

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей в
машиностроении»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология и оборудование для сборки и сварки лопаток
направляющего аппарата гидротурбин

Студент

Ш.А. Некушоев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

Аннотация

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности труда при изготовлении лопаток направляющего аппарата гидротурбины за счет автоматизации процесса. Для достижения поставленной цели выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи: произведен анализ способов сварки для изготовления лопаток направляющего аппарата гидротурбины; выбрано оборудование для сварки лопаток направляющего аппарата гидротурбины; разработана оснастка для фиксации лопаток направляющего аппарата гидротурбин при сварке; разработан технологический процесс для проектного варианта; предусмотрены мероприятия по защите здоровья и жизни работников цеха; выполнен расчет экономических параметров предлагаемых технических решений.

Пояснительная записка содержит 64 стр., 13 рисунков, 13 таблиц.

Проанализированы условия эксплуатации лопаток, особенности свариваемости материала. Проведен анализ базового технологического процесса, выявлены недостатки базовой технологии – низкая степень автоматизации. Разработан технологический процесс автоматической сварки изделия. Осуществлен выбор необходимого оборудования и спроектирована оснастка для фиксации деталей лопатки. Для защиты персонала участка от вредных факторов при операциях сварки предложены соответствующие технические и организационные мероприятия. Ожидаемый экономический эффект составит 73830 рублей.

Abstract

The purpose of the final qualification work is to increase labor productivity in the manufacture of hydraulic turbine guide vanes by automating the process. To achieve the goal of the final qualification work, the following tasks were solved: the analysis of welding methods for the manufacture of blades of the hydraulic turbine guide unit was carried out; equipment for welding blades of the hydraulic turbine guide unit was selected; equipment for fixing blades of the hydraulic turbine guide unit during welding was developed; a technological process for the design version was developed; measures are provided to protect the health and life of shop workers; the calculation of the economic parameters of the proposed technical solutions is carried out.

The explanatory note contains 64 pages, 13 figures, 13 tables.

The operating conditions of the blades, the features of the weldability of the material are analyzed. The analysis of the basic technological process is carried out, the disadvantages of the basic technology are revealed – a low degree of automation. The technological process of automatic welding of the product has been developed. The necessary equipment has been selected and the tooling for fixing the blade parts has been designed. To protect the personnel of the site from harmful factors during welding operations, appropriate technical and organizational measures are proposed. The expected economic effect will be 73830 rubles.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	6
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации	6
1.2. Анализ свойств материала конструкции	8
1.3. Оценка свариваемости.....	9
1.4 Базовая технология сварки лопаток направляющего аппарата.....	13
1.5 Задачи работы.....	20
2 Разработка технологического процесса	21
2.1 Обоснование способа сварки взамен применяемого.....	21
2.2 Выбор сварочных материалов	26
2.3 Подбор режимов сварки, техника выполнения сварных швов	27
2.4 Выбор и обоснование методов контроля.....	28
2.5 Выбор и обоснование сварочного оборудования	30
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса	34
3.1 Технологическая характеристика объекта	34
3.2 Систематизация профессиональных рисков	35
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	37
3.4 Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке ..	39
3.5 Экологическая безопасность разработанного технического объекта ...	41
4 Расчет экономических параметров предлагаемой технологии	44
4.1 Вводная информация для расчета	44
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	46
4.3 Расчёт штучного времени.....	47
4.4 Определение заводской себестоимости двух вариантов	49
4.5 Определение капитальных затрат	54
4.6 Показатели экономической эффективности.....	57
Заключение	61
Список используемой литературы и используемых источников.....	62

Введение

Использование современных научных достижений, новых материалов, передовых технологий и технических решений обеспечивает российским гидротурбинам мировой технический уровень. Это обеспечивает должные конкурентные преимущества предприятий, производящих гидротурбины и компоненты к ним. Поэтому внедрение новых технологий, в том числе и сварочных, является актуальным.

«Однако не на всех операциях технологического процесса производства гидротурбин используют передовые технические решения. Например, операции сварки характеризуются низкой степенью автоматизации» [6]. В частности, при сварке лопаток направляющего аппарата гидротурбин применяют механизированную сварку. Хотя сварные швы прямолинейные. При механизированной сварке качество зависит от навыков, квалификации и добросовестности сварщика. С другой стороны жесткие сроки, пуск 3го гидроагрегата Усть-Среднеканской гидроэлектростанции должен произойти в 2022 году ставят перед производителями задачи повышения производительности.

«Внедрение прогрессивных технологий позволяет повысить производительность труда, качество продукции. Следует отметить, что действующий технологический процесс обладает некоторыми недостатками. Главный из них технологический процесс характеризуется низкой степенью автоматизации. Манипуляции сварочной горелкой производятся сварщиком вручную, при этом производительность труда невелика, качество соединения зависит от субъективных характеристик сварщика» [9].

Исходя из вышеизложенного, сформулируем цель настоящей работы следующим образом – повышение производительности труда при изготовлении лопаток направляющего аппарата гидротурбины за счет автоматизации процесса.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

«Направляющий аппарат в гидротурбинах предназначен для управления их мощностью. Направляющий аппарат состоит из профилированных лопаток, установленных на осях и поворачивающихся на двух бронзовых втулках. Оси крепятся вверху в крышке направляющего аппарата и внизу во фланце камеры рабочего колеса. Лопатки направляющего аппарата синхронно поворачиваются регулирующим кольцом через поводки. Для заданных значений мощности агрегата и напора ГЭС имеются однозначно определяемые значения углов поворота лопаток направляющего аппарата и лопастей рабочего колеса, которые обеспечивают в этом режиме максимальное значение коэффициента полезного действия» [7].

График зависимости мощности гидротурбины от открытия лопаток направляющего аппарата показан на рисунке 1. Весь диапазон открытия лопаток направляющего аппарата можно разбить на 4 зоны.

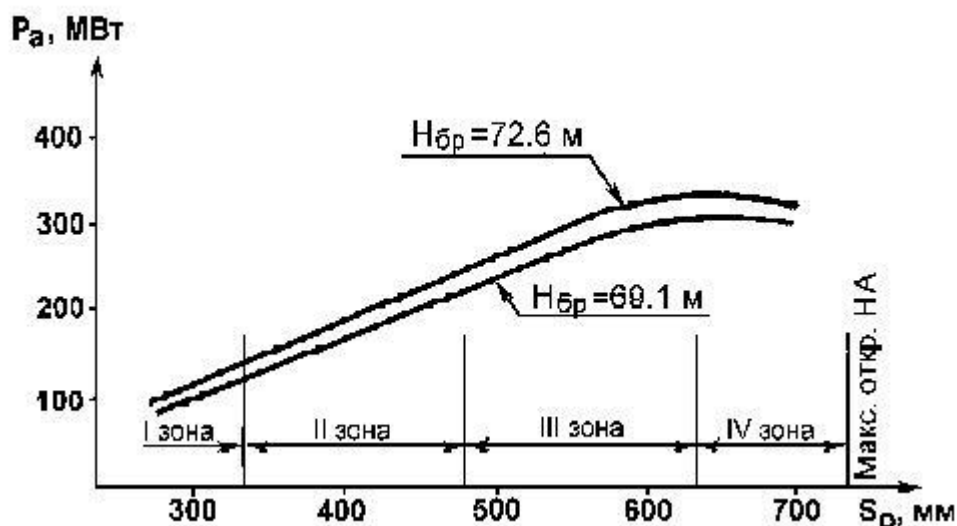


Рисунок 1 – Мощность гидротурбины

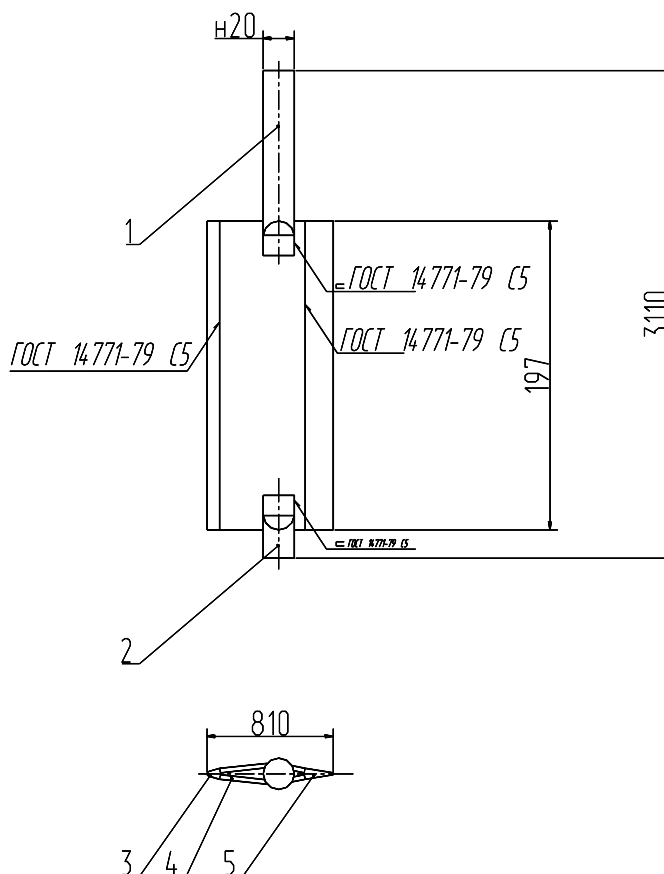
I зона характеризуется низкими значениями угла открытия лопаток, при этом мощность гидротурбины невелика.

II зона не рекомендуется для использования. Здесь турбина работает в режиме турбулентности, высокий уровень пульсаций, высокие значения кавитации.

III зона применяется на практике. Здесь высокие значения КПД, широкий диапазон регулирования мощности турбины..

Работа турбины в IV зоне запрещена. Здесь достигаются наивысшие значения турбулентности.

Лопатки направляющего аппарата состоят из следующих деталей, рисунок 2. 1 – цапфа верхняя, 2 – цапфа нижняя, 3 – оголовок, 4 – боковина, 5 - хвостовик. Соединены детали лопатки между собой сваркой. Хотя на турбинах малой мощности применяют литые лопатки.



1 – цапфа верхняя, 2 – цапфа нижняя, 3 – оголовок, 4 – боковина,
5 - хвостовик

Рисунок 2 - Лопатка

Эксплуатируются лопатки в диапазоне температур 0...+30°C. Эксплуатируются лопатки в сложных условиях [8]. Даже в расчётных режимах механические напряжения в отдельных узлах турбины иногда превышают ожидаемые. Пуск в работу гидротурбин с нерасчётным напором обычно отличается неустойчивостью потока, что в основном вызывает повышенные вибрацию и механические усилия в элементах конструкции и увеличение кавитационной эрозии. Оценка кавитационной эрозии в лопатках гидротурбин производится согласно ГОСТ 28446-90 [7].

В некоторых случаях лопатки подвергаются воздействию песчаной эрозии.

1.2. Анализ свойств материала конструкции

«С учетом условий эксплуатации для заготовок лопаток гидротурбин, применяют высококачественные материалы, обеспечивающие прочность, коррозионную стойкость, высокую усталостную прочность и стойкость к кавитации. К таким материалам относятся кавитационно-стойкие стали (10X12НДЛ, 10X18НЗГЗД2Л, и др.)» [6].

«Материал, из которого выполнены направляющие лопатки сталь 10X12НД. Она предназначена для деталей, коррозионно-стойких и эрозионно-стойких в условиях проточной воды (детали гидротурбин, работающие в условиях кавитационного разрушения); сталь мартенситно-ферритного класса» [5].

В качестве заменителя может быть применена сталь 10X18НЗГЗД2Л она применяется: для изготовления отливок лопаток и сварных кавитационно-стойких деталей рабочей части гидротурбин, работающих при напорах, не превышающих 80 л/ч в сечениях до 300 мм; отливок деталей паровых, газовых турбин и осевых компрессоров. Сталь кавитационностойкая, коррозионностойкая аустенитно-ферритного класса [1].

Сталь 10X18H3ГЗД2Л имеет повышенную стойкость от песчаной эрозии по сравнению со сталью марки 10X12НДЛ [2].

Содержание химических элементов в стали 10X12НД указано в таблице 1.

