

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

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

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

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Оборудование и технология сварочного производства

(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технологический процесс сборки и сварки лопатки направляющего  
аппарата гидротурбины»

Студент	<u>М. В. Гончаров</u>	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	<u>К. В. Моторин</u>	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	<u>О. М. Сярдова</u>	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>А. Г. Егоров</u>	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>П. А. Корчагин</u>	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Ельцов  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

«      » 20        г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Цель работы – увеличение производительности процесса сварки, продольных швов лопатки направляющего агрегата гидромашины радиальноосевой, за счёт автоматизации процесса. Чтобы достичь поставленной цели выпускной бакалаврской работы, были решены следующие задачи: произведён анализ возможных способов сварки продольных швов лопатки направляющего агрегата гидромашины, выполненных из стали 10X12НД; разработан сборочный кондуктор для сборки-сварки пера направляющего агрегата гидромашины; разработан технологический процесс для проектного варианта; выбраны мероприятия по защите здоровья и жизни производственного персонала; установлены мероприятия по защите окружающей среды, для снижения негативных факторов разработанного технологического процесса; экономически обоснованы предлагаемые технологические решения.

Произведён анализ условий работы лопатки, проанализирована склонность свариваемости металла, из которого изготавливается лопасть. Выполнен анализ базового технологического процесса, в ходе анализа выявлены недостатки базового процесса изготовления, это низкая степень автоматизации процесса сварки продольных швов лопасти. Разработан технологический процесс для автоматизированной сварки под флюсовой оболочкой. Подбранно оборудование для работы автоматизированной сварки под флюсовой оболочкой. Предложены

технические и организационные мероприятия для защиты рабочего персонала на участке сборки-сварки лопатки. Был определён экономический эффект от внедрения проектной технологии. Пояснительная записка содержит 15 рисунков, 13 таблиц. Записка состоит из 66 страниц.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. Анализ исходных данных и известных технических решений	
1.1. Описание и условия эксплуатации лопатки гидротурбины	7
1.2. Анализ свойств материала лопатки гидротурбины	10
1.3. Базовый технологический процесс изготовления лопатки гидротурбины	11
1.4. Выбор способа сварки для изготовления лопатки гидротурбины	16
1.5. Цели бакалаврской работы	23
2. Технологический процесс автоматической сварки под слоем флюса лопатки гидротурбины	
2.1. Выбор режимов сварки лопатки под флюсом	25
2.2. Проектная технология изготовления лопатки гидротурбины	26
3. Оборудование и оснастка	
3.1. Выбор оборудования	31
3.2. Разработка приспособления для сборки и сварки	34
4. Безопасность и экологичность проекта	
4.1. Характеристика участка сборки и сварки	35
4.2. Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	39
4.3. Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков по ходу внедрения проектной технологии	42
4.4. Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого производственного участка	43
4.5. Оценка экологической безопасности разрабатываемого производственного участка	45
4.6. Заключение по разделу	46

5. Экономическая эффективность проектной технологии изготовления изделия	
5.1. Исходные данные для расчётов	48
5.2. Хронометраж рабочих операций	50
5.3. Капитальные вложения в оборудование	52
5.4. Расчёт технологической себестоимости сравниваемых вариантов	55
5.5. Цеховая себестоимость	59
5.6. Заводская себестоимость	59
5.7. Расчёт экономической эффективности проекта	60
5.8. Выводы	61
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	<b>62</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	<b>63</b>

## ВВЕДЕНИЕ

«Открытое акционерное общество – Сызранские тяжёлые машины, специализируется на разработке и производстве тяжёлого промышленного оборудования, в том числе гидротурбинное оборудование гидроэлектростанций. Свое производство ООО «Тяжмаш» начало в годы Второй мировой войны, в августе 1941 года в Сызрань впервые был поставлен эшелон с технологическим оборудованием, с декабря 1941 года начали выпускать оборонную продукцию. За последние двадцать лет, ООО «Тяжмаш» поставила около ста гидротурбин. Поставки велись как внутри страны, так и за рубеж, к примеру, в 1952 году были запущены первые гидротурбины Камской ГЭС, которые дали промышленный ток, в 2007 году был заключен договор с ГЭС «Корумба» (Бразилия) на изготовление двух турбоагрегатов. Нельзя не сказать о крупном контракте заключенным на реконструкцию Усть-Хантайской ГЭС, подразумевающий замену всех семи гидроагрегатов к 2021 году. Также ООО «Тяжмаш» осуществляет поставки более мелкого масштаба проекты, различным заказчикам.

Особое внимание стоит обратить на гидротурбинное оборудование, которые в свою очередь являются уникальными по эксплуатационным характеристикам. Оборудование ООО «Тяжмаш» установлено в таких гидроэлектростанциях как: Белореченская ГЭС, Усть-Хантайская ГЭС, Камская ГЭС и многие другие по России и за рубежом.» [1]

Постоянное внедрение в производство инновационных технологий, новых достижений науки и технических решений, позволяют гидромашинам быть конкурентоспособными с мировыми производителями подобного оборудования. Поэтому внедрение новых технологий в сварочные процессы, является актуальным для данного типа производства.

В настоящее время большинство лопаток изготавливаются при помощи механизированного способа сварки в среде аргона, и применением сварочной проволоки Св-15Х12НМВФБ.

Однако этот способ уступает другим, низкой степенью автоматизации. А также требованиям к квалификации работника.

Не на всех этапах технологического процесса изготовления гидромашины, используют передовые технические решения в области сварки. Сварка лопасти гидротурбины, имеет низкую степень механизации и автоматизации процесса.

Цель данной работы – является повышение производительности, при сварке лопасти гидротурбины за счёт автоматизации процесса.

# **1 Анализ исходных данных и известных технических решений**

## **1.1 Описание и условия эксплуатации лопатки гидротурбины**

Гидротурбина – преобразователь кинетической энергии потока воды в электрическую, путём вращения вала гидрогенератора. Многообразие природных условий работы гидротурбин в природе приводит к тому, что напоры на ГЭС изменяются от нескольких метров до тысячи. Единичная мощность одной гидроустановки достигает 700 (мВт) и выше.

По принципу действия гидротурбины бывают активные и реактивные. Основной рабочий орган турбины является, колесо в котором идёт преобразование энергии. В реактивных турбинах, вода к рабочему колесу подводится с помощью направляющего аппарата, а в активных через сопла.

Направляющий аппарат предназначен для регулировки мощности напора потока воды подаваемого на рабочее колесо. Направляющий аппарат состоит из профилированных лопастей, вдоль продольной оси которых установлены цапфы, для крепления и поворота их в агрегате. Валы направляющих лопастей крепятся внизу фланца рабочего колеса, верхнее крепление осуществляется в крышке направляющего аппарата. Лопастей направляющего аппарат регулируется синхронно при помощи гидравлических приводов. График зависимости мощности гидротурбины от открытия лопастей направляющего аппарата показано на рисунке 1.1. Диапазон открытия лопастей делится на 4 зоны. Зона I проходит в пределах малого открытия лопастей, в таком состоянии турбина работает на малых оборотах, вырабатывая при этом не большое количество электроэнергии. Зона II, агрегат в этой зоне работает не спокойно, эксплуатация не рекомендуется. Зона III имеет широкий диапазон регулировки вырабатываемой мощности 220-320 мВт, при этом отсутствует кавитационный шум. Зона IV имеет высокую кавитацию, эксплуатация гидравлической машины запрещена [2].



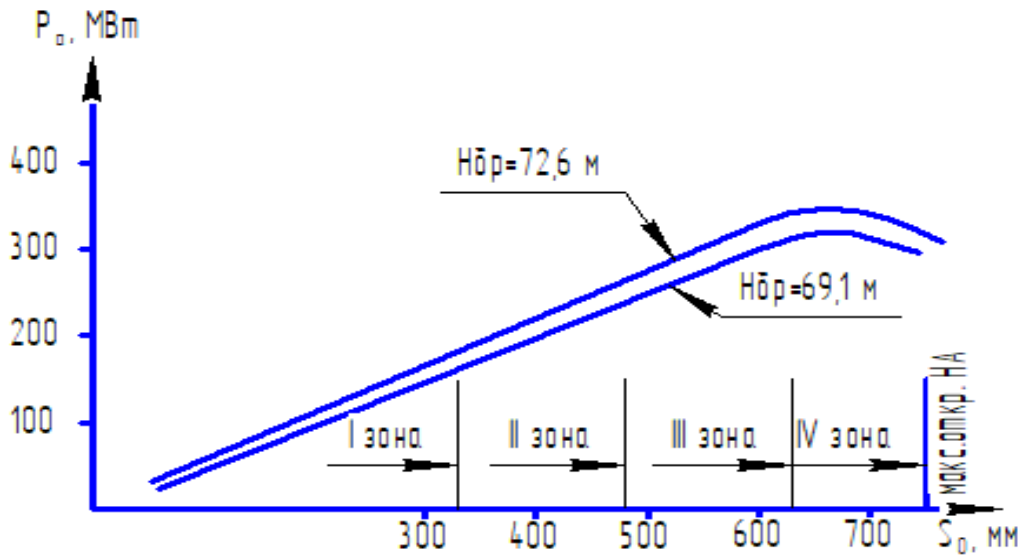
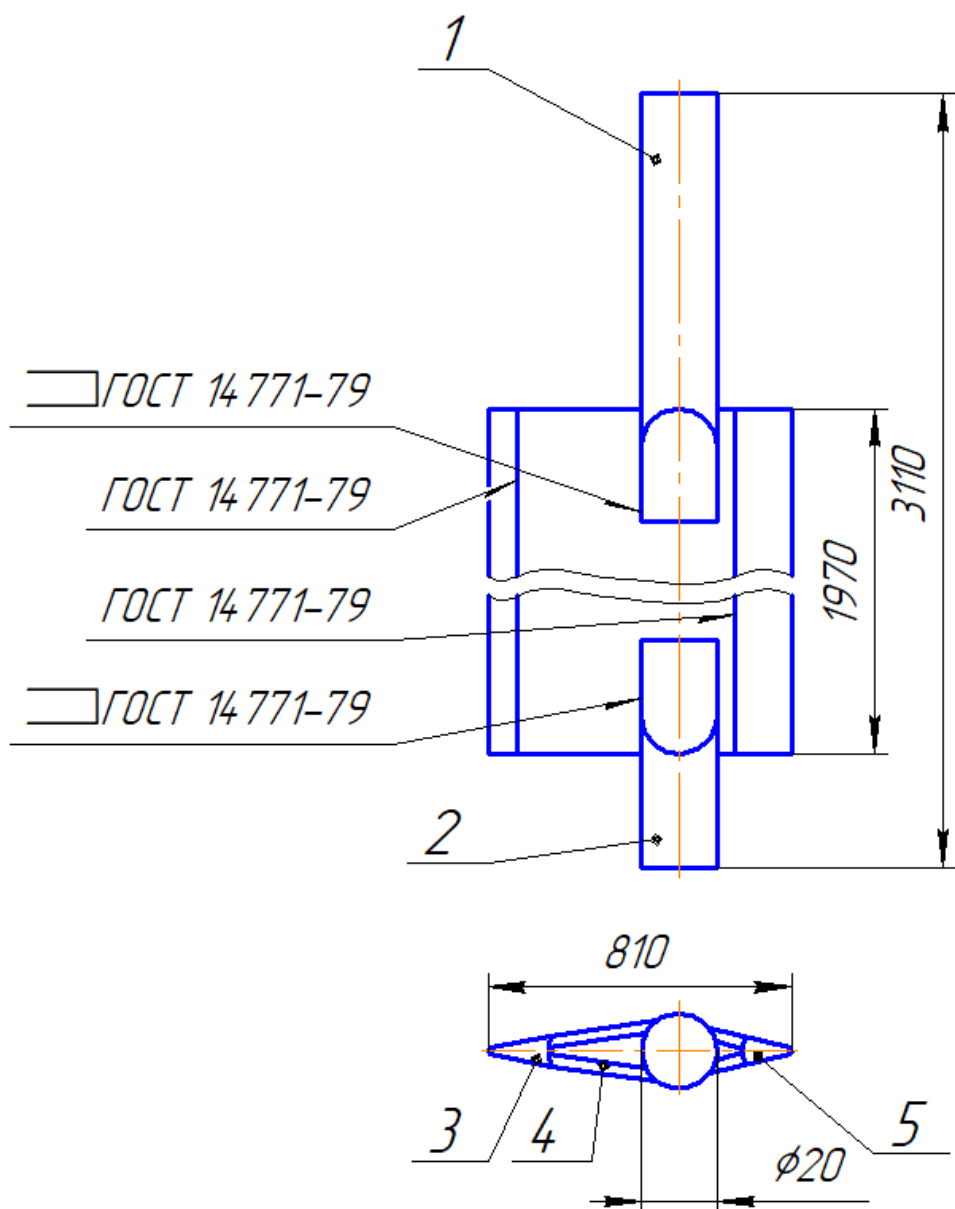


