

$$\text{Нсв.мат} = 330,39 \text{ кг}$$

$$M_{\text{ЭЛБАЗ}} = 540 \cdot 330,39 = 178410,6 \text{ руб.}$$

Затраты на электродную проволоку (проектный вариант)

$$Z_{\text{элпр}} = C_{\text{ЭЛ}} \cdot \text{Нсвмат}; \quad (5.15)$$

где $C_{\text{ЭЛ}}$ – цена электродной проволоки, руб/кг;

Нсвмат = норма расхода электродной проволоки, кг.

Норма расхода проволоки по технологическим картам составит

$$\text{Нсвмат} = 315,25 \text{ кг}$$

$$M_{\text{ЭЛПРОЕКТ}} = 700 \cdot 315,25 = 220675,39 \text{ руб.}$$

Затраты на защитный газ (только для проектного варианта)

$$Z_{\text{з.г.}} = C_{\text{з.г.}} \cdot N_{\text{з.г.}} \quad (5.16)$$

где $C_{\text{з.г.}}$ – цена защитного газа, руб/литр;

$N_{\text{з.г.}}$ – норма расхода защитного газа на 1 погонный метр шва, литр.

Норму расхода защитных газов определяем при сварке по технологическим картам:

$$N_{\text{рз.г.}} = 23379 \text{ литр}$$

$$Z_{\text{з.г.}} = 0,05 \cdot 23379 = 1168,95 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы в проектном варианте

$$M_{\text{проект}} = 220675,39 + 1168,95 = 221844,34 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию будем рассчитывать исходя из полезной мощности сварочного оборудования:

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{P_{\text{об}} \cdot t_0}{\eta \cdot 60} \cdot C_{\text{э-э}} \quad (5.24)$$

где $P_{\text{об}} = I_{\text{св}} \times U_{\text{д}}$ – полезная мощность оборудования кВт;

t_0 – основное (машинное) время работы сварочного оборудования;

η – коэффициент полезного действия оборудования;

$I_{\text{св}}$ – сила сварочного тока, А; $U_{\text{д}}$ – напряжение на дуге, В.

$$P_{об.баз} = 190 \cdot 26 = 4900 \text{ Вт} = 4,9 \text{ кВт};$$

$$P_{об.проект} = 300 \cdot 23 = 6900 \text{ Вт} = 6,9 \text{ кВт}.$$

$$Z_{э-э б} = \frac{4,9 \cdot 29625,6}{0,8 \cdot 60} \cdot 2,5 = 7560,7 \text{ руб.}$$

$$Z_{э-э пр} = \frac{6,9 \cdot 18762,6}{0,8 \cdot 60} \cdot 2,5 = 6742,80 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, приспособлений, инструмента и производственных площадей.

Затраты на амортизацию оборудования

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot t_{шт} \cdot N_a}{\Phi_{эф} \cdot 60 \cdot 100} \quad (5.25)$$

где $C_{об}$ – балансовая стоимость используемого сварочного оборудования, руб;

N_a – норма амортизационных отчислений на оборудование, %;

$t_{шт}$ – штучное время.

Базовый вариант

$$A_{обб} = \frac{45000 \cdot 612,24 \cdot 18 \cdot 1}{1812 \cdot 100} = 2207,20 \text{ руб}$$

Проектный вариант

$$A_{обпр} = \frac{82000 \cdot 387,74 \cdot 18 \cdot 1}{1812 \cdot 100} = 2547,24 \text{ руб}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования::

$$P_{т.р.} = \frac{\Sigma C_{об.} \cdot N_{т.р.} \cdot k_3}{100 \cdot \Phi_{эф}} \quad (5.29)$$

где $N_{т.р.}$ – норма отчислений на текущий ремонт оборудования, 35%.