Таблица 1 - Содержание химических элементов в стали 10X12НД.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti
до 0,08	до 0,4	до 0,6	1,3-1,5	до 0,02	до 0,035	12-13	до 0,3	0.5-0.7

Механические свойства у данной стали следующие: предел прочности 510 МПа, предел текучести 196 МПа, относительное удлинение 35%, относительное сужение 45%. За счет низких значений предела текучести и высоких показателей пластичности сталь обладает стойкостью к кавитации [3].

1.3. Оценка свариваемости

Оценить возможность соединения материалов сваркой можно определив такой показатель как свариваемость данных материалов. Согласно определению в ГОСТ 29273–92, свариваемость является комплексной характеристикой. На свариваемость оказывает влияние выбранный способ сварки, химический состав материала, эксплуатационные требования к изделию, тип сварной конструкции. Данный подход к определению свариваемости реализован и в зарубежных стандартах, например ИСО 581–80. Таким образом, материал, который невозможно соединить сваркой одним способом, успешно соединяется другим. Если получить работоспособное соединение в данных условиях эксплуатации одним способом невозможно, применив другой способ можно получить соединение, успешно эксплуатируемое в данных условиях. Положение сварного соединения на металлоконструкции может быть таким, что одним способом

сварки его требуемые эксплуатационные характеристики не могут быть достигнуты, но другим способом сварки получаем вполне работоспособное в данных условиях изделие [2].

Рассмотрим все это детально. Например, диффузионной сваркой в вакууме можно соединять самые фантастические сочетания материалов. Однако данный способ требует дорогостоящего оборудования, высокой культуры производства и применим для получения уникальных изделий. Сварка плавлением нашла большее распространение в промышленности по причине мобильности оборудования, возможности соединения элементов крупногабаритных конструкций. По химическому составу материала следует отметить, что в настоящее время практически все конструкционные материалы успешно соединяются широко распространенной сваркой плавлением. Данной технологией можно соединить алюминий и его сплавы, стали, медь, никель. Однако при сварке плавлением значительное влияние на свариваемость оказывает химический состав соединяемых материалов. В нашем случае необходимо оценить свариваемость стали 10Х12НД. Для оценки влияния химического состава стали на ее свариваемость применяют расчетные зависимости по определению эквивалента углерода, в частности из ГОСТ 19281-89. Приведенная в данном ГОСТ формула по определению эквивалента углерода выглядит так:

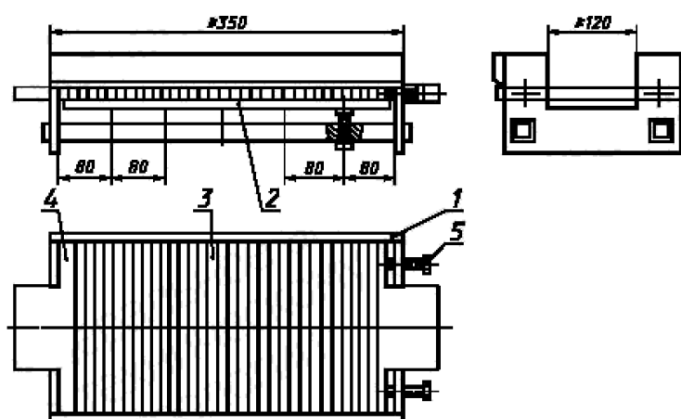
$$C_{\text{э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Ni}}{40} + \frac{\text{Cu}}{13} + \frac{\text{V}}{14} + \frac{\text{P}}{2}, \quad (1)$$

После того, как по данной формуле определено численное значение $C_{\text{э}}$ его анализируют, сопоставляя с фиксированными показателями. Если полученное расчетное значение не превышает значение фиксированного показателя 0,25, то указанная сталь обладает хорошей свариваемостью [9]. Если полученное расчетное значение находится в пределах 0,25... 0,35 то данная сталь обладает удовлетворительной свариваемостью. Требуется

введение в технологический процесс получения изделия дополнительных операций, таких как предварительные подогрев или термообработка после сварки. Возможно решение проблемы свариваемости специальными технологическими приемами, сварка короткой дугой, например. Если полученное расчетное значение находится в пределах 0,35...0,45 сталь характеризуется ограниченной свариваемостью. Здесь сварку необходимо вести в узком диапазоне режимов, обязателен подогрев до сварки и после сварки необходима термообработка соединения. И если расчетное значение получено свыше 0,45 сталь плохо сваривается. Даже вводя в технологический процесс перечисленные здесь технологические приемы, получаем в итоговом сварном соединении трещины, закалочные структуры [10].

Однако указанная формула не учитывает всего многообразия действующих на сварную конструкцию факторов в процессе эксплуатации и в процессе получения конструкции. Поэтому для точной оценки свариваемости применяют различного рода технологические пробы. Сварщикам во всем мире известно около 300 различных проб [30].

Например, валиковая проба, подробно описана в ГОСТ 13585-68. Наплавка валиков на составную пластину, рисунок 3.



1 – фиксирующая планка; 2 - прижимная планка; 3 – брусочки; 4 – технологическая планка; 5 – болт для зажима.

Рисунок 3 – Кондуктор для сборки под сварку составных пластин

Данная проба позволяет в зависимости от величины погонной энергии сварки определить для сталей режимы сварки, обеспечивающие получение качественного соединения. Возможны два варианта наплавки валиков на составную пластину, и наплавка валиков на сплошную пластину. Образцы с наплавленным швом на составную пластину испытывают на ударный изгиб. Из образцов с наплавленным швом на сплошную пластину вырезают механическим методом образцы шириной 20 мм и испытывают на статический изгиб. Также выполняют измерения твердости поперек шва [11].

Однако большинство из проб при оценке свариваемости оперируют вероятностью образования холодных и горячих трещин.

Согласно тонколистовой пробе МГТУ Баумана определяют вероятность возникновения горячих трещин. Проба состоит из пластин разной ширины, рисунок 4. С одной стороны пластины соединяют прихватками. Затем выполняют наплавку валика. Направление наплавки в сторону расширения пластин [12].

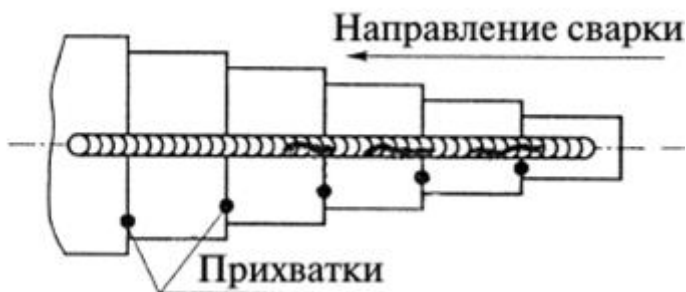
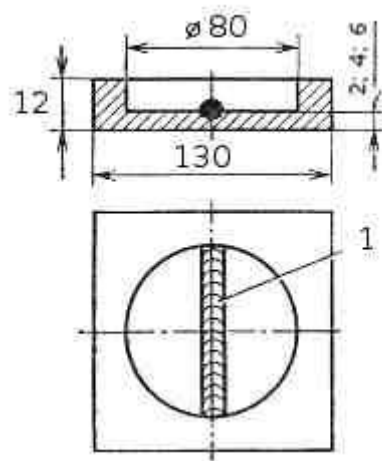


Рисунок 4 – Проба МГТУ Баумана

Горячие трещины образуются в местах пересечения сварным швом мест стыка пластин. При оценке стойкости металла к возникновению трещин принимают ширину пластины, чем меньше ширина пластины, тем больше стойкость к возникновению трещин [13].

Так согласно пробе Кировского завода на дно образца выполненного в виде стакана наплавляют валик, рисунок 5. В процессе наплавки со дна стакана, противоположной месту сварки стороны, выполняют охлаждение водой или воздухом. Если при охлаждении водой трещины не образуются, свариваемость материала хорошая, если при охлаждении

струей воздуха трещины не образуются, то свариваемость удовлетворительная. Возможен подогрев образца перед наплавкой валика. Если при подогреве до 100-150°C трещины не образовались, свариваемость ограниченная, и если при подогреве до 350-650°C трещины не образовались свариваемость плохая [15].



1 – Наплавленный валик

Рисунок 5 – Проба Кировского завода

Указанные пробы позволяют с высокой степенью вероятности установить появление трещин в сварном соединении.

1.4 Базовая технология сварки лопаток направляющего аппарата

При изготовлении опоры должны выдерживаться определенные технические условия. Техническими условиями называют требования, предъявляемые к конструкции при ее изготовлении [14].

Технические условия, согласно ГОСТ 1500-1-88 должны соответствовать требованиям технического задания и стандартов на данный вид продукции, т.е. учитывать опыт проектирования, изготовления и эксплуатации.

Существуют общие и дополнительные технические условия. В общих условиях указывается:

- требования к материалу будущей конструкции;
- допуски отклонений размеров согласно чертежу;
- допуски отклонения формы, вследствие деформации после сварки;
- способы контроля заготовок;
- виды сварочных материалов.

Дополнительные условия указываются на чертежах.

Весь металлопрокат, поступающий на завод, должен сопровождаться сертификатом, в котором указывается:

- завод изготовитель;
- марка ГОСТ материала;
- механические свойства;
- химический состав;
- номер партии.

При отсутствии сертификата, металл в производство не допускается, до его проверки в заводской лаборатории.

Поверхность проката не должна иметь наружных дефектов, в противном случае они подлежат удалению с последующей заваркой и зачисткой [16].

Прокат может храниться в стеллажах штабелях, как в открытых, так и в закрытых складах.

Металлопрокат должен быть очищен от ржавчины, окалины и других загрязнений

Неплоскостность листа более 2 мм, в зазоре между его поверхностью и линейкой метровой длины, не допускается [18].

Перед запуском в производство весь листовой металлопрокат должен быть выправлен. Стрела прогиба $f \leq (1/1000) \geq 10$ мм

Каждая единица металлопроката должна иметь маркировку. Место маркировки определяется из удобства положения и подсчета количества штук на складе.

В технических условиях на заготовку указываются требования к соблюдению размеров в пределах допусков указанных на чертежах. Требования по длине и глубине зарезов и выхватов, они не должны превышать 10 % от общей длины кромок при глубине зареза 1,5 - 20 мм.

Кислородную резку можно вести как ручным способом, так и механизированными способами. Механическую резку производят на гильотинных ножницах, различных прессах [19].

Конструктивные элементы разделки кромок под сварку должны соответствовать требованиям ГОСТов: ГОСТ 8713-79, 5264-80, 14771-76, 15878-79.

Заусенцы и грат на заготовках должны быть удалены любым доступным способом.

Требования к геометрии изделия.

Допускается смещение кромок в стыковых сварных соединениях не более 10% от номинальной толщины проката плюс 1 мм, но не более 3 мм. В продольных швах совместный увод кромок в пределах 10% толщины листа плюс 3 мм, но не более 5 мм. Допускаются местные вмятины и выпучены глубиной не более 5 мм на одном метре длины, не более 2 штук на каждую сторону проката [17].

Сборка должна вестись в строгом соответствии с разработанным технологическим процессом. Собираемые детали должны соответствовать требованиям чертежа. Сборка может проводиться как на слесарных стендах, так и на специальных приспособлениях. Особое внимание необходимо уделять сварочным зазорам, которые не должны иметь непостоянную величину.

Зона сварки подлежит тщательной зачистки, на ширину 20-30 мм от будущего сварного шва.

Прихватку необходимо выполнять только в местах сварки, теми же сварочными материалами, что и основной шов. Размеры прихваток оговариваются в технологической документации, где также указывается их расположение. Все прихватки должны быть очищены от шлака и брызг [20].

Необходимо следить за исправностью мерительного и вспомогательного инструмента используемого при сборке.

Требования к выполнению сварочных работ.

К выполнению сварочных работ допускаются специально обученные и аттестованные на этот вид работ сварщики. Используемые сварочные материалы должны соответствовать требованиям ГОСТа.

Соблюдение технологического процесса должно контролировать ОТК.

Применяемые сварочные материалы должны соответствовать требованиям ГОСТ и иметь сертификат.