Рисунок 1.1 - График зависимости мощности турбины от открытия лопасти направляющего аппарата

Лопать направляющего аппарата показана на рисунке 1.2. Лопать направляющего механизма состоит из следующих деталей: 1 - цапфа верхняя, 2 - цапфа нижняя, 3 - оголовок, 4 - боковина, 5 - хвостовик. Детали соединяются между собой при помощи сварки, но на турбинах малой мощности лопасти изготавливаются при помощи литья или фрезеровки.



1 – цапфа верхняя; 2 – цапфа нижняя; 3 – оголовок; 4 – боковина;  
5 – хвостовик.

Рисунок 1.2 - Лопатка направляющего аппарата

Эксплуатация лопаток происходит при температурах 0-30°C. Оценка кавитационной эрозии лопаток гидротурбин производится согласно ГОСТ 28446-90, который позволяет подобрать материал отвечающим требованиям [9].

## 1.2 Анализ свойств материала конструкции

Исходя из условий эксплуатации данной конструкции, материал должен обладать кавитационной, эрозионной стойкостью, а также иметь усталостную прочность. Необходимыми свойствами обладают следующие марки сталей: 30X10Г10, 10X18НЗГЗД2Л, 08ХН18Н8, 10X12НД, и др.

Лопатки направляющего агрегата изготовлены из стали марки 10X12НД. Для повышения эксплуатационных свойств изделия, материал целесообразно заменить на сталь марки 30X18НЗГЗД2Л. Данная сталь применяется для изготовления лопаток и сварных кавитационно-стойких деталей рабочей части гидротурбины, работающих при напорах, не превышающих 80 л/ч в сечениях до 300 мм. Сталь аустенитно-ферритного класса. Сталь 30X18НЗГЗД2Л имеет более высокое сопротивление механическому воздействию твёрдых частиц, находящихся в воде, чем сталь 10X12НД.

Свариваемость, обе стали имеют ограниченную. Процесс сварки возможен при предварительном подогреве и дальнейшей термообработке.

Сталь 10X12НД коррозионностойкая и эрозионностойкая в условиях проточной воды, мартенситно-ферритного класса. Процесс сварки данной стали усложняется из-за склонности к хрупкому разрушению в состоянии закалки. При содержании углерода ниже 0,10%, сталь склонна к образованию холодных трещин при сварке из-за высокой степени тетрагональной кристаллической решётки мартенсита. При снижении содержания углерода, повышается вязкость мартенсита, но при этом повышается хрупкость. Поэтому при сварке мартенситных сталей, трещины могут возникать в процессе непрерывного охлаждения при температурах ниже, а также в процессе выдержки нормальной температуры происходит медленное разрушение. В зоне термического влияния, в металле шва и около шовной зоне крупнозернистая структура, которая склонна к образованию трещин больше чем мелкозернистая структура. Проводятся следующие мероприятия

для предупреждения роста зерна: добавление в металл шва титана, применение жёстких режимов сварки с меньшей погонной энергией. Два этих способа по снижению роста зерна, снижают вероятность появления холодных трещин.

Устранение холодных трещин при сварке, достигается при помощи предварительного и последовательного подогрева изделия. При сопутствующем подогреве возникает высокая вероятность резкого охлаждения подогретого изделия, что приведёт к образованию трещин. Термообработка не может производиться отдельно от процесса сварки. Непосредственное охлаждение изделия после сварки до комнатной температуры, приводит к образованию мартенситной структуры. Последующий высокий отпуск приведёт к получению сорбитной структуры. В периодах охлаждения изделия, перед термообработкой при температурах ниже, возникают трещины и внутренние надрывы с выводом на поверхность размером 1-4 мм, с последующим ростом этих трещин в процессе эксплуатации изделия [6].

### **1.3 Базовый технологический процесс изготовления лопатки гидротурбины**

Начальная операция технологического процесса, является входящий контроль заготовок. Хранение заготовок для лопастей должны осуществляться в закрытых помещениях, также допускается хранение под навесом с исключением загрязнения, механического повреждения и контакта с цветными металлами.

Заготовки должны быть промаркированы, для возможности определения марки стали, номера листа и номера плавки.

При осуществлении приёма заготовок, необходимо проверять:

- соответствие стали требованиям стандартов и технических условий, также данным которые указаны в сертификате;

- соответствие данных, указанных в сертификате маркировке проката;
- соответствие поверхности проката требованиям стандартов и технических условий.

В случае отсутствия комплекта сопроводительной документации, завод изготовитель должен провести лабораторные испытания для подтверждения требуемых свойств, марки стали и характеристик.

Сварочные расходные материалы должны храниться в сухих, проветриваемых помещениях, при комнатной температуре.

Все сварочные материалы должны быть с комплектом сопроводительной документации. При отсутствии комплекта документов, сварочные материалы необходимо проверить на склонность к межкристаллитной эрозии в соответствии с ГОСТ – 6032-75.

Сварочные материалы, используемые для сварки изделий работающих при температурах  $\geq 350^{\circ}\text{C}$ , при отсутствии официального документа соответствия, должны проверяться на содержание феррита в металле шва. Сварочная проволока должна соответствовать ГОСТ 2246-70.

«Каждая партия сварочной проволоки должна иметь комплект сопроводительной документации, где содержаться следующие данные:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- условное обозначение проволоки;
- номер плавки и партии;
- состояние поверхности проволоки;
- химический состав в процентах;
- содержание ферритной фазы в пробе, в процентах;
- результаты испытаний на растяжение;
- массу проволоки нетто в килограммах.

Каждый моток (бухта, катушка) проволоки, диаметром 0,5 мм и менее должен быть обернут слоем бумаги и упакован в плотный деревянный ящик по ГОСТ 18617-73 или другую тару (металлическую, картонную, пластмассовую), по нормативно-технической документации.

Каждый моток (бухта, катушка) проволоки диаметром свыше 0,5 мм должен быть обернут слоем бумаги, затем слоем полимерной плёнки, нетканых материалов или ткани из химических волокон» [5].

Организация хранения, подготовки и контроль сварочных материалов осуществляется в соответствии с РТМ 26-304-78 «Организация хранения, подготовки и контроля сварочных материалов» [5].

При нахождении нарушений хранения сварочных материалов, производят выборочную проверку на соответствие их требуемым свойствам.

Следующий этап технологического процесса является заготовительные операции. К ним относятся: правка заготовок, гидроабразивная резка листа с необходимыми отверстиями, формирование кромок и гибка заготовки.

Перед операцией резки, необходимо выполнить операцию правки. Правка производится пластической деформацией в холодном состоянии. Выполняется данная операция многократным прокатом между двумя рядами валиков на гибочных вальцах. Скорость прокатки составляет 5-7 (см/сек). Контроль операции осуществляется жёсткой металлической поверочной линейкой. Проверяется волнистость заготовки, которая не должна превышать 3 (мм) на 1 погонный метр. Также проверяют прогиб, величина которого не должна превышать 1 (мм) на 1 (м) погонный.

Резка стали марки 10Х12НД осуществляется механическим способом, чтобы избежать термического воздействия на заготовку.

После выполнения операции рассечки, необходимо проверить:

- геометрические параметры, качество подготовки кромок и их соответствие необходимым параметрам;
- качество поверхности заготовки;
- толщину листов на соответствие допускам.

Контроль всех выше перечисленных параметров, производят при помощи лазерного 3D сканирования. Используя оборудование компании Creaform, лазерный 3D-сканер MetraSCAN. Лазерное 3D-сканирование перспективный метод контроля качества геометрии крупногабаритных

деталей в условиях промышленного производства. Данный метод находит всё большее применение в авиационной, машиностроительной и нефтегазовой отраслях.

Перед выполнением сборки необходимо обезжирить поверхности детали.