$$P_{т.р.б} = \frac{(45000 \cdot 35) \cdot 0,93}{100 \cdot 1812} = 8,08 \text{ руб.}$$

$$P_{т.р.пр} = \frac{(82000 \cdot 35) \cdot 0,64}{100 \cdot 1812} = 12,03 \text{ руб.}$$

Затраты содержание и эксплуатацию производственных площадей
 Амортизация производственных площадей.

$$Z_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{пл}} \cdot S_{\text{пл}} \cdot t_{\text{шт}} \cdot \text{Нпл}}{\Phi \text{эф} \cdot 100} \quad (5.30)$$

где $C_{\text{пл}}$ – цена 1 м² производственных площадей;

S – площадь, необходимая для размещения оборудования, м²;

Нпл – амортизационные отчисления на площади, %.

Базовый вариант

$$Z_{\text{плб}} = \frac{3000 \cdot 6 \cdot 612,24 \cdot 2}{1812 \cdot 100} = 98,09 \text{ руб}$$

Проектный вариант

$$Z_{\text{плпр}} = \frac{3000 \cdot 9 \cdot 387,74 \cdot 2}{1812 \cdot 100} = 93,19 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату основных производственных
 рабочих с отчислениями на социальные нужды.

Затраты на основную заработную плату.

$$Z_{\text{ПЛосн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{ЗПЛ}} \quad (5.31)$$

где $C_{\text{ч}}$ – часовая тарифная ставка рабочего, руб/час;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат к основной заработной плате;

$t_{\text{шт}}$ – норма штучного времени, час

$$Z_{\text{ПЛоснбаз}} = 612,24 \cdot 74,89 \cdot 1,88 = 69518,05 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{ПЛоснпроект}} = 387,74 \cdot 53,16 \cdot 1,88 = 31188,62 \text{ руб.}$$

Затраты на дополнительную заработную плату

$$Z_{\text{ПЛдоп}} = \frac{k_{\text{д}}}{100} \cdot Z_{\text{ПЛосн}} \quad (5.32)$$

где $K_{\text{доп}}$ – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой.

Базовый вариант

$$Z_{\text{ПЛдопбаз}} = 69518,05 \cdot 12 / 100 = 8342,16 \text{ руб.}$$

Проектный вариант

$$Z_{\text{ПЛдоппроект}} = 31188,62 \cdot 12 / 100 = 3742,63 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы

$$\PhiЗП = ЗПЛ_{осн} + ЗПЛ_{доп} \quad (5.33)$$

Базовый вариант

$$\PhiЗП_{баз} = 69518,05 + 8342,16 = 77860,22 \text{ руб.}$$

Проектный вариант

$$\PhiЗП_{проект} = 31188,62 + 3742,63 = 34931,25 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$O_{сн} = \PhiЗП \cdot N_{соц} / 100 \quad (5.34)$$

где $K_{сн}$ – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, %.

Базовый

$$O_{снбаз} = 77860,22 \cdot 36 / 100 = 28029,68 \text{ руб.}$$

Проектный

$$O_{снпроект} = 34931,25 \cdot 36 / 100 = 12575,25 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость

$$C_{тех} = M + \PhiЗП + O_{сн} + Ээ-э + Зоб + Р_{тр} + Зпл \quad (5.35)$$

$$C_{техбаз} = 178410,6 + 77860,22 + 28029,68 + 7560,70 + 2207,20 + 8,08 + 98,09 = 294174,57 \text{ руб.}$$

$$C_{техпроект} = 221844,34 + 34931,25 + 12575,25 + 6742,80 + 2547,24 + 12,03 + 93,19 = 278746,1 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость

$$C_{цех} = C_{тех} + Р_{цех}; \quad (5.36)$$

где $Р_{цех}$ – сумма цеховых расходов, руб.

$$Р_{цех} = З_{осн} \cdot k_{цех} \quad (5.37)$$

где $k_{цех}$ – коэффициент цеховых расходов, 2,5;

$З_{осн}$ – основная заработная плата рабочих, руб.

$$C_{цехбаз} = 294174,57 + 69518,05 \cdot 2,5 = 294174,57 + 173795,12 = 467969,69 \text{ руб.}$$

$$C_{цехпроект} = 278746,1 + 3742,63 \cdot 2,5 = 278746,1 + 9356,57 = 288102,67 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость

$$C_{зав} = C_{цех} + Р_{зав} = C_{цех} + k_{зав} \cdot З_{осн} \quad (5.38)$$

где $Р_{зав}$ – сумма заводских расходов, руб.