Электроды толстопокрытые металлические должны поставляться в сопровождении сертификата, при этом химический состав и механические свойства наплавленного металла должны соответствовать, в случае сварки малоуглеродистых сплавов ГОСТ 9467-75. Электроды должны поставляться в пачках их влагонепроницаемого материала с ярлыком. Покрытие должно быть ровным, гладким, без непромешанных комков, вздутий, трещин. Перед запуском в производство электроды должны пройти технические испытания.

Сварочная проволока по ГОСТ 2246-70 поставляется в бухтах с водонепроницаемым покрытием. Храниться бухты должны в сухом, отапливаемом месте (помещении). Каждая бухта должна сопровождаться биркой, в которой указываются все основные данные на сварочную проволоку [25].

Требования к сварочным материалам.

При сварке опоры применяются сварочные материалы, предусмотренные технологическим процессом, т.е. сварочная проволока, защитный газ, электроды.

Каждый моток сварочной проволоки (бухта, катушка) должен быть обернут слоем бумаги, затем слоем полимерной пленки, нетканых материалов или тканью из химических волокон.

При механизированной упаковке каждый моток проволоки должен быть обернут слоем кабельной крекированной бумаги по ГОСТ 10396-75.

Электроды и проволока должна храниться в закрытом складском помещении [24].

Контроль качества изделия.

Контроль качества изделия проводится на всех этапах технологического процесса. При изготовлении проверяется: габаритные размеры заготовок; качество подготовки кромок; сборочные зазоры; размеры сварных швов и качество их зачистки; отсутствие в сварных швах недопустимых дефектов [23].

Основные требования к контролю качества должны соответствовать ГОСТу 3242-79.

Контроль сварных швов должен производиться:

-внешним осмотром и измерениями по ГОСТ 3252-79 - 100%

-ультразвуковой дефектоскопией по ГОСТ 75782-86 - 100%

Технические условия на консервацию, Маркировку, отгрузку. Способы маркировки: ударный, простой, биркой. Он указывается в технической документации. Здесь же указываются основные требования к маркировке (ее состав, высота букв, место маркировки).

При консервации изделия учитываются условия хранения узла и способы его транспортировки. В требованиях на отгрузку указывается способ размещения и крепления узла на транспортном средстве [22].

По базовому технологическому процессу сборка лопаток производится на плитном настиле с помощью технологических скоб и подставок, уголков, клиньев, уголков и стяжек.

Данный технологический процесс является трудоемким, качество сварки зависит от квалификации сварщика.

В выпускной квалификационной работе предлагается сварку лопаток выполнять механизированным способом с помощью сварочного автомата под флюсом. Это позволит повысить качество сварного узла, увеличит производительность труда и улучшить условия труда сварщиков [21].

Готовые лопатки отправляем на контроль. Производим 100% визуальный контроль. Перед визуальным контролем сварные швы и прилегающая к ним поверхность основного металла шириной не менее 20 мм (по обе стороны шва) должны быть очищены от шлака брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений [26].

Визуальный контроль производится невооруженным глазом или с помощью лупы 4—7-кратного увеличения для участков требующих уточнения характеристик обнаруженных дефектов с применением, при необходимости, переносного источника света [27].

Недопустимыми дефектами, выявленными при визуальном контроле сварных соединений лопаток направляющего аппарата, являются: трещины всех видов и направлений; непровары (несплавления) между основным металлом и швом, а также между валиками шва; наплывы (натеки) и брызги металла; незаваренные кратеры; свищи; прожоги; скопления включений.

Измерительный контроль сварных соединений (определение размеров швов, смещения кромок, переломов осей, углублений между валиками, чешуйчатости поверхности швов и др.) следует выполнять в местах, где допустимость этих показателей вызывает сомнения при визуальном контроле. Размеры и форма шва проверяются с помощью шаблонов, размеры дефекта — с помощью мерительных инструментов [28].

Корневая часть шва должна подвергаться визуальному контролю до заполнения остальной части шва. Этот контроль проводится сварщиком после зачистки поверхности корня шва. Результаты контроля считаются удовлетворительными, если не обнаружены трещины, незаваренные прожоги и кратеры, скопления, поверхностные поры (включения), превышающие нормы, и другие дефекты, свидетельствующие о нарушении режима сварки

или о недоброкачественности сварочных материалов. При обнаружении недопустимых дефектов вопрос о продолжении сварки или способе исправления дефектов должен решать руководитель сварочных работ [29].

Выявленные при визуальном и измерительном контроле дефекты, которые могут быть исправлены (удалены) без последующей заварки выборок, должны быть исправлены до проведения контроля другими методами.

Для обнаружения возможных внутренних дефектов сварные соединения лопаток подлежат ультразвуковой дефектоскопии.

Ультразвуковой контроль должен выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 14782—86 и методическими руководящими документами, согласованными с Госгортехнадзором России.

Качество сварных соединений по результатам ультразвукового контроля оценивают по двухбалльной системе:

- балл 1 — неудовлетворительное качество (в соединении выявлены недопустимые несплошности или число допустимых несплошностей превышает установленные нормы);
- балл 2—удовлетворительное качество (в соединении выявлены только допустимые несплошности числом менее установленных норм или не обнаружены несплошности, выявляемые при заданном уровне чувствительности используемой методики контроля).

Сварные соединения оценивают баллом 1, если в них при контроле любым из неразрушающих методов выявлены следующие дефекты:

- трещины любых видов и направлений, расположенные в металле шва, по линии сплавления и в околошовной зоне основного металла;
- непровары (несплавления), расположенные у поверхности и по сечению сварного соединения (между основным металлом и швом, а также между отдельными валиками и слоями);
- незаваренные (или не полностью заваренные) прожоги, свищи;
- непровары в корне шва в стыках, сваренных с остающимся под-

кладным кольцом или расплавляемой вставкой;

- несплошности, размеры или число которых превышают нормы.
- выпуклость и вогнутость корня шва, превышающие нормы.

Сварные соединения оценивают баллом 2, если размеры и число обнаруженных в них несплошностей не превышают норм, или несплошности не обнаружены при заданном минимально фиксируемом размере включения или при заданном уровне чувствительности.

1.5 Задачи работы

Проведенный анализ условий эксплуатации изделия, базового технологического процесса, возможных способов его сварки показал, что достижения цели бакалаврской работы необходима замена применяемой технологии наложения сварных швов.

Из вышеизложенного следует, чтобы достичь сформулированной в разделе Введение цели необходимо решить следующие задачи:

- выбрать способ сварки взамен применяемого;
- для выбранного способа сварки подобрать технологические режимы, сварочные материалы;
- разработать технологический процесс, основанный на предлагаемом способе сварки;
- проработать защиту производственного персонала и окружающей среды от опасных и вредных факторов;
- обосновать предложенные решения с точки зрения экономических расчетов.

2 Разработка технологического процесса

2.1 Обоснование способа сварки взамен применяемого

Применяемый на предприятии способ сварки сопровождается недостатками. В частности у применяемого способа низкая производительность. Причиной этого является низкая плотность тока. Увеличение силы тока ведет к увеличению разбрызгивания. Поэтому значительно увеличивать сварочный ток нельзя.

Рассмотрим возможные для применения для данного изделия способы сварки. Предпочтительным вариантом является сварка плавлением. Начнем анализ со способа сварки РСДПЭ. Схема данного способа сварки представлена на рисунке 6.

К недостаткам данного способа относится низкая производительность. Однако есть и ряд положительных моментов. В покрытие электродов возможно введение легирующих компонентов, позволяющих в требуемом направлении менять свойства наплавленного металла.

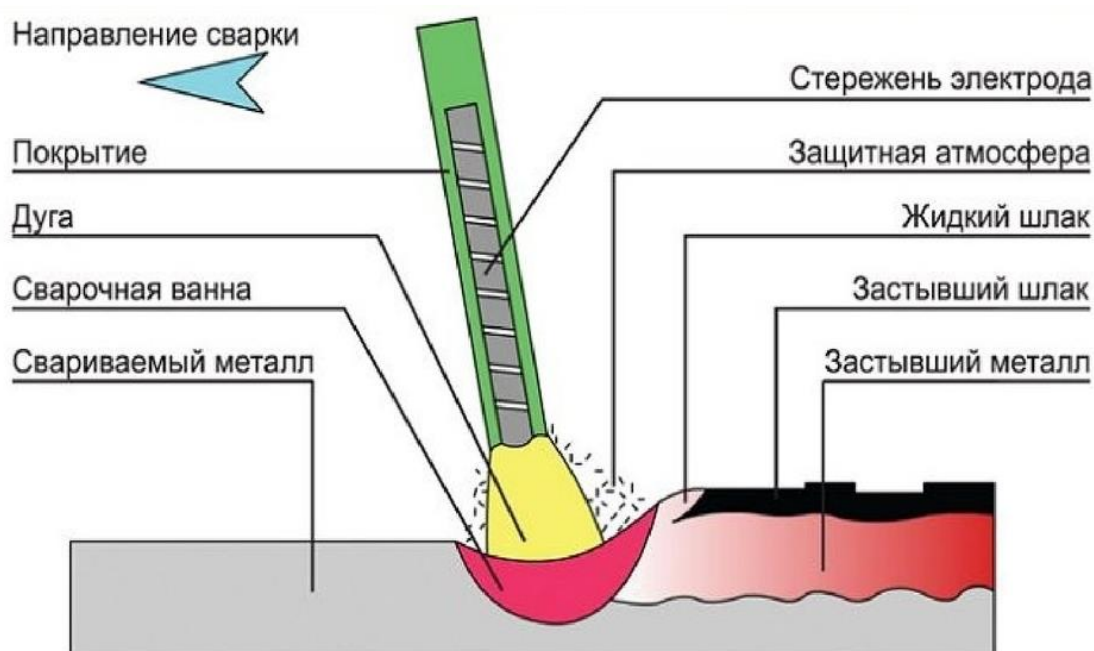


Рисунок 6 - Схема реализации способа РСДПЭ

К недостаткам данного способа относится низкая производительность. Однако есть и ряд положительных моментов. В покрытие электродов возможно введение легирующих компонентов, позволяющих в требуемом направлении менять свойства наплавленного металла. Стоимость оборудования для РСДПЭ сравнительно невелика [29]. Так сварочный трансформатор обеспечивающий максимальную величину сварочного тока 200 А стоит 8000 рублей. Стоимость трансформатора рассчитанного на сварочный ток 250 А составляет 16000 рублей. Рассмотрены самые дешевые варианты. В настоящее время для реализации способа РСДПЭ применяют инверторные источники. Стоимость данного оборудования ненамного дороже, однако данное оборудование снабжено такими полезными для сварщика функциями как увеличение сварочного тока в момент угасания сварочной дуги или прилипания электрода. Уверенно зажигать сварочную дугу позволяет функция Hot Start. Такая функция как PWS позволяет нажатием кнопки поменять полярность сварочного источника. Конечно, применение перечисленных функций увеличивает производительность процесса сварки в целом, но она остается низкой.

Устранить затраты времени на замену электрода можно применив длинный электрод при подаче его в зону горения сварочной механизированным способом, применяемым на предприятии, рисунок 7.

Для защиты зоны горения дуги может быть применен углекислый газ, аргон или газовые смеси. К плюсам такого способа сварки можно отнести помимо исключения прерывания процесса сварки для замены электрода токоподвод приближен к зоне горения дуги. При этом можно увеличить силу сварочного тока, так как ток проходит к месту горения дуги на участке небольшой длины. Применение газовых смесей исключает из технологического процесса операции удаления шлака. Однако есть и минусы. Обмазка электрода содержит необходимые для управления свойствами наплавленного металла компоненты. Слой закристаллизовавшегося шлака замедляет процессы охлаждения металла шва

и околошовной зоны. Меньше вероятность образования закалочных структур [28].