Сборка деталей лопатки осуществляется в специальном кондукторе. После установки деталей на кондукторе, проверяют не стыковку кромок, которая не должна превышать 1 (мм) на сторону. Проверяют зазор специальным щупом, после чего устанавливают щуп для выдержки нужного зазора.

К операции сварки можно приступать только после оценки качества отделом технического контроля правильности сборки лопатки.

Следующая операция прихватки. Осуществляются механизированным способом сварки в среде защитного газа аргон. Специалист по сварке металлов, выполняющий операцию, должен следить за равномерностью прихваточных швов, по периметру стыка. Расстояние между прихватками должно составлять 0,15-0,20 (м). Длина шва прихватки 1 (см). Режим сварки:  $U_d = 20 - 25$  В, (м/час). Применяемый защитный газ, аргон. Источник питания УДГУ-351АС/DC, полуавтомат ПДГ-302. Сварочная проволока Св-15х12НМВФБ, диаметр 1,2 (мм). После выполнения прихваток, необходимо произвести визуальный контроль сварных швов. При осмотре руководствуются теми же требованиями, которые предъявляются к основному сварочному шву.

При обнаружении недопустимых дефектов в прихватках, их следует удалить, применяя механическую обработку.

После выполнения операции прихватки, выполняется сварка технологических планок.

Затем производят сварку основного шва. Зажигание дуги производится строго на технологических планках. Режимы сварки необходимо соблюдать следующие:  $U_d = 20 - 25$  В, (м/час). Скорость подачи сварочной

проволоки 220-250 см/мин. Используемый защитный газ – аргон. Источник питания УДГУ-351АС/DC, полуавтомат ПДГ-302. Сварочная проволока сплошного сечения Св-15х12НМВФБ, диаметр 1,2 (мм). При завершении процесса сварки, дугу сварочной ванны следует выводить на технологические планки. По окончанию сварочных процессов, изделие поворачивают на 180°. Производят сварку шва недоступного в исходном положении, согласно требованиям, описанными выше. Не меняя режимы сварки.

После всех сварочных процессов, швы и прилегающую область металла необходимо зачистить механическим способом. Очистку производят шириной 2 (см) по обе стороны от центра шва. Очищают от шлака, брызг расплавленного металла и окалины.

Очищенные лопасти отправляют на контроль. Визуальный контроль сварных соединений осуществляется в присутствии бригадиров сварочно-монтажных бригад, инженерно-технический работников, работников контроля качества. Используя при этом необходимый измерительный инструмент.

Визуальный контроль производят для выявления следующих дефектов сварочных швов:

- Термические трещины, заходящие на поверхности основного металла в зоне сварочного шва. Трещины на поверхности наплавленного металла шва.
- Наплывы и подрезы в зоне перехода основного металла к металлу шва.
- Дефекты следующего типа – прожоги, кратеры, грубая чешуйчатость.
- Нарушение геометрии шва, отклонение от оси, колебание ширины и высоты сварочного шва.

К внешнему виду сварочных швов предъявляют следующие требования:

- стандартная форма и размеры сварочного шва;



- мелкая чешуйчатость поверхности сварного шва;
- не допускается наличие пористости, свищей, кратеров, прожоги, наплывов в местах перехода сварного шва к основному металлу. Переходы к основному металлу должны быть плавными.

В случае выявления недопустимых дефектов при визуальном осмотре, следует произвести вырезку или ремонт дефектного сварного соединения. При обнаружении больших наплывов, их необходимо подрубить и зачистить наждачным кругом до требуемого вида.

Радиографический контроль сварных соединений, осуществляют после устранения дефектов, обнаруженных при визуальном контроле. Оценка качества сварных соединений при радиографическом контроле, осуществляется по 5-ти бальной системе. Величина суммарного балла качества получается путём сложения наибольших баллов, которые были получены при отдельной оценке качества сварных соединений по группам дефектов. Первая группа дефектов включает в себя плоскостные дефекты (трещины, не сплавления, не провары). Вторая группа дефектов включает в себя объёмные дефекты (поры, шлаковые включения). Сварные соединения, в которых были обнаружены выше перечисленные неисправности, необходимо исправлять и подвергать повторной проверке. Сварные соединения, получившие суммарный балл 4, исправлять не следует, но необходимо провести повторную проверку сварных соединений.

При радиографическом контроле сварного шва, источник излучения следует располагать под углом относительно оси сварного шва, для избегания наложений изображений швов друг на друга [4].

#### **1.4 Выбор способа сварки лопатки направляющего аппарата гидротурбины**

При учёте свойств материала из которого готовится лопатка направляющего аппарата, программу выпуска, а также геометрические характеристики, экономически не целесообразно оценивать электронно-лучевую сварку, лазерную и другие специфические способы сварки. Данные способы сварки требуют больших затрат в оборудование. Также эти способы требуют высокой квалификации обслуживающего и рабочего персонала. Эти способы применяются при изготовлении уникальных изделий, с применением специальных материалов.

Один из самых распространённых способов сварки, является ручная дуговая сварка, штучными электродами. Основные преимущества, это мобильность, дешевизна и простота оборудования. Возможность сваривание легированных сталей, также сварку можно производить во всех пространственных положениях. К недостаткам такого способа сварки является его низкая степень механизации и автоматизации сварочного процесса, зависимость качества сварного соединения от квалификации сварщика, высокий расход электродов из-за не полного сгорания электрода в держателе. Зажигание дуги происходит при прикосновении электрода о поверхность свариваемого металла, поддержание длины во время процесса, перемещение электрода вдоль оси шва, совершая при этом колебательные движения, поддержание горения дуги по мере расплавления электрода. Все выше перечисленные процессы осуществляются специалистом сварочного производства вручную. Также к недостаткам относится, что ручная дуговая сварка работает при относительно не большой силе сварочного тока. Это не позволяет обеспечить высокую производительность процесса. Схема работы ручной дуговой сварки штучными электродами показан на рисунке 1.3.

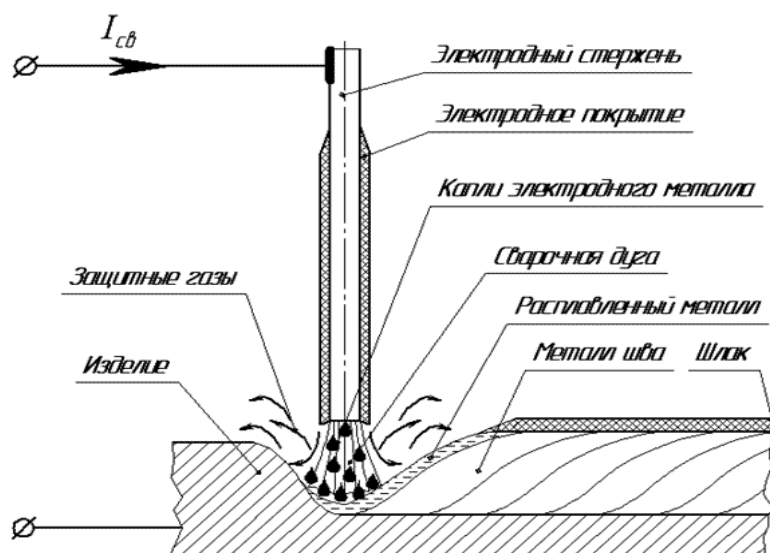


Рисунок 1.3 – Схема ручной дуговой сварки

Так же часто применяемый способ сварки, это сварка в среде защитных газов. Схема работы сварки в среде защитных газов показан на рисунке 1.4. Это общее понятие способа, отличительная особенность которого является то, что сварочная дуга горит в факеле защитного газа. При сварке таким способом происходит вытеснение атмосферного воздуха, для исключения воздействия на расплавленный металл воздуха. Сила сварочного тока при таком способе достаточно высока. Что позволяет повысить производительность сварочного процесса. По сравнению с ручной дуговой сваркой.

Сварку в среде защитных газов можно классифицировать по следующим параметрам: типу защитных газов, типу электрода, способу создания защитной газовой среды, степени механизации процесса, по виду тока (переменный, постоянный).

«Для подбора газа для защитной среды учитывают такие параметры как: химический состав свариваемого металла, толщина кромок, тип присадки, требование к сварочному шву. Используют при такой сварке инертные и активные газы, а также их смеси. Инертные газы позволяют защитить зону сварки от активных включений, часто используются при сварке химически активных металлов, так как эти газы практически не

растворяются в расплавленном металле. Инертные газы не поддерживают горение. Активные газы защищают зону сварки от воздуха, но при этом растворяются в расплавленном металле либо вступают с ним химическое взаимодействие. Смесь активных и инертных газов позволяют повысить в определённых случаях стабильность горения дуги, увеличить плотность сварочного металла, улучшить внешний вид шва, повысить производительность процесса сварки, снизить разбрызгивание расплавленного металла при сварке плавлением открытой дугой» [3].