$k_{зав}$ – коэффициент общезаводских расходов, 1,8

Сзавбаз= 467969,69 + 69518,05·1,8 = 467969,69 + 125132,49 = 593102,18 руб.

Сзавпроект = 288102,67 + 3742,63·1,8 = 288102,67 + 6736,73 = 294839,40 руб.

Калькуляция себестоимости

Таблица 5.3 – Калькуляция себестоимости изготовления

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	Проект
1	2	3	4	5
1	Материалы	М	178410,6	221844,34
2	Заработная плата	ФЗП	77860,22	34931,25
3	Социальные нужды	Осн	28029,68	12575,25
4	Расходы на оборудование	Зоб	2207,20	2547,24
5	Расходы на площади	Зпл	98,09	93,19
	Себестоимость технологическая	Стех	294174,57	278746,1
6	Цеховые расходы		173795,12	9356,57
	Себестоимость цеховая	Сцех	467969,69	288102,67
7	Заводские расходы		125132,49	6736,734
	Себестоимость заводская	Сзав	593102,18	294839,40

5.5 Экономическая эффективность проекта

Условно-годовая экономия (ожидаемая прибыль от снижения себестоимости изготовления изделия)

$$Pr_{ож.} = Э_{у.г.} = \left(C_{зав}^б - C_{зав}^{пр} \right) \cdot N_{пр} \quad (5.43)$$

$$Э_{у.г.} = (593102,18 - 294839,40) \cdot 3 = 894788,34 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения более производительного оборудования

$$ЭГ = \left[(C_{зав}^б + E_n \cdot K_{уд}^б) - (C_{зав}^{пр} + E_n \cdot K_{уд}^{пр}) \right] \cdot N_{пр} \quad (5.44)$$

$$ЭГ = [(593102,18 + 0,33 \cdot 13950) - (294839,40 + 0,33 \cdot 31720)] \cdot 3 = 877196,04 \text{ руб.}$$

Показатели снижения трудоемкости

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (5.45)$$

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{612,24 - 387,74}{612,24} \cdot 100\% = 36\%$$

Показатель повышения производительности труда

$$П_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.46)$$

$$П_T = \frac{100 \cdot 36}{100 - 36} = 56\%$$

Изменение заводской себестоимости

$$\Delta C_{\text{зав}} = \frac{C_{\text{зав}}^{\text{БАЗ}} - C_{\text{зав}}^{\text{ПП}}}{C_{\text{зав}}^{\text{БАЗ}}} \cdot 100\% \quad (4.47)$$

$$\Delta C_{\text{зав}} = \frac{593102,18 - 294839,40}{593102,18} \cdot 100\% = 50\%$$

Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_{\text{ок}} = \frac{К_{\text{общпр}}}{Э_{\text{вг}}} \quad (4.48)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{95160}{894788,34} \approx 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{\text{сравн}} = 1/T_{\text{ок}} = 1/0,5 = 2. \quad (4.49)$$

Выводы по экономическому разделу

По сравнению с базовым вариантом уменьшение трудоемкости в проектном варианте составило 36%. Повышение производительности труда составило 56%.

Для осуществления проекта требуются капитальные вложения в размере 95160 руб. Срок, за который они окупятся, составит около 0,5 года. За счет внедрения более производительного оборудования предполагается получить годовой экономический эффект в размере 877196,04 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ базового технологического процесса сварки частей фундаментных показал, что присущие ему недостатки обусловлены низким уровнем механизации и автоматизации процесса сварки.