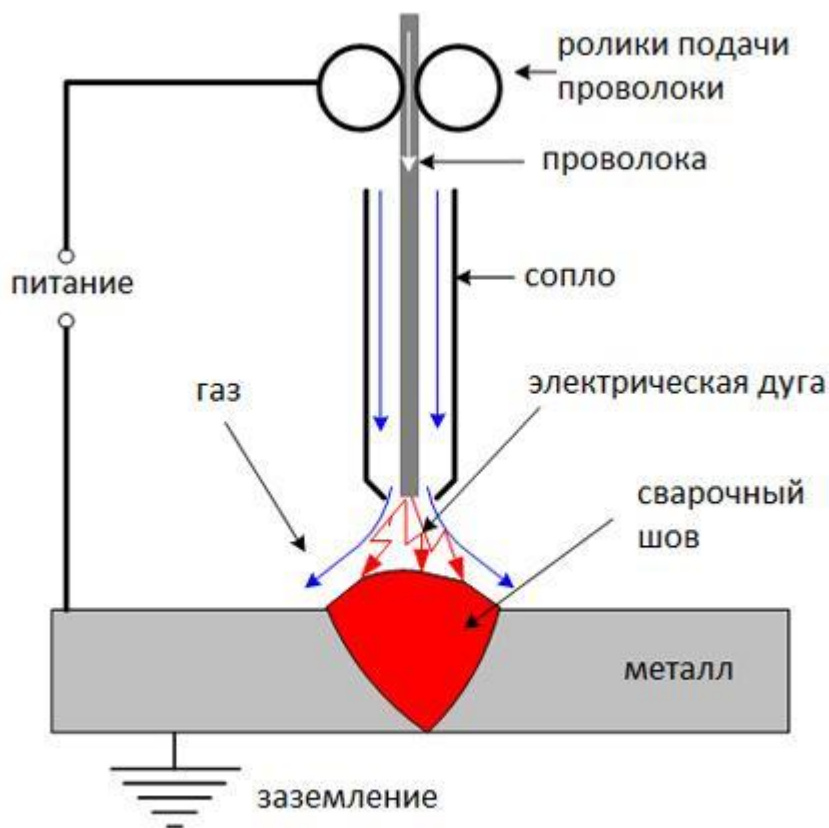


Рисунок 7 – Схема механизированной сварки

Поэтому применяют технологический процесс сварки порошковой проволокой. Обмазка электрода окружена металлической оболочкой. Такое техническое решение позволяет обойтись без баллонов с газом, при использовании самозащитной проволоки, в наполнитель проволоки можно вводить легирующие и иные компоненты. Сварной шов закрыт сверху слоем шлака.

Однако у данного технического решения есть и минусы. Тонкая оболочка требует аккуратного обращения при намотке проволоки из общей

бухты на катушки. Кроме того, стоимость. Данная присадочная проволока отличается высокой стоимостью.

Метод сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов позволяет соединять сваркой легированные стали, цветные металлы, активные металлы, рисунок 8.

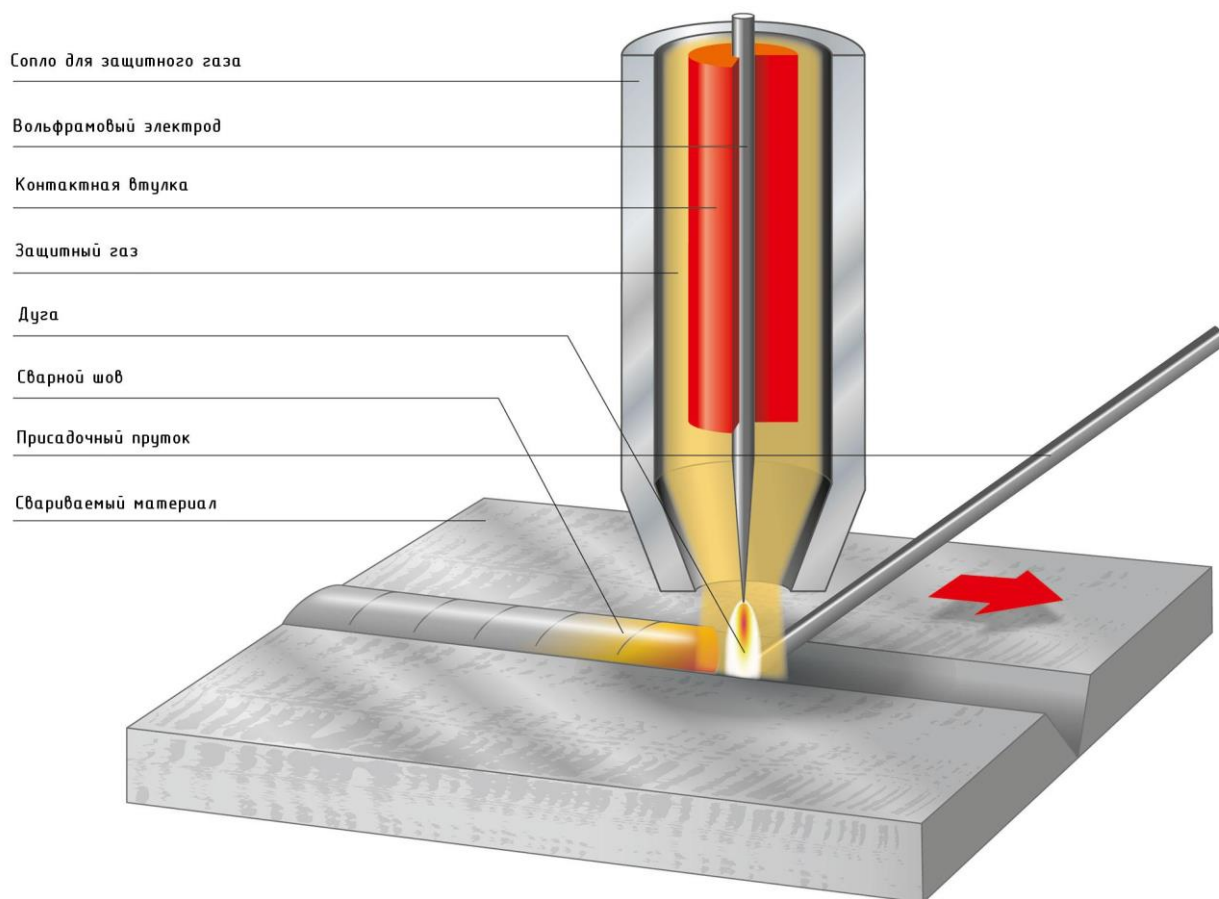


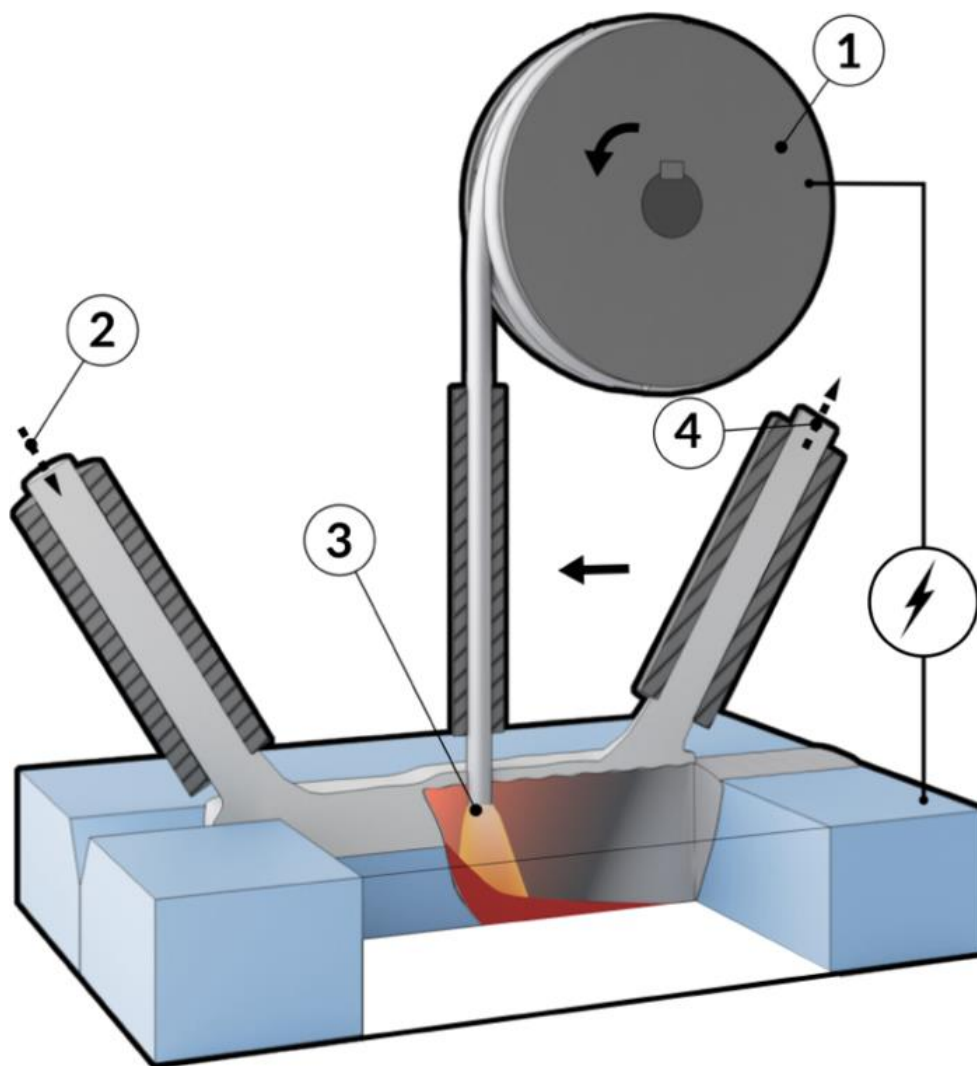
Рисунок 8 – Схема сварки неплавящимся электродом

Применяется из инертных газов для защиты сварочной ванны гелий и аргон. Сварщику не составляет труда поддерживать длину дуги, электрод не плавится. За счет всех этих технических решений получается шов высокого качества [27].

Есть у данного способа сварки и отрицательные стороны, если сварка выполняется на открытом воздухе внезапные порывы ветра приведут к

нарушению газовой защиты. При сварке активных металлов и сплавов требуется тщательная подготовка свариваемых поверхностей.

Сварка под слоем флюса, как правило, выполняется автоматически, рисунок 9.



1 – сварочная проволока; 2 – подача флюса; 3 – сварочная дуга;
4 – флюсоотсос.

Рисунок 9 – Сварка под слоем флюса

Для данного способа характерным является большая сила сварочного тока, позволяющая успешно сваривать металлы больших толщин. Величина

силы сварочного тока достигает 1000 А и более. Это обеспечивает высокую производительность метода. Высокая сила сварочного тока обеспечивается за счет того, что дуга горит в газовом пузыре под слоем флюса. При этом отсутствует разбрызгивание металла, потери тепла за счет излучения. Еще к плюсам данного процесса следует отнести то, что слой флюса на поверхности замедляет охлаждение сварочной ванны и сварочного шва. За счет замедленного охлаждения растворенные в жидком металле газы успевают выделиться. Вследствии этого явления пористость сварного шва минимальна [20].

Из всех рассматриваемых способов сварки выбираем сварку под слоем флюса, так как данная сварная конструкция имеет швы значительной протяженности, расположить сварные швы в нижнем положении для данного изделия не составит труда. Выбранный способ обладает более высокой производительностью по сравнению с механизированной сваркой, обеспечивает высокое качество сварного соединения.

Технологический процесс, согласно ГОСТ 3.1109-82 это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда..

Главное требование к технологии сварки – обеспечение необходимого уровня качества при заданной производительности труда с наименьшими затратами [1].

2.2 Выбор сварочных материалов

Для того, чтобы корректно подобрать сварочные материалы необходима информация:

- химический состав свариваемого материала;
- условия работы лопаток;
- выбранные способ сварки

К сварочным материалам для способа сварки под флюсом относятся сварочная проволока. К вспомогательным сварочным материалам относятся флюсы.

Вообще стремятся к тому, чтобы химический состав присадочного материала был идентичен соединяемому. Это необходимо для обеспечения равнопрочности шва. Также выбор сварочного материала обусловлен выбранным способом сварки. Например при дуговой сварке в CO_2 происходит сильное окисление металла шва. Поэтому сварочные материалы необходимо назначать с высоким содержанием активных раскислителей: марганца и кремния [2].

При сварке стали марки 10X12НД, рекомендуется применение присадочной проволоки Св-15X12НМВФБ [6].