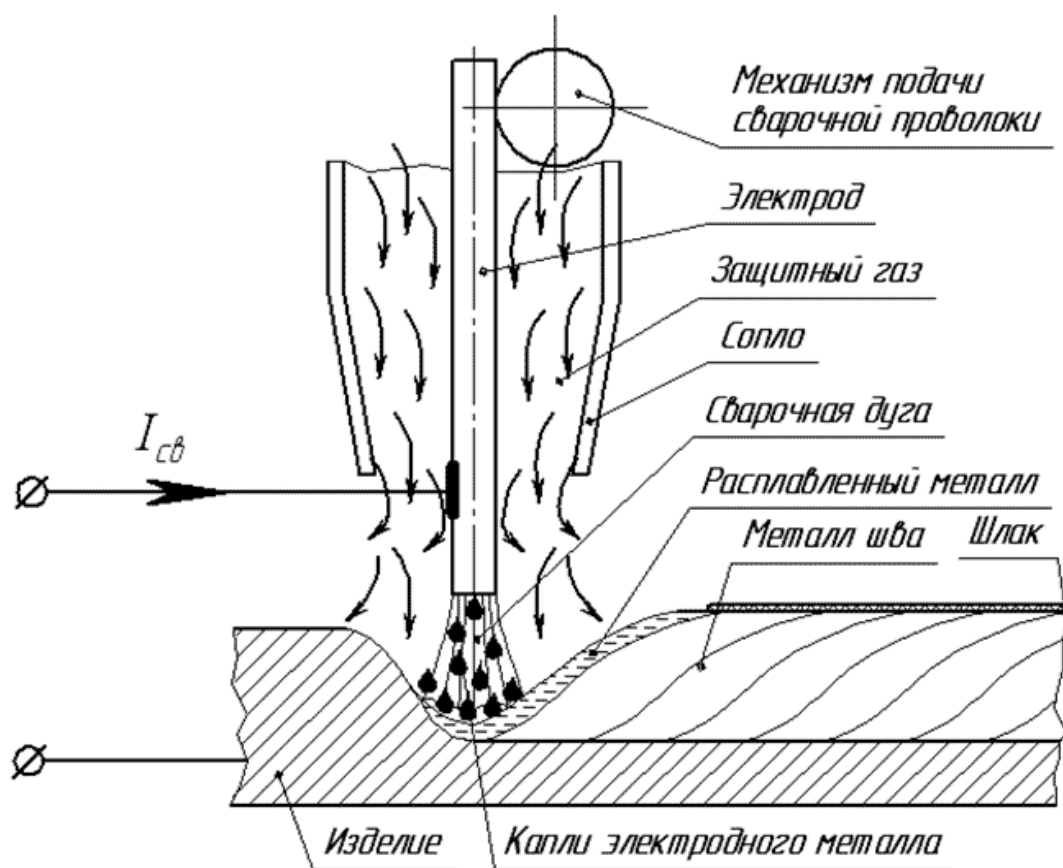


Рисунок 1.4 – Схема сварочного процесса в среде защитных газов

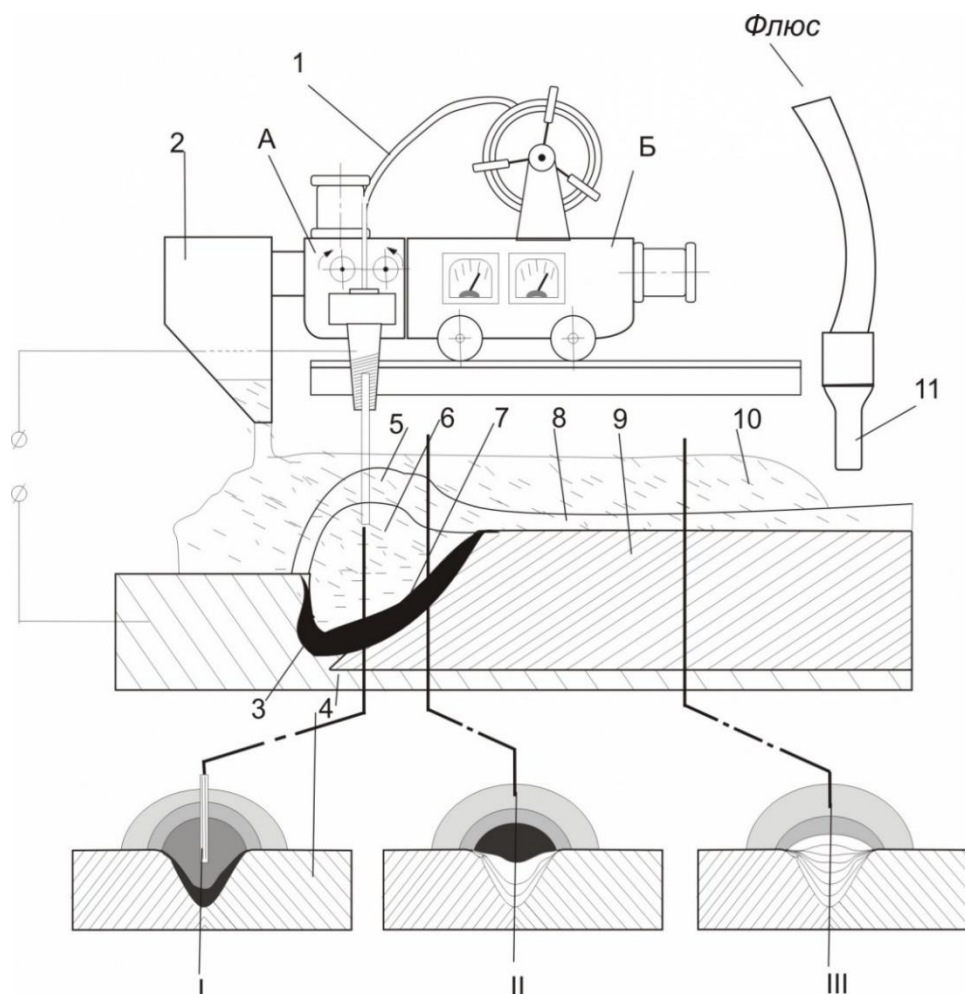
Один из часто используемых способов сварки в машиностроение, это сварка под слоем флюса. В сравнение со сваркой в защитных газах, сварка под флюсом имеет более высокую производительность процесса. Коэффициент потери электродного металла на угар и разбрызгивание, сведён практически к минимуму (0,5-3%). Сварка ведётся закрытой дугой, отпадает

необходимость средств защиты от ультрафиолетового излучения, а также брызг расплавленного металла.

Сварка под флюсом этот же процесс сварочный процесс с применением неплавящихся электродов и присадочной проволоки. Только для защиты зоны сварки за место газа используют флюс, засыпая его поверх стыка двух металлических заготовок. Флюс — это металлический порошкообразный материал. При достижении высокой температуры, флюс начинает плавиться, выделяя защитный газ. Образуя при этом плёнку поверх зоны сваривания, защищая тем самым зону сварки от воздействия окружающей среды. Сгоревший флюс превращается в шлак, который легко удаляется с поверхности сварочного шва механическим способом. Не сгоревший флюс возможно использовать снова. Принцип работы сварки под слоем флюса показан на рисунке 1.5. Так как газы и неметаллические загрязнения переходят в шлак, происходит рафинирование металла. Также происходит увеличение давления в зоне плавления из-за облегания дуги шлаком, что способствует увеличению проплавления способностью и КПД сварочной дуги [7].

«При сварке под слоем флюсом применяется электродная проволока 1 (рис. 1.5) большой длины, свернутая на катушку или в бухту. Ее подача в зону дуги по мере плавления, а также перемещение вдоль свариваемых кромок механизированы и осуществляются сварочным автоматом, имеющим специальные устройства – бункер 2 для внесения в зону сварки флюса и отсоса 11 не расплавившейся его части 10 со шва для возврата в бункер. Перед началом процесса засыпают флюс вдоль свариваемых кромок деталей крепежа в виде валика толщиной 50–60 (мм). Возникающая при включении автомата дуга 3 горит между концом электрода и изделием. Под действием тепла дуги плавятся электродная проволока 1, основной металл 4 и часть флюса 5. Дуга горит в закрытой полости 6 (газовом пузыре), ограниченной в верхней части оболочкой шлака, а в нижней – сварочной ванной 7. По мере поступательного движения электрода происходит затвердевание

металлической и шлаковой ванн с образованием сварного шва 9, закрытого твердой шлаковой коркой 8» [5].



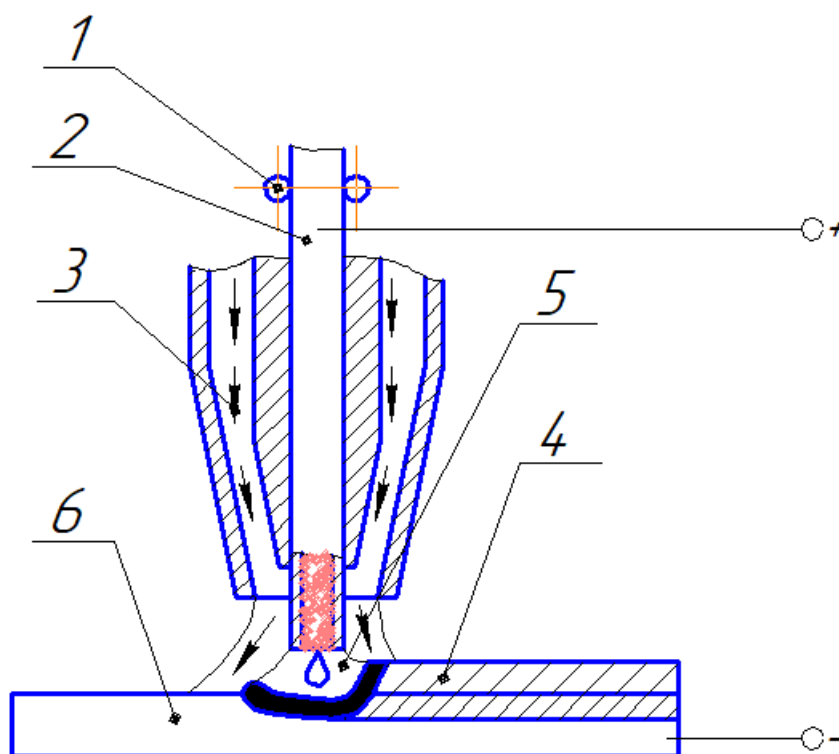
А – сварочная головка, Б – механизм перемещения; I, II, III – поперечные сечения в различных зонах шва

Рисунок - 1.5 Схема сварки под флюсом

Сварка порошковой проволокой в среде защитных, так же распространённый способ получения сварных соединений в машиностроении. Технологический процесс при таком способе, может быть механизированный и автоматизированный. Порошковая проволока состоит из металлической оболочки, внутри которой «набит» металлический порошок и флюс. Толщина стенки проволоки составляет 0,9-1,5 (мм). Основной принцип использование таких сварочных материалов, основан на испарении флюсов присадок и образования в процессе их горения защитного

газа. Который предохраняет зону сварки от кислорода. Защитного газа, образовавшегося после разложения флюса бывает часто недостаточно, для защиты сварного шва. Поэтому газ подаётся из вне для дополнительной защиты. Применяют инертный газ аргон. В действительности, сварка порошковой проволокой, это одна особая разновидность способов сварки в среде защитных газов. Состав флюса разрабатывается исходя из химического состава свариваемого металла. Основная функция флюса — это очистка металла шва от вредных газов, таких как кислород и азот, отрицательно влияющие на механические свойства шва. Для снижения содержания кислорода и азота, во флюс проволоки добавляют кремний и марганец, которые являются раскислителями и повышают механические свойства шва. Для снижения воздействие кислорода на металл шва при кристаллизации, добавляют такие элементы как натрий, кальций и калий. Так же калий и натрий способствует получению более стабильного горения дуги и снижают разбрызгивание.