Разработан технологический процесс механизированной сварки с применением проволоки сплошного сечения. Подобраны виды соединения, подобраны вспомогательные материалы и необходимое оборудование. по предложенной технологии позволяет повысить производительность труда, снизить затраты на основные и вспомогательные материалы.

Расчеты показали, что за счет внедрения более производительной технологии планируется получить годовой экономический эффект в размере 877196,04 руб.

Цель бакалаврской работы достигнута

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Руководящий документ РД 24.020.11-93. Соединения сварные стационарных паровых, газовых и гидравлических турбин. Правила контроля и нормы оценки качества. (РТМ-1с-93). – М.: НПО ОБТ, - 1994. – 259 с.
2. Правдивец Ю. П. Введение в гидротехнику : учеб. пособие для студ., обуч. по спец. 270104 "Гидротехническое строительство" направления 270100 "Строительство" / Ю. П. Правдивец. - 3-е изд., испр. и доп. ; Гриф УМО. - Москва : АСВ, 2009. - 283 с..
3. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
4. Ковалев А. Я. Волжская гидроэлектростанция имени В. И. Ленина / А. Я. Ковалев ; под ред. П. А. Володина. - Москва : Изд-во лит-ры по стр-ву, 1964. – 142 с.
5. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие [Текст] / Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
6. Прыкин Б. В. Технология металлов и сварки : учеб. для вузов по спец. "Пр-во строит. изделий и конструкций" / Б. В. Прыкин. - Киев : Вища шк., 1978. - 240 с.
7. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник / Р.А. Фахрутдинов. – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
8. Пейсахов А. М. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. для студентов немашиностроит. специальностей вузов / А. М. Пейсахов, А. М. Кучер. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Изд-во Михайлова В. А., 2004. - 406 с.
9. Гитлевич А.Д., Этитоф А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства [Текст] / А.Д. Гитлевич, А.А. Этитоф. – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.

10. Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах : ПОТ РМ-020-2001 : ввод. в действие с 1 янв. 2002 г. - Москва : [б. и.], 2001. - 58 с..
11. Щекин В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
12. Мейстер Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
13. Цепенев Р. А. Автоматическое управление процессом сварки : учеб. пособие / Р. А. Цепенев ; ТолПИ ; Каф. "Оборуд. и технология сварочного пр-ва". - Тольятти : ТолПИ, 2001. - 76 с.
14. Корольков П. М. Термическая обработка сварных соединений трубопроводов и аппаратов, работающих под давлением / П. М. Корольков. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1987. - 233 с.
15. Акшенцева А. П. Структура и свойства никельмолибденовых коррозионностойких сплавов : (с атласом микроструктур) : справочник / А. П. Акшенцева. - Москва : СП Интермет Инжиниринг, 1999. - 204 с.
16. Изучение сварочного трансформатора : метод. указания к лаб. работе №4 по дисциплине "Электротехнологические установки" / сост. М. А. Бондаренко [и др.] ; науч. ред. В. М. Салтыков ; ТГУ ; Каф. "Электроснабжение промышленных предприятий". - Тольятти : ТГУ, 2003. - 13 с.
17. Косинцев В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
18. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
19. Колганов Л. А. Сварочное производство : учеб. пособие / Л. А. Колганов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. - 504 с.

20. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник [Текст] / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
21. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций [Текст] / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
22. 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.
23. Рыбаков А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ [Текст] / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
24. Чебац В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие [Текст] / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
25. Красовский А.М. Основы проектирования сварочных цехов [Текст] / А.М. Красовский. – М.: Машиностроение, 1979 – 319 с.
26. Волченко В.Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 [Текст] / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1991 – 527 с.
27. Ключев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика [Текст] /В.В. Ключев. - М.: Машиностроение, 1995. - 390 с.
28. 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.