Химический состав проволоки, в %, приведён в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание химических элементов в проволоке

углерод	кремний	марганец	хром	никель	титан	сера	фосфор
C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P
<0,08	0,04...1,00	1,0...2,0	18,0...20,0	8,0...10,0	0,5...1,0	<0,015	<0,030

Данная проволока улучшает качество сварного шва элементами, которые при сварке переходят в металл шва, т.е обеспечивают легирование.

Флюс рекомендуется при сварке стали 10X12НД - АНФ5. Перед сваркой флюс необходимо прокалить при температуре 350°C в течение полутора – двух часов [24].

2.3 Подбор режимов сварки, техника выполнения сварных швов

«Режимом называется совокупность регулируемых параметров, обеспечивающих получение сварного соединения заданных параметров и требуемого качества» [1].

Для выбранного способа сварки – автоматическая под слоем флюса назначаем следующие параметры режима: сварочный ток 680-710 А; напряжение на дуге 30-35 В; присадочная проволока должна подаваться в зону горения сварочной дуги со скоростью 220-250 м/час. Расход присадочной проволоки определим согласно формулы:

$$M_{свC17} = L_{шва} K_{св} C17 \quad (2)$$

Присадочную проволоку принимаем диаметром 4 мм.

2.4 Выбор и обоснование методов контроля

Для контроля сварной конструкции лопатка направляющего аппарата применяется визуальный и ультразвуковой метод контроля.

Визуальный метод контроля предшествует любым другим методом контроля. Он является дешевой и простой операцией и выполняется на всех стадиях технологического процесса.

Сущность этого способа контроля заключается во внешнем осмотре сварных швов и измерении основных параметров.

Внешним осмотром и обмерами сварных швов выявляются следующие дефекты: подрезы, наплывы, прожоги, незаваренные кратеры, свищи, непровары, поры, окисные включения.

При визуальном методе контроля применяют следующие инструменты: универсальные шаблоны, рулетки, линейки, лупа 7-10 кратного увеличения

Кроме финишного контроля сварных швов на участке осуществляется систематический пооперационный контроль

Пооперационный контроль состоит из:

- проверки соответствия качества металла и электродов техническим условиям;

- проверки приспособлений для сборки, заключающейся в определении горизонтальности, чистоты поверхности и базовых размеров;
- проверки качества сборки путем внешнего осмотра и замерами;
- проверки качества и технологии сварки, заключающейся в поддержании состояния сварочной аппаратуры и оборудования, режимов сварки, порядок наложения швов на уровне требований, обеспечивающих получение качественных сварных соединений.

Механические свойства сварных швов контролируются путем испытания контрольных образцов:

- на растяжение и загиб при $t=20^{\circ}\text{C}$
- на ударную вязкость при $t=40^{\circ}\text{C}$ $a_k \geq 2 \text{ кгс м /см}^2$

Все сварные швы подвергаются ультразвуковой дефектоскопии. Этим методом выявляются:

- трещины сварного шва и околошовной зоны;
- непровары основного металла и между валиков;
- поры и шлаковые включения.

Также данный метод контроля позволяет установить размеры и место нахождения всех дефектов.

Ультразвуковой метод контроля используется для контроля сварных швов толщиной 10-15 мм и более.

Практика применения ультразвукового контроля подтвердила его высокую чувствительность и возможность выявления трещин и узких непроваров, неопределяемых просвечиванием.

Достоинством этого метода является также возможность получения данных о качестве швов непосредственно в процессе контроля и безопасность для обслуживающего персонала..

Выявленные дефекты вырубаются или выплавляются на длину дефекта плюс 10 мм с каждой стороны при условии сохранности основного металла, затем зачищаются. Заварка дефектных участков может производиться любым

способом, обеспечивающим требуемое качество сварного шва. Исправленные сварные швы должны быть повторно проконтролированы 100% ультразвуковой дефектоскопией.

Результаты механических испытаний образцов, вырезанных их контрольных пластин и результаты ультразвуковой дефектоскопии, заносятся в паспорт вала.

2.5 Выбор и обоснование сварочного оборудования

По мере расширения области применения сварки и распространение её на получение изделий из тонких металлов, лёгких сплавов, низкоуглеродистых сталей и т.д. были усовершенствованы методы сварки плавящимся электродом и разработан метод сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов (аргон, гелий). Были разработаны различные системы автоматического регулирования и управления сварочным процессом. Широко велись работы по внедрению механизации и автоматизации сварочных процессов. Разработка новых технологических процессов получения сварных соединений производится из расчёта на высокую степень механизации и автоматизации работ.

При выборе сварочного оборудования необходимо ориентироваться на:

- способ применяемой сварки;
- режимы характерные для данного способа сварки;
- экономические показатели;
- технические возможности предприятия;
- годовую программу выпуска изделий;
- достижения сварной науки и техники;
- высокую производительность.

В бакалаврской работе выбран способ автоматической сварки под слоем флюса. Проведенный анализ позволяет выбрать сварочную головку типа a1416, рисунок 10.

Головка сварочная позволяет получать сварные соединения в диапазоне токов 250...1250 А. Вес аппарата 320 кг. Аппарат способен работать со сварочной проволокой диаметром от 1,2 мм до 5 мм.

Источник питания сварочной дуги подобран ВДУ-1250, рисунок 11.



Рисунок 10 – Головка сварочная a1416



Рисунок 11 – Источник питания

Приспособление для сборки показано на рисунках 12, 13.

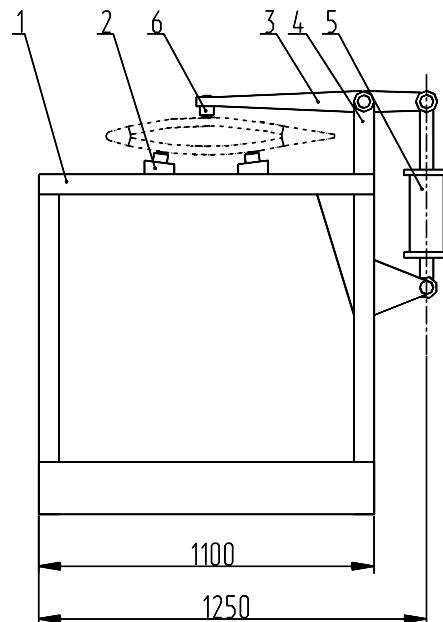


Рисунок 12 - Общий вид приспособления

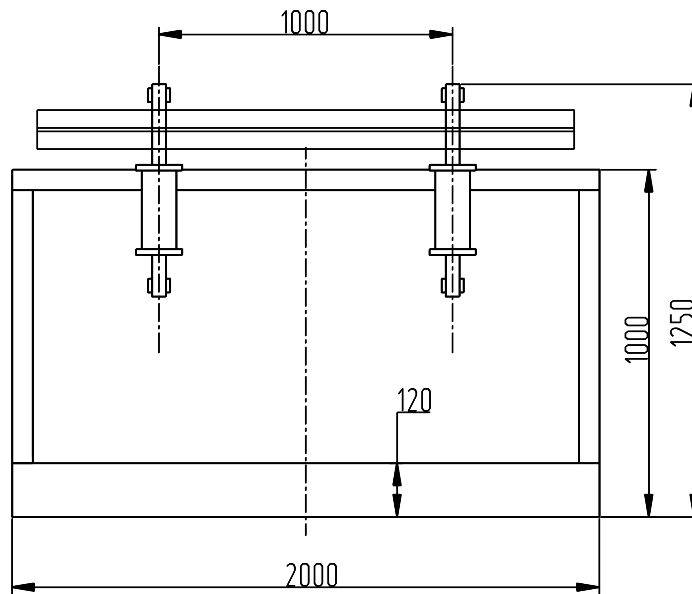


Рисунок 13 - Общий вид приспособления

Данное приспособление обеспечивает сборку лопаток перед сваркой при сохранении всех необходимых размеров.

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Для изготовления лопатки направляющего аппарата применяется в настоящее время на предприятии вариант технологии сварки основанный на механизированной. Предложен вариант дуговой сварки под слоем флюса. Он обладает следующими преимуществами. Производительность выше за счет того, что плотность тока и диаметр электрода больше. Это позволяет значительно увеличить силу сварочного тока.

Предлагаемая к внедрению на предприятии технология сборки и сварки состоит из таких операций как: операции, контроля заготовок и сварочных материалов, принимает участие в данной технологической операции дефектоскопист; подготовка заготовок к сварке, занимается данной технологической операцией слесарь-сборщик; соединение деталей при помощи прихваток, выполняемых посредством механизированной сварки, выполняет данные технологические манипуляции электросварщик; выполнение посредством автоматической сварки сварных соединений, задействован при выполнении данных технологические манипуляции электросварщик; завершающая операция – контроль, задействован в ней дефектоскопист.

Однако любым производственным процессам, в том числе и предлагаемым к внедрению, сопутствуют опасные и вредные производственные факторы. Задача раздела безопасность и экологичность бакалаврской работы опасные и вредные производственные факторы выявить и нейтрализовать.

Таблица 3 - Технологический паспорт технического объекта

Наименование операции предлагаемого технологического варианта	Должность исполнителя	Оборудование необходимое для реализации предлагаемого технологического варианта	Вспомогательные материалы и вещества необходимые для предлагаемого технологического варианта
1) контроль заготовок и сварочных материалов	Дефектоскопист	Измерительный инструмент.	Рукавицы
2) подготовка заготовок к сварке	Слесарь-сборщик	Щетка металлическая, ветошь.	Рукавицы, ацетон
3) соединение деталей при помощи прихваток	Электросварщик	Сварочный аппарат для механизированной сварки	Рукавицы, сварочная проволока, защитный газ,
4) выполнение сварных соединений	Электросварщик	Сварочный аппарат для механизированной сварки	Рукавицы, сварочная проволока, защитный газ,
5) операция проверки качества готового узла	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля	Рукавицы, вода техническая

В таблице 3 отражены операции, составляющие технологический процесс и соответствующие им оборудование и вспомогательные материалы.

3.2 Систематизация профессиональных рисков

Рассмотрение операций технологического процесса в направлении поиска опасных и вредных факторов позволит систематизировать факторы для дальнейшего анализа, таблица 4. Травмы на производстве и профессиональные заболевания появляются по причине действия на организм работников опасных и вредных факторов. Если после непродолжительного действия появляются повреждения организма, это травма. Для появления профессионального заболевания требуется действие вредного фактора в течение продолжительного времени, месяцы, годы. В

любом случае после систематизации профессиональных рисков потребуется разработка перечня мероприятий, технических и организационных, по нейтрализации воздействия рисков на человеческий организм [24].

Таблица 4 – Систематизация профессиональных рисков

Наименование операции	Выявленный опасный или вредный фактор, угрожающий жизни и здоровью производственного персонала	Производственные объекты, являющиеся источником опасного или вредного фактора
1	2	3
1) контроль заготовок и сварочных материалов	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> - инструменты
2) подготовка заготовок к сварке	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	<ul style="list-style-type: none"> - ножницы гильотинные; - аппарат плазменной резки
3) соединение деталей при помощи прихваток	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; - подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения; 	<ul style="list-style-type: none"> - оснастка сборочная универсальная; - струбцины; - угольник; - линейка; - сварочный аппарат; - зачистная машинка; - сварочная дуга;
4) выполнение сварных соединений	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи 	<ul style="list-style-type: none"> - головка сварочная a1416; - источник питания ВДУ-1250 - сварочная дуга; - сварочный аэрозоль; - нагретые края изделия

Продолжение таблицы 4

1	2	3
5) операция проверки качества готового узла	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	

Перечисленные в таблице 4 опасные факторы, позволяют перейти к следующему этапу – разработке мер борьбы с ними.

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для уменьшения воздействия на организм работающих на производстве опасных и вредных факторов применяется комплекс организационных и технических мероприятий.

В первую очередь следует по приему на работу и периодически разъяснять причины возникновения опасных и вредных факторов и методы борьбы с ними. Кроме того, различного рода плакаты, вывешенные на видных местах напоминают работникам каждый день о борьбе с опасными и вредными факторами и причинах их возникновения. Все это организационные мероприятия. К техническим мероприятиям следует отнести различного рода барьеры, устанавливаемые вокруг опасного места, предохранительные устройства, срабатывающие при пересечении работником опасного места. Также для нейтрализации могут быть применены индивидуальные средства защиты, к которым относятся специальная одежда, выполненная для нейтрализации опасного или вредного фактора, различного рода маски, перчатки, специальная обувь, средства индивидуальной защиты.