В индустриальное время сварка порошковой проволокой применяется там, где раньше применяли сварку покрытыми электродами, в кораблестроении и тяжёлом машиностроении. Применительно к толщинам от 1,5 (мм), низколегированных, коррозионностойких, жаростойких и нержавеющей сталей. Схема сварки порошковой проволокой в среде защитных газов, показана на рисунке 1.6.



1 – механизм подачи проволоки; 2 – порошковая проволока; 3 – защитный газ; 4 – затвердевающий шлак; 5 – сварочная дуга; 6 – свариваемый металл.

Рисунок 1.6 – Схема сварки порошковой проволокой в среде защитных газов

### 1.5 Задачи бакалаврской работы

Проведя анализ базовой технологии изготовления лопаток направляющего аппарата гидротурбины, выяснилось, что прямолинейные швы длиной 1971 (мм), соединяющие боковины и оголовок, боковины и хвостовик, свариваются механизированным способом сварки в среде защитных газов. Способ не автоматизирован.

Чтобы повысить автоматизацию процесса сварки лопатки направляющего аппарата гидротурбины, прямолинейные швы соединяющие боковины и оголовок, в проектном варианте предлагается сваривать автоматической сваркой под слоем флюсом.



Сварка рёбер жёстки, цапф, оголовка и хвостовика производится механизированным способом сварки, проволокой сплошного сечения, в среде аргона.

Для достижения поставленных целей, необходимо решить следующие задачи:

- подобрать режимы автоматической сварки под слоем флюса;
- разработать технологический процесс, для автоматизированной сварки под флюсовой оболочкой лопасти гидромашины;
- выбрать сварочное и вспомогательное оборудование.

## 2 Технологический процесс автоматической сварки под слоем флюса лопатки гидротурбины

### 2.1 Подбор режимов для сварки лопатки под слоем флюса

Основными характеристиками автоматической сварки под флюсовой оболочкой, являются: 1) Сила сварочного тока; 2) Напряжение на дуге  $U_d$ ; 3) Диаметр сечения сварочной проволоки; 4) Скорость подачи сварочной проволоки в зону сварки; 5) Скорость сварочного процесса; 6) Полярность и тип сварочного тока (постоянный, переменный); 7) Вылет электродной проволоки ( $\delta$ ); 8) Порядковый номер сварочного шва.

Для обеспечения необходимого качества сварочного соединения, применяют близкие по химическому составу сварочные материалы, а также физико-механические свойства близкие к основному металлу.

Стали марки 10X12НД, толщиной 10 (мм), рекомендуется применять сварочную проволоку марки Св – 15X12НМВФБ. В таблице 2.1, приведён химический состав проволоки.

Таблица 2.1 – Химический состав проволоки Св – 15X12НМВФБ

С	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P
<0,08	0,04-1,0	1,0-2,0	18,0-20,0	8,0-10,0	0,5-1,0	<0,015	<0,030

«Для сварки стали 10X12НД, толщиной 10 (мм), рекомендуются следующие параметры режимов сварки:

- сила сварочного тока  $I_{св}$  660 – 710 (А);
- напряжение на дуге
- диаметр сечения сварочной проволоки 4 (мм);
- скорость подачи сварочной проволоки
- скорость сварочного процесса» [11]

Перед применением флюса в сварочном процессе, его следует прокалить. Марка применяемого флюса АНФ5. Температура прокаливания составляет 300-400 ( $^{\circ}C$ ), время прокаливания 1-1,5 (ч). После прокаливания флюса, его

необходимо хранить в сухом помещении и использовать его в течении 15 дней. Если флюс не был использован в течении указанного срока, его необходимо снова прокалить. Прокалку флюса можно производить многократно. Флюс производят путём сплавления флюоритового материала и фтористого натрия в электрических или пламенных печах. Далее полученный сплав дробят в порошок, до необходимой грануляции. Флюс АНФ5 не имеет кислородных соединений, что является его особенностью [8].

## 2.2 Проектная технология изготовления лопатки гидротурбины

Технология сварки рёбер жёсткости и прихватка боковин лопатки, остаётся, как и в базовом техпроцессе. Манипуляцию крупногабаритных деталей, выполнять при помощи кран-балки грузоподъёмностью 5 (Т). Сборку лопасти направляющего агрегата гидромашин, выполнить на сборочной плите, обеспечивая жёсткую фиксацию Г-образными струбцинами и подкладными ложементами. Далее произвести контрольные замеры при помощи рулетки, угломера и слесарной линейкой перед сваркой. Размеры должны соответствовать размерам показанных на рисунке 2.1. Угловые размеры, точное расположение рёбер жесткости, указаны на основном чертеже лопатки направляющего аппарата гидротурбины.

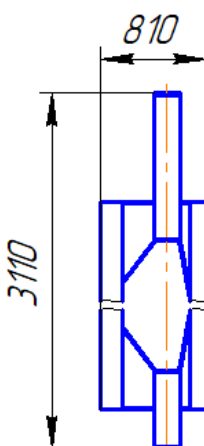


Рисунок 2.1 – Размеры для контроля сборки

Прихватки и сварку указанные на рисунке 2.2, выполнить механизированной сваркой с подачей проволоки сплошного сечения в среде защитного газа аргон на следующих режимах:  $U_d$  20 – 25 (В);. Сварка рёбер жёсткости производится без предварительного подогрева, из-за малой длины швов. После выполнения операции сварки основания лопастей, оголовков и цапф выполнить очистку лопатки от брызг и окалины, используя долото и молоток.

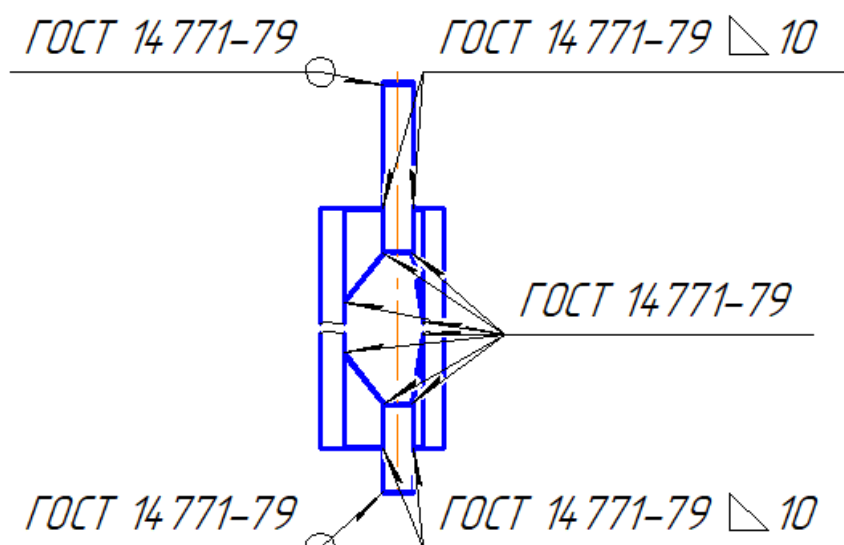


Рисунок 2.2 – Расположение швов

После выполнения сварки и очистки, основание лопатки переместить на контрольный стенд при помощи кран-балки. Выполнить лазерное 3D сканирование, на выявление геометрических отклонений. Сканирование произвести при помощи сканера MetraSCAN, показанного на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Лазерный 3D-сканер MetraSCAN

После контроля геометрических параметров, основание лопатки и боковины, подготовленные для сварки автоматической сваркой под слоем флюса, помещают в печь для предварительного подогрева. Прогрев происходит плавно, регулируется при помощи 4-х канального программного терморегулятора «Термодат 17Е7». Подогрев выполняется в печи КЭП 3/1250ПВПм. Температура подогрева составляет 300 (С°). При достижении заданной температуры, лопатку и боковины устанавливают на стенд для сборки-сварки при помощи кран-балки. При установке лопатки на стенд, следует обеспечивая параллельность сварочного шва к линии движения сварочной головки. Соблюдая зазоры между свариваемыми деталями. Далее производят фиксацию свариваемых деталей пневматическими прижимами.

Подводят колонну с установленной на ней сварочной головки типа АБС, выставляют в заданное положение. Включают подачу флюса, зажигают сварочную дугу, производится процесс сварки на следующих режимах:  $I_{св} 190 - 210 \text{ А}$  ;  $U_{д} 20 - 25 \text{ (В)}$ ;  $V_{св} 10 - 15 \left(\frac{\text{М}}{\text{час}}\right)$ ;  $Q_{зг} 10 - 12 \left(\frac{\text{Л}}{\text{мин}}\right)$ . Завершают процесс сварки, после выходы сварочной головки на технологическую планку. После завершения сварочного процесса, головку

поднимают и поворачивают изделие на  $180^\circ$ , для сваривание следующего шва. Швы, выполняемые автоматической сваркой под слоем флюса, показаны на рисунке 2.4.

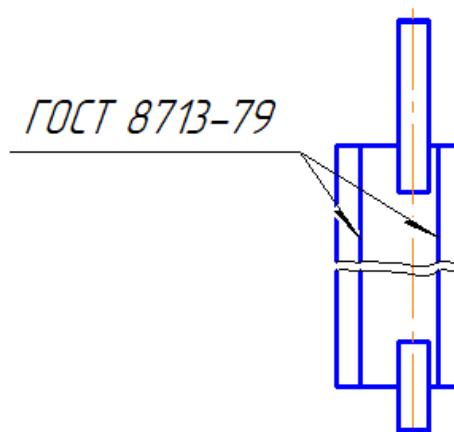


Рисунок 2.4 – Швы, выполняемые автоматической сваркой под слоем флюса

Далее следует произвести визуальный осмотр сварочных швов, на выявление дефектов. При обнаружении которых, их следует устранить при помощи УШМ, долото и молотка. Устранение дефектов производить только после полного остывания лопатки. После устранения всех дефектов, лопатку перемещают при помощи кран-балки, на контрольный стенд для радиографического контроля.

Радиографический контроль сварочных швов, произвести при помощи комплекса цифровой радиологии КАРАТ КР-35СР, показанный на рисунке 2.5.



## Рисунок 2.5 – Комплекс цифровой радиографии

Сварка цапф и контроль сварного соединения остаётся как в базовом варианте, радиографический. Контроль геометрических параметров производят при помощи лазерного 3D – сканера MetraSCAN.