Таблица 5 – Используемые с целью снижения влияния отрицательных производственных условий средства и методики

Выявленный опасный или вредный фактор, угрожающий жизни и здоровью производственного персонала	Организационные и технические средства нейтрализующие выявленные опасные и вредные факторы.	Средства нейтрализующие опасный или вредный фактор при размещении непосредственно на работнике.
1	2	3
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования.	1) на видных местах вывешиваются плакаты и информационные стенды по правилам поведения в той или иной ситуации; 2) вводные и периодические инструктажи по технике безопасности	Спецодежда, перчатки.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	1) ограждения и барьеры; 2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек 3) установка предохранительных устройств	Спецодежда, перчатки
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	1) местные вытяжные устройства; 2) устройства общеобменной вентиляции; 3) организация общецеховой системы вентиляции, обеспечивающей, в целом, удаление и поступление воздуха извне	Защитные маски
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи.	1) организация защитного заземления; 2) периодические инструктажи по технике электробезопасности; 3) измерения сопротивления изоляции проводников; 4) измерения сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда, перчатки
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности; 2) удаление производственного персонала из места действия данного опасного фактора за счет механизации и автоматизации процесса	Спецодежда, перчатки
6) инфракрасное излучение	1) экранирование опасной зоны; 2) ограждения и барьеры препятствующие проникновению персонала в опасную зону; 3) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора	Спецодежда.
7) ультрафиолетовое излучение	1) экранирование опасной зоны; 2) ограждения и барьеры для производственного персонала	Спецодежда.

Продолжение таблицы 5

1	2	3
8) ультразвуковое излучение	1) на видных местах вывешиваются плакаты и информационные стенды; 2) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора 3) ограждения и барьеры препятствующие проникновению персонала в опасную зону.	-

Идентификация опасных и вредных производственных факторов, совокупное или раздельное действие которых приводит к возникновению профессиональных рисков позволила предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке

По определению пожар – это неконтролируемый процесс горения. Причиной пожара может быть нарушение технологического регламента, неисправность производственного оборудования, несоблюдение сотрудниками правил пожарной безопасности. Соответственно и мероприятия по обеспечению пожарной безопасности направлены на борьбу с перечисленными причинами. Если рассматривать производственный участок изготовления рассматриваемого изделия то возможный пожар можно классифицировать как «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Для того, чтобы разработать предложения по предотвращению пожара необходимо проанализировать его опасные факторы, таблица 6. На основании выполненного анализа, мы можем разработать перечень технических и организационных мероприятий, нейтрализующих причины возникновения пожара, таблица 7.

Таблица 6 – Распознавание классов и опасных условий пожара

Участок	Установлено на участке оборудование	«Классификация по виду горящего вещества» [23]	«Наименование основных опасных факторов пожара» [23]	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сборка и сварка рассмагриваемого изделия	Сварочный аппарат Аутога PRO SPEEDWAY 300, машинка шлифовальная	Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е) [23]	«Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него» [23].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [23].

Таблица 7 – Перечень мер по обеспечению пожарной безопасности

Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Средства, применяемые в начале возгорания
Специализированные расчеты (вызываются)	Мобильные средства пожаротушения
Нет необходимости для применения на производственном участке	Стационарные установки системы пожаротушения
Нет необходимости для применения на производственном участке	Средства пожарной автоматики
Пожарный кран	Пожарное оборудование
План эвакуации	Средства, обеспечивающие эвакуацию персонала
Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)
Кнопка оповещения, телефон в помещении начальника участка	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.

Для обеспечения защиты участка сварки лопаток на высоком уровне также необходимы мероприятия организационного характера, их краткий перечень отражен в таблице 8.

Таблица 8 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
«Участок для сборки и сварки опоры трубопровода (механизированная по методу MIG)» [23]	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [23].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [23].

Перечисленные мероприятия обеспечивают защиту персонала и имущества предприятия от возможного пожара.

3.5 Экологическая безопасность разработанного технического объекта

Опасные и вредные факторы сварочного участка помимо действия на производственный персонал оказывают негативное действие на окружающую среду.

Осуществление проектного технологического процесса приводит к возникновению не только опасных и вредных производственных факторов, но и значительно ухудшает экологическую обстановку из-за отрицательного воздействия на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

В ходе выполнения настоящего раздела необходимо провести идентификацию вредных экологических факторов, которые возникают при реализации проектной технологии согласно таблице 9.

Таблица 9 – Систематизация факторов негативно влияющих на окружающую среду

Наименование технологического процесса	Перечень операций, технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Автоматическая сварка по методу SAW.	«контроль заготовок и сварочных материалов, подготовка заготовок к сварке, сборка, операция прихватки, операция сварки стыка, контрольные операции» [23]	«Выделяемые в процессе горения пламени аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы» [14]	«Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки» [14].	«Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный» [14].

Таблица 10 – Борьба с факторами негативно влияющими на окружающую среду

Наименование мер борьбы	Сварка
Борьба с факторами негативно влияющими на атмосферу.	«Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов» [6].
Борьба с факторами негативно влияющими на гидросферу	Контроль утечек жидкости при проведении капиллярного контроля.
Борьба с факторами негативно влияющими на литосферу	«Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости» [6].

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы предусматривает проведение поиска и анализа опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектной технологии сборки и сварки трубопровода.

В рамках решения 4 задачи бакалаврской работы выявлены факторы, оказывающее негативное влияние на производственный персонал и

окружающую среду. Для успешной борьбы с выявленными факторами предложены уже применяющиеся методики, включающие в себя организационные и технические мероприятия. К числу организационных следует отнести периодические разъяснения причины возникновения опасных и вредных факторов и методы борьбы с ними, во время проведения вводных и ежеквартальных инструктажей. Кроме того, различного рода плакаты, вывешенные на видных местах напоминают работникам каждый день о борьбе с опасными и вредными факторами и причинах их возникновения. К числу технических мероприятий следует отнести различного рода барьеры, устанавливаемые вокруг опасного места, предохранительные устройства, срабатывающие при пересечении работником опасного места. Также для нейтрализации факторов, оказывающих негативное влияние, могут быть применены индивидуальные средства защиты, к которым относится специальная одежда, выполненная для нейтрализации опасного или вредного фактора, различного рода маски.

4 Расчет экономических параметров предлагаемой технологии

4.1 Вводная информация для расчета

Для решения пятой задачи бакалаврской работы необходимо рассчитать экономические параметры разработанной технологии сварки. На основании анализа передовых достижений сварочной науки и возможных вариантов сварки рассматриваемого изделия предложен способ механизированной сварки в газовой смеси. Для реализации предлагаемых технических решений на сварочный участок требуется установка нового оборудования. Также в работе спроектирована специализированная оснастка для сборки рассматриваемого изделия. По этим позициям необходимо будет рассчитать капитальные затраты. Затраты должны быть компенсированы за счет увеличения производительности и качества. Причем, время в течение которого должны быть компенсированы капитальные затраты ограничено. В целом, по машиностроению нормативный срок окупаемости капитальных вложений принят 3 года.

Применяемый в настоящее время на предприятии вариант технологии сварки основан на дуговой сварке штучными электродами. Сварка по предлагаемому варианту в газовой смеси обладает следующими преимуществами. Производительность выше за счет того, что нет нужды прерывать цикл сварки для замены израсходованного электрода. Кроме того, при сварке электрический ток идет не по всей длине присадочного стержня а по т.н. вылету. Это позволяет значительно увеличить силу сварочного тока.

Экономические расчёты требуют таких сведений как величины коэффициентов различных принятых в промышленности, размер почасовой тарифной ставки, стоимость электрической энергии, и т.д. Все эти данные для применяемого технологического варианта и предлагаемого систематизируем в таблице 11.

Таблица 11 – Вводная информация для выполнения расчетов

Наименование показателя	Обозначение показателя в формуле	В чем измеряются финансовые показатели	Численные значения финансовых показателей	
			Применяемый вариант	Предлагаемый вариант
1	2	3	4	5
Коэффициент, позволяющий при расчетах определить заводские расходы	$K_{зав}$	-	1,15	1,15
Коэффициент, позволяющий при расчетах определить цеховые расходы	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Требуемый разряд рабочих	P_p	-	V	IV
Оплата рабочему за один час отработанного времени	$Cч$	Р/час	200	175
Режим сменности	$K_{см}$	-	1	1
Коэффициент, позволяющий рассчитать доплаты к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент, позволяющий рассчитать отчисления на дополнительную заработную плату	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент, позволяющий рассчитать выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Коэффициент, позволяющий рассчитать транспортно-заготовительные расходы	$K_{т-з}$	%	5	5
Цена приобретения применяемого и предлагаемого оборудования	$Ц_{об}$	Руб.	150000	340000
Значения мощности применяемого и предлагаемого оборудования	$M_{уст}$	кВт	5	8
Коэффициент, позволяющий рассчитать отчисления на социальные потребности	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент, позволяющий рассчитать амортизацию оборудования	$На$	%	21,5	21,5
Коэффициент, позволяющий рассчитать затраты на монтаж предлагаемого оборудования и демонтаж применяемого оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Стоимость электрической энергии для промышленных предприятий	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
Значения коэффициента полезного действия предлагаемого оборудования применяемого оборудования	КПД	-	0,7	0,85
Площадь занимаемая предлагаемым и применяемым оборудованием	S	м ²	11	11

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5
Затраты на эксплуатацию производственных площадей для предприятия	$C_{\text{эксп}}$	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятые значения цены производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	Р/м ²	30000	30000
Коэффициент, позволяющий рассчитать норму амортизации производственных площадей под предлагаемое оборудование и применяемое оборудование	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент, позволяющий рассчитать необходимость в дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3

Информация приведенная в таблице 11 понадобится для выполнения экономических расчетов.

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Общее время работы оборудования и рабочих составляет годовой фонд времени. Для предлагаемого варианта технологии и применяемого на предприятии данный экономический показатель одинаков.

Для определения данного экономического показателя понадобится общее количество рабочих дней в году $D_p = 277$ дней, продолжительность одной смены $T_{\text{см}} = 8$ часов, общее количество дней в преддверии праздников $D_{\text{п}} = 7$ дней, в эти дни продолжительность смены по принятому законодательству меньше на $T_{\text{п}} = 1$ час, режим работы предприятия односменный, следовательно количество смен $K_{\text{см}} = 1$. По приведенной зависимости выполняем расчетное определение годового фонда времени:

$$F_{\text{н}} = (D_p \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{п}} \cdot T_{\text{п}}) \cdot K_{\text{см}} \quad (3)$$

Расчёты согласно (3) показывают значение 2209 часов:

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

Время работы оборудования необходимо уменьшить на величину обусловленную потерями рабочего времени, коэффициент $B = 7 \%$:

$$F_3 = F_H(1-B/100). \quad (4)$$

Расчёты согласно (4) показывают значение 2054 часа:

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

Выполненные расчеты понадобятся для определения количества необходимого оборудования.

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время $t_{шт}$ можно найти сложив затраты времени машинного $t_{маш}$; вспомогательного $t_{всп}$; времени обслуживания оборудования $t_{обсл}$; времени на личный отдых $t_{отд}$ и подготовительно-заключительного времени $t_{п-з}$.

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отд} + t_{п-з} \quad (5)$$

Для определения машинного времени расчетным способом понадобятся численные значения скорости сварки и суммарная протяженность сварного соединения. Скорость сварки для применяемого на предприятии технологического процесса составляет $V_{св} = 20-25$ см/мин, для предлагаемого $V_{св} = 50-55$ см/мин.

Протяженность сварных швов неизменна для применяемого и предлагаемого варианта и составляет $L = 2000$ миллиметров.

Для определения машинного времени воспользуемся зависимостью:

$$t_{маш} = \frac{\sum L}{V_{св}} \quad (6)$$

Машинное время, рассчитанное для применяемого и предлагаемого

варианта, составит:

$$t_{\text{машб}} = 200/20 = 10 \text{ мин} = 0,16 \text{ час}$$

$$t_{\text{машпр}} = 200/50 = 4 \text{ мин} = 0,06 \text{ час}$$

Штучное время, рассчитанное для применяемого на предприятии и предлагаемого варианта систематизируем в таблице 12:

Таблица 12 – Штучное время, мин.