## 3 Оборудование и оснастка

### 3.1 Выбор оборудования

Гидроабразивный способ резки считается холодным, так как материал не нагревается в зоне реза. Процесс резки производится на станке портального типа DARDI серии DWJ30-BB, модель 3020. Технические характеристики данной модели приведены ниже в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики станка гидроабразивной резки портального типа DARDI серии DWJ30-BB, модель 3020.

Модель	3020	
Размеры стола	3170*2130 мм	
Перемещение по осям	X	3000 мм
	Y	2000 мм
	Z	210 мм
Тип привода	Сервопривода переменного тока (Japan YASAKAWA)	
Точность позиционирования	0,1 мм	
Точность повторения	0,025 мм	
Скорость перемещения	0-15 м/мин	
Электропитание	220/380/415 VAC, 50-60 HZ	
Система ЧПУ	FAGOR 8035/8040	

Система ЧПУ позволяет управлять всеми процессами резки в автоматическом режиме. Также имеется система поддержки постоянного зазора в виде контактного механизма, проходящего по листу, который поддерживает оптимальное расстояние между поверхностью обработки и фокусирующей трубкой. Это улучшает качество и точность резки и не позволяет трубке и поверхности столкнуться. Режущая голова перемещается в двух плоскостях, что позволяет выполнять такие операции как:

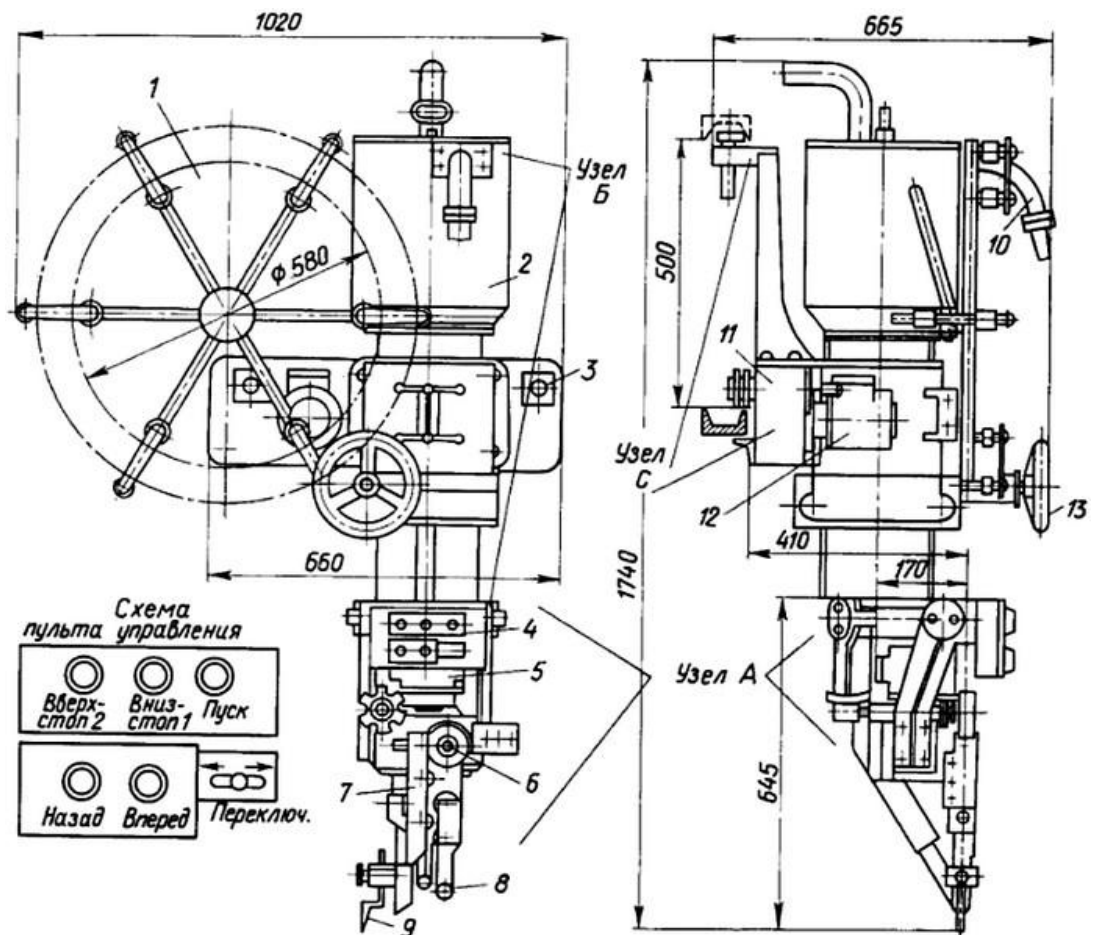


обрабатывать фаски, работать с кривыми поверхностями. Шероховатость поверхности реза  $R_a$  – 1,6 – 6,3 мкм, что позволяет исключить последующую механическую обработку кромок.

На предприятии имеется участок автоматизированной сварки под флюсовой оболочкой, для сварки круговых швов. На участке имеется механизм вращения, сварочная колонна, перемещающаяся по направляющим. На колонне установлена сварочная головка типа АБС, рисунок 3.1. Также имеется источник питания для сварочной дуги, сварочный выпрямитель Kjellberg 802, рисунок 3.2.

Сварочная головка АБС является самоходной. Обеспечивает подачу токоведущей электродной, флюса в зону сварки. А также перемещение сварочной дуги вдоль оси шва. Эти процессы происходят автоматически, после запуска цикла сварки. Происходит это при помощи блока управления, расположенной в пульте управления сварочной головки.

Подача сварочной проволоки из кассетного механизма в зону сварки, по токоподводящей горелке, происходит при помощи электродвигателя. Из бункера сварочной головки, через флюсоподвод, подаётся защитный флюс.



1 – электродная проволока; 2 – флюса аппарат; 3 – фрикционное устройство; 4 – пульт управления; 5 – электродвигатель; 6 – механизм подачи проволоки; 7 – правильный механизм; 8 – токоподводящий мундштук; 9 – корректировочный механизм; 10 – отсос флюса; 11 – самоходная тележка; 12 – электродвигатель самоходной тележки; 13 – подъёмный механизм

Рисунок 3.1 – Сварочная головка типа АБС



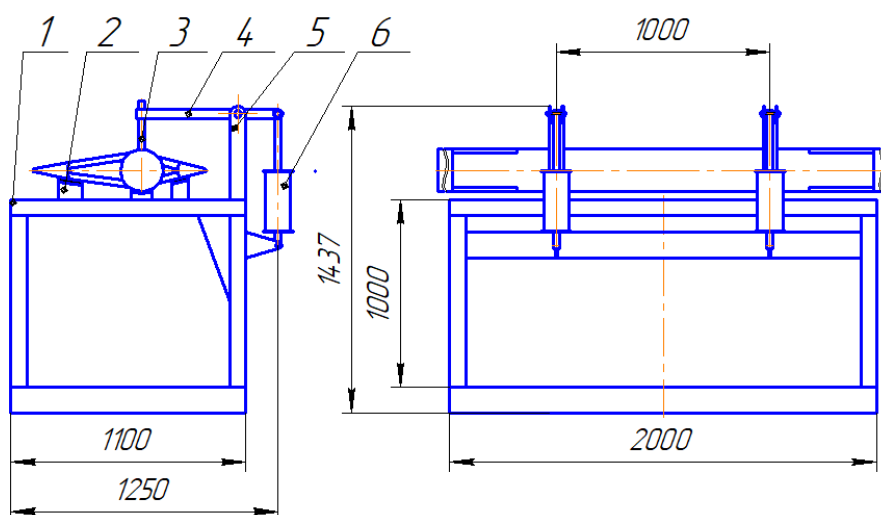
Рисунок 3.2 – Сварочный выпрямитель Kjellberg 802

### 3.2 Разработка приспособления для сборки и сварки

Для сварки продольных швов лопастей гидромашины, функция вращающего механизма не нужна. Поэтому её отключают.

Сборку-сварку лопасти, используем специальный стенд с двумя вертикальными пневматическими прижимами. Стенд представляет собой стол, длина которого составляет 2000 (мм), а ширина 1000 (мм). Стол для сборки устанавливаем между роликами вращающего механизма. При этом должна быть соблюдена параллельность стола к направляющим рельсам сварочной головки. Отклонения не должны превышать 3 (мм).

Чтобы обеспечить жёсткую фиксацию лопатки на стенде, установлены ложементы, повторяющую геометрию лопатки. Общий вид стенда представлен на рисунке 3.3.



1 – рама; 2 – ложементы; 3 – шпилька прижимная; 4 – рычаг;  
5 – стойка; 6 – пневмоцилиндр.

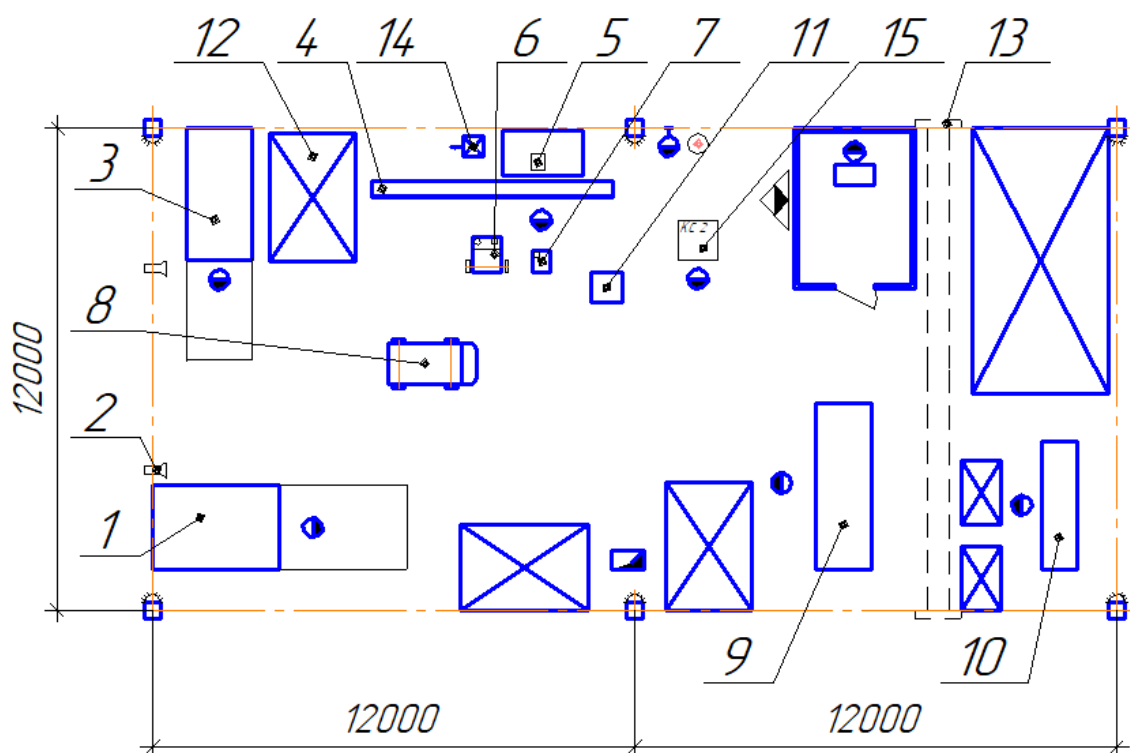
Рисунок 3.3 – Общий вид стенда для сборки-сварки

Основание стенда для сборки-сварки выполнено из швеллера №12. Расход швеллера исходя из геометрических размеров, составляет 6 (м). Стол и опоры столы изготовлены из уголка №17, расход 10,2 (м). Для крепления пневмоцилиндров а также изготовления стойки, используется листовая сталь, толщиной 6 (мм), расход 530 (мм<sup>2</sup>).