Вариант	$t_{\text{маш}}$	$t_{\text{всп}}$ 15%	$t_{\text{обсл}}$ 10%	$t_{\text{отл}}$ 5%	$t_{\text{п-з}}$ 1%	$t_{\text{шт}}$
Применяемый:	10	1,5	1	0,5	0,01	13,01
Предлагаемый	4	0,6	0,4	0,2	0,004	5,2

Согласно заданию на выпускную квалификационную работу годовая программа составляет $\Pi_{\Gamma}=500$ изделий в год.

Для определения нужного количества технологического оборудования $n_{\text{расч}}$, нам необходимо знание коэффициента выполнения нормы, для применяемого и предлагаемого варианта технологии он одинаков, $K_{\text{вн}} = 1,03$, и эффективного фонда работы оборудования. Расчеты выполняются согласно формуле:

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{\text{ШТ}} \cdot \Pi_{\Gamma}}{F_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}}} \quad (7)$$

Определенное по формуле (7) нужное число оборудования составляет:

$$n_{\text{РАСЧ.б}} = \frac{0,21 \cdot 500}{2054 \cdot 1,1} = 0,04 \text{ед.}, \quad n_{\text{РАСЧ.пр}} = \frac{0,08 \cdot 500}{2054 \cdot 1,1} = 0,17 \text{ед.}$$

Согласно проведенным расчётам для предлагаемого варианта требуется одна единица оборудования и для применяемого варианта также требуется одна единица оборудования. Тогда для определения коэффициента загрузки для предлагаемого варианта и применяемого нам потребуются расчеты по зависимости:

$$K_3 = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр.}} \quad (8)$$

Полученные расчетным путем по формуле (8) коэффициенты загрузки K_3 для применяемого на предприятии варианта и предлагаемого варианта:

$$K_{3б} = 0,04/1 = 0,04; \quad K_{3п} = 0,017/1 = 0,017.$$

Исходя из полученных результатов определим затраты на амортизацию оборудования.

4.4 Определение заводской себестоимости двух вариантов

Для выполнения сварных швов в применяемом варианте технологии необходимы штучные электроды. Предлагаемый вариант технологического процесса нуждается в сварочной проволоке и защитных газах.

Для определения расходов M на требуемые для выполнения сварных соединений штучные электроды выполним необходимые расчеты согласно формулы:

$$M = C_M \cdot N_p \cdot K_{Т-З} \quad (9)$$

где норма расходов N_p , цена штучных электродов C_M и коэффициента $K_{ТЗ}$ транспортно-заготовительных расходов.

Определенные согласно (9) для применяемого и предлагаемого варианта:

$$M_{\text{баз.}} = 11 \cdot 5 \cdot 1,05 = 63,5 \text{ руб.},$$

Для определения расходов M на требуемые для выполнения сварных соединений штучные электроды выполним необходимые расчеты согласно формулы:

$$M = C_M \cdot N_p \cdot K_{Т-З} \quad (9)$$

где норма расходов H_p , цена штучных электродов $Ц_m$ и коэффициента K_{tz} транспортно-заготовительных расходов.

Определенные согласно (9) расходы на электроды для применяемого варианта:

$$M_{\text{баз.}} = 11 \cdot 5 \cdot 1,05 = 63,5 \text{ руб.},$$

Для выполнения сварных швов в предлагаемом варианте технологии необходима сварочная проволока и флюс. Предлагаемый вариант технологического процесса нуждается в сварочной проволоке и также необходим флюс.

Определенные согласно (9) расходы на сварочную проволоку и флюс для предлагаемого варианта:

$$M_{\text{баз.}} = 11 \cdot 5 \cdot 1,05 = 65,5 \text{ руб.},$$

Для определения основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ работников, нам понадобятся численные значения штучного времени $t_{\text{шт}}$, часовой тарифной ставки $C_{\text{ч}}$ и значения коэффициента $K_{\text{д}}$ доплат. Размер основной заработной платы определяется по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (10)$$

Основная заработная плата рабочих для применяемого и предлагаемого вариантов технологии определенная согласно формулы (10) составляет:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 0,21 \cdot 200 \cdot 1,88 = 78,96 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 0,08 \cdot 175 \cdot 1,88 = 26,23 \text{ руб.}$$

Для расчета дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ воспользуемся значениями коэффициента $K_{\text{доп}}$ которые составляют 12 %:

$$Z_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot Z_{\text{осн}}. \quad (11)$$

После выполнения расчетов согласно (11) по применяемому и предлагаемому вариантам дополнительная заработная плата составит:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 78,96 \cdot 12/100 = 9,47 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 26,23 \cdot 12/100 = 3,15 \text{ руб.}$$

Определить размер фонда заработной платы $\Phi ЗП$ можно просуммировав основную заработную плату работников $Z_{\text{осн}}$ и дополнительную $Z_{\text{доп}}$ заработную плату работников:

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 78,96 + 9,47 = 88,43 \text{ руб.},$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 26,23 + 3,15 = 29,38 \text{ руб.}$$

Для расчета отчислений $O_{\text{сн}}$ на социальные потребности, воспользуемся коэффициентом $K_{\text{сн}}$ и расчет проведем по следующей формуле:

$$O_{\text{сн}} = \Phi ЗП \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (12)$$

Размер отчислений $O_{\text{сн}}$ на социальные потребности, по применяемому и предлагаемому вариантам определен согласно (12) составит:

$$O_{\text{сн баз.}} = 88,43 \cdot 34/100 = 30,06 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сн проектн.}} = 29,38 \cdot 34/100 = 9,98 \text{ руб.}$$

Для определения суммарных затрат $Z_{\text{об}}$ на оборудование, которое используется для применяемого и предлагаемого вариантов, просуммируем расходы на амортизацию $A_{\text{об}}$ и на электрическую энергию $P_{\text{эз}}$:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{эз}}. \quad (13)$$

Для определения размера амортизации $A_{\text{об}}$ понадобится информация по цене оборудования $C_{\text{об}}$, по норме амортизации $H_{\text{а}}$, ранее рассчитанным значениям машинного времени $t_{\text{маш}}$, и эффективного фонда времени $F_{\text{э}}$ по формуле:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{маш}}{F_э \cdot 100}. \quad (14)$$

После расчетов согласно (14) значения амортизации оборудования по применяемому и по предлагаемому вариантам технологии составят:

$$A_{об.баз} = \frac{150000 \cdot 0,16 \cdot 21,5}{2054 \cdot 100} = 2,61 \text{ руб.}$$

$$A_{об.пр} = \frac{340000 \cdot 0,06 \cdot 21,5}{2054 \cdot 100} = 2,13 \text{ руб.}$$

Для определения размера затрат на электрическую энергию $P_{ээ}$ по применяемому и предлагаемому вариантам воспользуемся значениями мощности оборудования $M_{уст}$, стоимости электрической энергии для промышленных предприятий $Ц_{ээ}$ и рассчитанными ранее значениями машинного времени $t_{маш}$, также нам потребуется величина коэффициента полезного действия оборудования $КПД$. Расчет будем вести по формуле:

$$P_{ээ} = \frac{M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{ээ}}{КПД} \quad (15)$$

После расчетов согласно (15) значения расходов на электроэнергию по применяемому и по предлагаемому вариантам технологии составят:

$$P_{ээ \text{ баз}} = 6,8 \cdot 0,16 \cdot 3,2 / 0,7 = 4,97 \text{ руб.},$$

$$P_{ээ \text{ пр}} = 60 \cdot 0,06 \cdot 3,2 / 0,85 = 13,55 \text{ руб.}$$

Просуммировав согласно формуле (13) значения расходов на оборудование по применяемому и предлагаемому вариантам получим следующие значения:

$$З_{об.баз.} = 2,61 + 4,97 = 7,58 \text{ руб.},$$

$$З_{об.проектн.} = 2,13 + 13,55 = 15,68 \text{ руб.}$$

Для определения размера технологической себестоимости необходимо просуммировать все определенные ранее в разделе 4.4 затраты.

$$C_{тех} = M + ФЗП + O_{сн} + З_{об} \quad (16)$$

Определенная согласно формуле (16) технологическая себестоимость для применяемого в настоящее время на производстве и предлагаемого к внедрению варианта технологии составит:

$$C_{\text{ТЕХБаз}} = 63,5 + 88,43 + 30,06 + 7,58 = 189,57 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн}} = 65,5 + 29,38 + 9,98 + 15,68 = 120,54 \text{ руб.},$$

Для определения размера цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ необходимо к вычисленному значению технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, приплюсовать произведение основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ на значение коэффициента $K_{\text{цех}}$ цеховых расходов:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (17)$$

Определенная согласно формуле (17) цеховая себестоимость для применяемого в настоящее время на производстве и предлагаемого к внедрению варианта технологии составит:

$$C_{\text{ЦЕХБаз}} = 189,57 + 1,5 \cdot 78,96 = 189,57 + 118,44 = 308,01 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн}} = 120,54 + 1,5 \cdot 26,23 = 120,54 + 39,34 = 159,88 \text{ руб.}$$

Для определения размера цеховой себестоимости $C_{\text{зав}}$ необходимо к вычисленному значению технологической себестоимости $C_{\text{цех}}$, приплюсовать произведение основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ на значение коэффициента $K_{\text{зав}}$ заводских расходов:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЗАВ}}. \quad (18)$$

Определенная согласно формуле (18) заводская себестоимость для применяемого в настоящее время на производстве и предлагаемого к внедрению варианта технологии составит:

$$C_{\text{ЗАВБаз}} = 308,01 + 1,15 \cdot 78,96 = 308,01 + 90,80 = 398,81 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 159,88 + 1,15 \cdot 26,23 = 159,88 + 30,16 = 190,04 \text{ руб.}$$

Выполненные в разделе 4.4 работы расчеты экономических показателей для применяемого в настоящее время на производстве и предлагаемого к внедрению варианта технологии систематизированы в таблице 13.

Таблица 13 – Результаты расчетов показателей себестоимости предлагаемого и применяемого вариантов

Наименование экономического показателя	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Применяемый	Предлагаемый
1. Расходы на вспомогательные материалы	<i>М</i>	63,5	63,5
2. Расходы на заработную плату	<i>ФЗП</i>	88,43	29,38
3. Отчисления на соц. нужды	<i>Осн</i>	30,06	9,98
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	7,58	15,68
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	189,57	118,54
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	118,44	39,34
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	308,01	157,88
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	90,80	30,16
9. Заводская себестоимость	<i>Сзав</i>	398,81	190,04

Данные таблицы 13 понадобятся в дальнейшем для расчетов экономических параметров предлагаемого технологического варианта.

4.5 Определение капитальных затрат

Для определения капитальных затрат применительно к используемому в настоящее время технологическому процессу, $K_{\text{общ. б.}}$ необходимо знать остаточную стоимость оборудования $Ц_{\text{об. б.}}$, и рассчитанный согласно (6) коэффициент загрузки оборудования $K_{\text{з. б.}}$:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = Ц_{\text{ОББ}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (19)$$

При определении остаточной стоимости оборудования $C_{об.б.}$ используемого для реализации применяемых технологических решений нам понадобится информация по рыночной стоимости оборудования $C_{перв.}$, сроку службы оборудования $T_{сл}$ и нормы амортизации H_a оборудования:

$$C_{ОББАЗ} = C_{ПЕРВ} - (C_{ПЕРВ} \cdot T_{СЛ} \cdot H_A / 100) \quad (20)$$

Расчет выполненный по формуле (20) показывает, что остаточная стоимость составит 85500 рублей:

$$C_{ОБ.Баз.} = 150000 - (150000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 85500 \text{ руб.},$$

Тогда расчет выполненный по формуле (19) показывает, что с учетом коэффициента загрузки величина $K_{общ. б.}$ составит 27350 рублей.

$$K_{ОБЩБаз.} = 1 \cdot 85500 \cdot 0,55 = 27360 \text{ руб.}$$

Для того, чтобы найти капитальные затраты по разработанному в бакалаврской работе варианту $K_{общ. пр.}$ необходима информация о вложениях в оборудование $K_{об. пр.}$, вложениях в производственные площади, необходимые для установки оборудования $K_{пл. пр.}$, и о сопутствующих вложениях $K_{соп.}$: для расчета применим следующую формулу:

$$K_{общ. пр.} = K_{об. пр.} + K_{пл. пр.} + K_{соп.} \quad (21)$$

При расчетном определении капитальных вложений $K_{общ. пр.}$ в оборудование для выполнения операций по разработанному в бакалаврской работе варианту технологии необходима информация о цене оборудования $C_{об. пр.}$, коэффициенту транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$ и коэффициенту загрузки оборудования $K_{зп}$ по проектному варианту:

$$K_{ОБ.ПР} = C_{об.пр} \cdot K_{ТЗ} \cdot K_{ЗП} \quad (22)$$

Расчет выполненный по формуле (22) показывает, что величина капитальных вложений по предлагаемому варианту технологии 96380 рублей:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = 340000 \cdot 1,05 \cdot 0,27 = 96390 \text{ руб.}$$

Чтобы рассчитать сопутствующие капитальные вложения $K_{\text{соп}}$. Необходимо учесть расходы на демонтаж $K_{\text{дем}}$ оборудования для ручной дуговой сварки и расходов на монтаж оборудования для механизированной сварки в смеси газов $K_{\text{монт}}$ расчеты выполняются по формуле:

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

При определении расходов на демонтаж оборудования для ручной дуговой сварки $K_{\text{дем}}$ и монтаж оборудования для механизированной сварки в среде газов $K_{\text{монт}}$ необходима ранее определенная стоимость оборудования по применяемому варианту $\Pi_{\text{б}}$ и значения рыночной стоимости оборудования $\Pi_{\text{пр}}$ по предлагаемому варианту технологии. Также понадобится информация по значениям коэффициентам на монтаж и демонтаж оборудования $K_{\text{д}}$ и $K_{\text{м}}$, расчеты выполняются по формулам:

$$K_{\text{ДЕМ}} = \Pi_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{\text{Д}} \quad (24)$$

$$K_{\text{МОНТ}} = \Pi_{\text{ОБ.ПР}} \cdot K_{\text{М}} \quad (25)$$

Расчет выполненный по формулам (23), (24) и (25) соответствующих значений:

$$K_{\text{ДПМ}} = 1 \cdot 150000 \cdot 0,05 = 7500 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{МОНТ}} = 340000 \cdot 0,05 = 17000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{соп}} = 7500 + 17000 = 24500 \text{ руб.}$$

Расчет выполненный по формуле (21) соответствующих значений:

$$K_{\text{Общ.пр}} = 96390 + 24500 = 120890 \text{ руб.}$$

Для определения величины дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ нам потребуется информация по дополнительным капитальным затратам $K_{\text{общ.пр.}}$ и $K_{\text{общ.б.}}$ для применяемого на предприятии и разработанного в бакалаврской работе вариантов, расчеты выполняются по формуле:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ.пр}} - K_{\text{общ.б.}} \quad (26)$$

Расчет выполненный по формуле (26) показывает, что величина дополнительных капитальных вложений составляет 93530 рублей:

$$K_{\text{доп}} = 120890 - 27360 = 93530 \text{ руб.}$$

Для определения величины удельных капитальных вложений $K_{\text{уд}}$ воспользуемся формулой:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{\Pi_{\Gamma}}, \quad (27)$$

где Π_{Γ} – годовая программа выпуска изделий согласно заданию на бакалаврскую работу.

Расчет выполненный по формуле (27) показывает размеры удельных капитальных вложений для предлагаемого $K_{\text{удПроектн}}$ и применяемого $K_{\text{удБаз}}$ вариантов технологии:

$$K_{\text{удБаз.}} = 27360/500 = 54,7 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 93530/500 = 187,0 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности

Для определения величины снижения трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$ при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штб}} - t_{\text{штпр}}}{t_{\text{штб}}} \cdot 100\% . \quad (28)$$

где $t_{\text{штб}}$ – штучное время для применяемого на предприятии варианта технологии, основанного на дуговой сварке штучными электродами, $t_{\text{штпр}}$ – предлагаемый в бакалаврской работе для сварки рассматриваемого изделия вариант механизированной сварки в смеси газов.

Расчет выполненный по формуле (28) показывает, что величина снижения трудоемкости составляет 126%:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{13,01 - 5,2}{13,01} \cdot 100\% = 126\%$$

Для определения величины повышения производительности труда Π_T при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} . \quad (29)$$

Расчет выполненный по формуле (29) показывает, что величина повышения производительности труда составляет 150%:

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot 126}{100 - 126} = 150\%$$

Для определения величины снижения технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$ при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$\Delta C_{\text{тех}} = \frac{C_{\text{техб}} - C_{\text{техпр}}}{C_{\text{техб}}} \cdot 100\% \quad (30)$$

Расчет выполненный по формуле (30) показывает, что величина снижения технологической себестоимости для варианта механизированной сварки в среде защитных газов составляет 70%::

$$\Delta C_{TEX} = \frac{189,57 - 55,04}{189,57} \cdot 100\% = 70\%$$

Для определения величины условно-годовой экономии $Pr_{ож}$ при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = \left(C_{зав}^б - C_{зав}^{пр} \right) \cdot П_{Г} \cdot \quad (31)$$

Расчет выполненный по формуле (31) показывает, что величина ожидаемой прибыли для варианта механизированной сварки в среде защитных газов составляет 105385 рублей:

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = (398,81 - 190,04) \cdot 500 = 105373 \text{ руб.}$$

Для определения срока окупаемости $T_{ок}$ дополнительных капитальных вложений воспользуемся формулой:

$$T_{ок} = \frac{K_{доп}}{\mathcal{E}_{уГ}} \quad (32)$$

Расчет выполненный по формуле (32) показывает, что дополнительные капитальные вложения окупятся в течение примерно 1 года:

$$T_{ок} = \frac{93530}{105385} \approx 1,0 \text{ год}$$

Для определения годового экономического эффекта $\mathcal{E}_г$, при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой::

$$\mathcal{E}_г = \mathcal{E}_{уГ} - E_n \cdot K_{доп} \quad (33)$$

Расчет выполненный по формуле (33) показывает, что величина годового экономического эффекта с учетом компенсации капитальных затрат, определенных в разделе 4.4, составит 73830 рублей.:

$$\text{Эг} = 105373 - 0,33 \cdot 93530 = 73830 \text{ руб.}$$

Применяемая на предприятии технологии сборки и сварки рассматриваемого изделия основана на дуговой сварке штучными электродами. Автоматическая сварка по предлагаемому варианту в под флюсом обладает преимуществами, согласно результатов расчетов обеспечивающих повышение производительности, что было поставлено в качестве цели бакалаврской работы.

Расчеты показали, что внедрение разработанных в бакалаврской работе технических решений позволит снизить величину трудоемкости на 70 %, и, свою очередь увеличить производительность труда на 150 %. Также к положительным сторонам предлагаемых технических решений следует отнести снижение размера технологической себестоимости на 70%.

Размер условно-годовой экономии при внедрении в производство предлагаемых технических решений составит 105385 рублей.

Если предлагаемые технические решения внедрить в производство для изготовления рассматриваемого изделия будет получен экономический эффект, с учетом компенсации капитальных затрат, определенных в разделе 4.4, составит 73830 рублей. Определенные в разделе 4.4 капитальные затраты, необходимые для внедрения предлагаемых технических решений, окупятся в течение 1 года, что меньше, чем нормативный срок окупаемости.

Выполненные в разделе 4 расчеты свидетельствуют о том, что предлагаемый вариант технологического процесса сварки изделия эффективен.

Заключение

В работе была сформулирована цель следующим образом – повышение производительности труда при изготовлении лопаток направляющего аппарата гидротурбины за счет автоматизации процесса.

Чтобы достичь сформулированной цели были решены следующие задачи:

- выбран способ сварки взамен применяемого;
- для выбранного способа сварки подобраны технологические режимы, сварочные материалы;
- разработан технологический процесс, основанный на предлагаемом способе сварки;
- проработана защита производственного персонала и окружающей среды от опасных и вредных факторов;
- обоснованы предложенные решения с точки зрения экономических расчетов.

Анализ способов сварки позволил сделать вывод о необходимости перехода на автоматическую сварку под слоем флюса. Разработан технологический процесс автоматической сварки под слоем флюса, подобраны сварочные материалы.

В результате выполнения четвертой задачи предложен перечень технических и организационных мероприятий для исключения работающих на участке сварки воздействию опасных и вредных факторов.

В результате внедрения проектного варианта технологического процесса изготовления ожидается увеличение производительности труда, снижение себестоимость изделия на 19 %.

Годовой экономический эффект за счет снижения себестоимости изделия составит 73830 рублей.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Алешин, Н.П., Лысак В.И., Лукьянов В.Ф. Современные способы сварки: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. 59 с.
2. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений. М.: Машиностроение. 2006. 368 с.
3. Афромеев А.А. Технология сборки и сварки полипропиленовых труб / А.А. Афромеев // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2015. – 58 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/11599>.
4. Берлине, Ю.И., Балашов Ю.А. Технология химического и нефтяного аппаратостроения. М.: Машиностроение, 1976. 256 с.
5. Васильев В.И., Ильященко Д.П. Разработка этапов технологии при дуговой сварке плавлением: учебное пособие. Томск: Издательство ТПУ, 2008. 96 с.
6. Виноградов В.С. Технологическая подготовка производства сварных конструкций в машиностроении. М.: Машиностроение. 1981. 224с.
7. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учеб. пособие. Л. Н. Горина. Гриф УМО. Тольятти : ТолПИ. 2000. 79 с.
8. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций. М.: Изд. «Зеркало», 1995. 288 с.
9. Гринин А. С., Орехов Н.А. Экологический менеджмент : учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 206 с.
10. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. М.: МЧС России, 1995. 230 с.
11. Егоров А.Г., Уполовникова Г.Н., Живоглядова И.А. Правила оформления выпускных квалификационных работ для бакалавриата и специалитета: учебно-методич. пособие по выполнению дипломного проекта. Тольятти.: ТГУ, 2011. 87 с.

12. Иванов В.П. Технология и оборудование для восстановления деталей машин. Минск: Техноперспектива. 2007. 458 с.
13. Климов А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение». Тольятти: ТГУ, 2014. 52с.
14. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учеб-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008. 77 с.
15. Колганов, Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 512 с.
16. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
17. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания. Тольятти: ТГУ. 2008. 38 с.
18. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти: ТГУ. 2005. 35 с.
19. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста, программам магистратуры: учебно-методическое пособие. Тольятти: ТГУ, 2020. 39 с.
20. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ. - 2-е изд. перераб. М.: Высш. школа, 1986. 208 с.
21. Сварка и резка в промышленном строительстве. Под ред. Малышева Б.Д. - М.: Стройиздат. 1977. 780с.
22. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник. М.: ИНФРА М. 2001. 672 с.
23. Цыганова Е.С. Технология и оборудование для ремонта трубного пучка теплообменника [Электронный ресурс] // Бакалаврская работа.

Тольятти, ТГУ. – 2020. – 64 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13202>
(дата обращения 24.05.2021).

24. Ahlblom B. Oxygen and its Role in Determining Weld Metal Microstructure and Toughness. A State of the Art Review. Reprinted in ASM Handbook. // ASM International. International Institute of Welding. 1984. Vol. 6. Doc. №. IX-1322.

25. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.

26. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.

27. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.

28. Evans G. Microstructure and Properties of Ferritic Steel Welds Containing Ti and B. // Welding Journal. 72 (8). 1996. P. 251-260.

29. Shiliang W., Weiping H., Bogang T. Improving the Toughness of Weld Metal by Adding Rare Earth Elements. // Welding International 3. 1986. P. 284-287.

30. Tsuboi J., Terashima H. Review of strength and toughness of Ti and Ti-B microalloyed deposits (en) Welding in the world. // Le Soudage dans le monde. 1983. Vol 21. Num. 11/12. ref : 33. P. 304-317.