## 4 Безопасность и экологичность проекта

### 4.1 Характеристика участка сварки

Схема участка для сборки-сварки лопасти направляющего агрегата гидромашины, продемонстрирован на рисунке 4.1. Спецификация оборудования и инструмента, представлена в таблице 4.1.



1 – гидроабразивная резка листового металла; 2 – приточная вентиляция; 3 – печь с выкатным подом; 4 – рельсовый путь сварочной головки типа АБС; 5 – сварочная головка типа АБС; 6 – сварочный выпрямитель; 7 – установка для дуговой сварки; 8 – тележка; 9 – четырёх вальковые гидравлические вальцы; 10 - токарный станок; 11 – электропечь; 12 – место складирования; 13 – кран-балка; 14 – вентиляционный отсос; 15 – контрольный стенд.

Рисунок 1.4 – Схема участка для сборки-сварки лопасти направляющего аппарата гидротурбины

Таблица 4.1 – Спецификация оборудования, инструментов для участка сборки-сварки

Наименование оборудования, инструмента	Операции, выполняемые на данном оборудовании, инструменте
Гидроабразивная резка листового металла, порталного типа DARDI серии DWJ30-BB	Раскрой листового металла
Приточная вентиляция	Обеспечение воздухообмена в помещении
Печь с выкатным подом, КЭП 3/1250ПВПм	Термообработка металла
Рельсовый путь сварочной головки АБС	Перемещение сварочной головки типа АБС
Сварочная головка типа АБС	Автоматическая сварка под слоем флюса
Сварочный выпрямитель, Kjellberg 802	Источник питания для автоматической сварки под слоем флюса
Установка для дуговой сварки универсальная, УДГУ – 351 АС/С УХЛ4	Прихватки, сварка цапф и рёбер жёсткости
Тележка	Перемещение мелкогабаритных и легковесных деталей по участку
Четырёх валковые гидравлические вальцы, Vendmask CY4R – HSS 230-20/13	Придание требуемого профиля лопатке
Токарный станок, 16К20	Операция точение цапф
Электропечь, ЭПС - 400	Прокалка и сушка флюса
Место складирования	Промежуточное хранение
Кран-балка	Выполнение операций перемещения изделий
Вентиляционный отсос	Вытяжка воздуха над участком сварки
Контрольный стенд	Выполнение операции контроля качества

Таблица 4.2 – Паспорт объекта

Наименование технологической операции, выполняемой работы	Должность работника, выполняющий данную технологическую операцию	Оборудование, устройства и приспособления применяемые при выполнении технологической операции	Вещества и материалы
1. Подготовительная	Слесарь-сборщик, электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	-Стропы -Щётка металлическая -УШМ	-Рукавицы -Круг абразивный
2. Сборка, прихватка, контроль	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	-Стенд для сборки -УДГУ – 351 АС/С УХЛ4 -Вращатель -Стропы -Линейка слесарная -УШМ	-Краги сварочные -Сварочная проволока Св-15х12НМВ ФБ – 1,2 (мм)
3. Сварка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	-Источник питания, Kjellberg 802 -Стропы -УШМ	-Проволока сварочная Св-15Х12НМВ ФБ-4 (мм) -Флюс АНФ-5

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4
4. Контроль качества сварки	Дефектоскопист	Карат КР-35СР	Контрольный стенд

**4.1 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство**

Таблица 4.3 – Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасного или вредного производственного фактора
1	2	3
1. Подготовка листов	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Высокий уровень шума при гидроабразивной резке</li> <li>- Перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений</li> <li>- Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Сопло гидроабразивной резки</li> <li>-УШМ</li> <li>-Четырёх валковые гидравлические вальцы</li> </ul>

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
---	---	---

<p>2. Сборка, прихватка, контроль</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- Перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;</li> <li>- Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование</li> <li>- Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых стержней до высоких температур;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Слесарная линейка</li> <li>-Стропы</li> <li>-УШМ</li> <li>-УДГУ – 351 АС/С</li> <li>УХЛ4</li> </ul>
<p>3. Сварка</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- Перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Источник питания Kjellberg 802</li> <li>-Стропы</li> <li>-УШМ</li> <li>-Шаблон УШС-3</li> </ul>



	приспособлений; - Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование - Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых стержней до высоких температур	
4. Контроль качества сварного соединения	-Излучение радиационное - Перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	-Карат КР-35СР

### 4.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения проектной технологии

Таблица 4.4 – Предложения по защите от вредных факторов производственного персонала

Перечень опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Разработанные технические и организационные предложения, обеспечивающие минимальное действие вредного фактора на производственный персонал	Предлагаемые защитные средства для снижения действия вредного фактора на производственный персонал
1	2	3

- Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Перчатки, спецодежда, спец обувь
- Перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующая окраска, применение ограждения	-
- Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых стержней до высоких температур	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Спецодежда 3-го класса защиты, спец обувь, краги сварочные
- Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции, установка УЗО в питающей сети оборудования	Диэлектрические ковры, диэлектрические перчатки
- Повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда 3-го класса защиты, сварочная маска с поддувом, краги сварочные, спец обувь

-\* ГОСТ 12.3.003-86. Межгосударственный стандарт. ССБТ. Работы электросварочные. Требования безопасности.

-\*\* ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

#### 4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 4.5 – Предложения технического характера по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

Ящики с песком, кошма, огнетушитель	Средства для тушения возгораний в начальной стадии
-	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания
Спринклерные установки с дистанционным пуском	Перечень стационарных систем пожаротушения
Дымовые и тепловые оповещатели	Системы пожарной автоматика для проведения тушения возгорания
-	Пожарное оборудование на участке сварки
План эвакуации	Средства индивидуальной защиты и спасения производственного персонала применяющихся при пожаре
Лопата, багор, топор	Установленный на участке инструмент для ликвидации возгораний
<b>Кнопка извещения о пожаре</b>	<b>Системы связи и оповещения на участке сварки</b>

Таблица 4.6 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Участок, подразделение	Производственное оборудование участка	Возможный класс пожара	Опасные факторы пожара	Дополнительные проявления факторов пожара
Участок, на котором производится сварка лопатки направляющего аппарата гидротурбины	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная, источник питания сварочной дуги, центратор типа, сварочный полуавтомат, аппарат рентгеновский	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 4.7 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Разогрев деталей в печи, сварка лопатки, радиографический контроль сварных соединений	<p>- максимально возможное применение негорючих и трудногорючих веществ и материалов; - изоляцией горючей среды (применением изолированных отсеков, камер, кабин и т.п.); - применением электрооборудования, соответствующего пожароопасной и взрывоопасной зонам, группе и категории взрывоопасной смеси ; - устройством аварийного отключения и переключения установок и коммуникаций - организацию пожарной охраны, организацию ведомственных служб пожарной безопасности в соответствии с законодательством; - организацию обучения работающих правилам пожарной безопасности на производстве; - порядок хранения веществ и материалов, тушение которых недопустимо одними и теми же средствами, в зависимости от их физико-химических и пожароопасных свойств; - разработку мероприятий по действиям администрации, рабочих, служащих и населения на</p>	<p>Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов с целью ограничения разлёта искр ГОСТ Р 51330.2-99, ГОСТ Р 51330.5-99, ГОСТ Р 51330.11-99, ГОСТ Р 51330.19-99.</p>

	случай возникновения пожара и организацию эвакуации людей;	
--	--	--

#### 4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 4.8 – идентификация экологических факторов технического объекта

Реализуемый технологический процесс	Операции, входящие в состав технологического процесса	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Предварительный подогрев деталей, сборка лопаток, сварка лопаток и контроль качества сварных швов и околошовных зон	Сборка лопатки, сварка лопатки, контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Выделяемые при сварке газообразные частицы и сажа	-	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом

Таблица 4.9 – разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка лопаток направляющего аппарата гидротурбины
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие	Фильтры в системе вентиляции задержат мелкодисперсную пыль, сажу, продукты горения при сварке.*

на атмосферу	
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Запрет слива химических веществ в канализацию, утилизация.**
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка контейнеров для сбора производственного и бытового мусора, с соответствующими на них обозначениями ***

-\* Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха»;

-\*\* Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»;

-\*\*\* Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».

#### **4.6 Заключение по разделу**

В ходе выполнения данного раздела, были выявлены опасные и вредоносные производственные факторы, появление которых способствует внедрению проектной технологии в производство. Проведён анализ возможных способов по снижению и устранению вредоносных производственных факторов. По результатам анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств санитарии и безопасности производства. Разработка дополнительных средств защиты не требуется. Внедряя проектную технологию, возможны угрозы экологической безопасности. Для снижения экологических угроз, необходимо соблюдать технологический регламент и санитарные требования на производстве.

## 5 Экономическая эффективность проекта

В проекте разрабатывается технология сварки лопасти направляющего колеса гидравлической машины. В базовом варианте применяют механизированную сварку в среде инертного газа аргон, с применением проволоки сплошного сечения Св-15Х12НМВФБ.

В проектном варианте применяется автоматическая дуговая сварка под флюсовой оболочкой. Для проектного варианта применяют проволоку сплошного сечения Св-15Х12НМВФ, диаметром 4 (мм). Флюс АНФ-5. В проекте разработан кондуктор для сборки и сварки лопасти направляющего агрегата гидравлической машины.

Целью проекта является, увеличение производительности процесса сварки продольных швов лопасти направляющего колеса, за счёт автоматизации процесса. Расчёт вёлся по изменяющимся статьям затрат на изменившиеся операции технологического процесса. По базовому и проектному варианту изменился только способ сварки продольных швов лопасти. Подготовительные – заключительные операции остались прежними. В экономическом разделе рассчитываются только расходы на процесс сварки продольных швов лопасти.

### 5.1 Исходные данные для расчётов

Исходные данные отражены в таблице 5.1 [13]

Таблица 5.1 – исходные данные

№ П/П	Показатели	Условные обозначения	Единицы измерения	Варианты	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Программа годовая		шт	200	200
2	Цена присадки	Ц <sub>пр</sub>	Руб/кг	780	640

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6
3	Значение часовой тарифной ставки	$C_{\text{ч}}$	Руб/час	105,5	84,3
4	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	$K_{\text{д}}$	-	1,08	1,08
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{\text{доп}}$	%	10	10
6	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды	$O_{\text{сн}}$	%	30	30
7	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{\text{тз}}$	-	1,05	1,05
8	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	$\text{Ц}_{\text{об}}$	Руб	85000	270000
9	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	$N_{\text{а}}$	%	18	18
10	Рыночная цена флюса	$\text{Ц}_{\text{фл}}$	Руб/кг	-	28
11	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	$K_{\text{пд}}$	-	0,78	0,78
12	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	$\text{Ц}_{\text{ээ}}$	Руб/кВт	3,02	3,02
13	Удельный расход защитного газа	$U_{\text{зг}}$	$\text{M}^3/\text{час}$	50	-
14	Стоимость защитного газа	$\text{Ц}_{\text{зг}}$	Руб/ $\text{M}^3$	50	-
15	Стоимость аренды площади	$C_{\text{экспл}}$	Руб/ $\text{M}^2$	1800	1800
16	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	$S$	$\text{M}^2$	8	11



Продолжение таблицы 5.1

17	Стоимость приобретения производственных площадей	$C_{пл}$	Руб/М <sup>2</sup>	4500	4500
18	Принятая величина коэффициента затрат по демонтажу оборудования базового варианта	-	%	2	2
19	Величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	$K_{цех}$		2,50	2,50
20	Величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов	$K_{зав}$		1,8	1,8
21	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	$E_n$	-	0,33	0,33
22	Норма амортизационных отчислений на площадь	$H_{апл}$	%	2	2

## 5.2 Хронометраж рабочих операций

Для расчёта временных затрат на выполнение операций технологического процесса используем расчётную зависимость:

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

где: – объём времени, затрачиваемого персоналом при выполнении основных операций технологии;

– объём времени, затрачиваемого персоналом при выполнении сварочных операций;

– объём времени, затрачиваемого персоналом при подготовке к работе оборудования и составляет 10% от;

– объём времени, затрачиваемого персоналом при выполнении обслуживания, текущего и мелкого ремонта сварочного оборудования и составляет 5%;

– объём времени, затрачиваемого персоналом при личном отдыхе, составляет 5%;

– объём времени, затрачиваемого персоналом при выполнении – заключительные операции, 1%.

Машинное время рассчитывается по зависимости:

$$t_0 = \frac{60 \times M_{\text{напл.мет}} \times L_{\text{ш}}}{I_{\text{св}} \times a_{\text{напл}}} \quad (5.2)$$

Где: – масса наплавленного металла, (кг м);

$L_{\text{ш}}$  – протяжённость сварных швов, (м);

– сила сварочного тока, (А);

$a_{\text{напл}}$  – коэффициент наплавки, примерно 9 Г А × час.

Для определения массы наплавленного металла, используем следующую формулу:

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \times F_{\text{н}} \times 10^{-3} \quad (5.3)$$

Где:  $\rho$  – плотность стали, (для стали  $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$ );

$F_{\text{н}}$  - площадь поперечного сечения валика ( $\text{мм}^2$ ).

$$F_{\text{н}} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 = 21 + 24 + 27 + 27 + 30 + 33 = 129 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Общая длина продольных сварных швов лопатки, рассчитанная согласно данным на чертеже лопатки, составляет

Подставим данное значение в формулу 5.3, вычислим:

$$M_{\text{напл.мет.б}} = 7,8 \times 129 \times 10^{-3} = 1,006 \text{ кг м .}$$

Подставляя полученное значение длины шва в 5.2 определим машинное время, расходуемое производственным персоналом на сварку лопатки

Зависимость для расчёта машинного времени автоматической сварки несколько отличается от 5.2.

$$t_0 = \frac{60 \times L_{\text{ш}}}{V_{\text{св}}} \quad (5.4)$$

Где: – скорость автоматического перемещения сварочной головки, 30 (м/час).

$L_{\text{ш}}$  – с учётом того, что конструкция лопатки не изменилась, также неизменно, если сравнивать с базовым вариантом, (м).

$$t_{0 \text{ пр}} = \frac{60 \times 14,35}{40} = 21,52 \text{ мин} = 0,35 \text{ (час)}$$

Подставим в 5.1 заданные значения, получим:

$$t_{\text{шт б}} = 35,804 \text{ мин} = 0,59 \text{ (час)}$$

$$t_{\text{шт пр}} = 26,68 \text{ мин} = 0,44 \text{ (час)}$$

### 5.3 Капитальные вложения в оборудование

Расчёт размеров капитальных затрат, которые сопровождают реализацию технологии выполним с использованием следующей формулы:

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{соп}} \quad (5,5)$$

Где:  $K_{\text{пр}}$  – затраты на закупку оборудования, осуществляемые на прямую, (руб);

$K_{\text{соп}}$  – затраты на закупку оборудования, осуществляемые посредственно, (руб).

Затраты на закупку оборудования, осуществляемые напрямую могут быть определены согласно зависимости:

$$K_{\text{пр}} = C_{\text{об}} \times K_3 \quad (5,6)$$

где: – рыночная стоимость оборудования, (руб.);

$K_3$  – коэффициент указывающий, степень загрузки оборудования для выполнения годовой программы.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

$$(5,7)$$

где: – принятое значение годовой программы, (шт);

– время сварки одной лопатки, (мин).

$\Phi_{\text{эф}}$  – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования, (час).

Для выполнения округлим полученное количество оборудования до целых значений в большую сторону.

Тогда расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

$$K_3 = \frac{n_{\text{об.расч}}}{n_{\text{об.прин}}} \quad (5,8)$$

Величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования:

$$\Phi_{\text{эф}} = (D_{\text{к}} - D_{\text{вых}} - D_{\text{пр}}) \times T_{\text{см}} \times S \times (1 - k_{\text{р.п}}) \quad (5,9)$$

Где:  $D_{\text{к}}$  – количество дней в году;

$D_{\text{вых}}$  – выходные дни;

$D_{\text{пр}}$  – праздничные дни;

$T_{\text{см}}$  – продолжительность рабочей смены, (час);

$S$  – количество рабочих смен;

– потери времени работы оборудования на ремонт и наладку (0,06).

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

$$n_{\text{об.расч.б}} = \frac{200 \times 35,8049}{1812 \times 60} = 0,065 \text{ (шт)}$$

$$n_{\text{об.расч.пр}} = \frac{200 \times 266,849}{1812 \times 60} = 0,49 \text{ (шт)}$$

$$K_{\text{з.б}} = \frac{0,065}{1} = 0,065$$

$$K_{\text{з.пр}} = \frac{0,049}{1} = 0,049$$

$$K_{\text{пр.б}} = 85000 \times 0,065 = 5525 \text{ (руб.)}$$

$$K_{\text{пр.пр}} = 276000 \times 0,049 = 13524 \text{ (руб.)}$$

Принятая величина сопутствующих капитальных вложений определяется по зависимости:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{монт}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{плоч}} \quad (5,10)$$

где:  $K_{\text{монт}}$  – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования;

$K_{\text{дем}}$  – принятое значение на демонтаж технологического оборудования для реализации базового процесса;

$K_{\text{плоч}}$  – затраты на производственные площади под новое оборудование.

$$K_{\text{монт}} = C_{\text{об}} \times k_{\text{монт}} \quad (5,11)$$

Где:  $k_{\text{монт}}$  – значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж технологического оборудования для реализации проектного процесса, 0,2.

$$K_{\text{дем}} = C_{\text{об}} \times k_{\text{дем}} \quad (5,12)$$

Где:  $k_{\text{дем}}$  – коэффициент, учитывающий расходы на демонтаж, 0,2.

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

$$K_{\text{плоч}} = S_{\text{плоч}} \times C_{\text{плоч}} \times q \times k_3 \quad (5,13)$$

Где:  $q$  – коэффициент, учитывающий проходы и проезды, равен 3.

$$K_{\text{общ}}^{\text{баз}} = K_{\text{пр}} = 55250 \text{ (руб.)}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ}}}{N_{\text{пр}}} \quad (5,14)$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{баз}} = \frac{55250}{200} = 276,25 \text{ (руб.)}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{пр}} = \frac{151874}{200} = 759,37 \text{ (руб.)}$$

#### **5.4 Расчёт технологической себестоимости сравниваемых вариантов**

Расчётная величина расходов на материалы, расходуемые при сварке лопатки:

$$ЗМ = ЗМ_{\text{осн}} + ЗМ_{\text{всп}} \quad (5,15)$$

Затраты на вспомогательные материалы остаются неизменными, поэтому их не учитываем

Затраты на вспомогательные материалы, используемые при реализации базового варианта технологии, определяем по формуле:

$$ЗМ_{\text{св}} = ЗМ_{\text{св.пр}} + З_{\text{зг}} \quad (5,16)$$

Подставим в 5,16 необходимые значения и получим:

$$ЗМ_{\text{св.б}} = 1182 + 221,5 = 1403,5 \text{ (руб.)}$$

Затраты на вспомогательные материалы, используемые при реализации проектного варианта технологии, определяем с использованием формулы

$$ЗМ_{св} = ЗМ_{св.пр} + ЗМ_{фл} \quad (5,17)$$

Расход флюса вычисляется по формуле:

$$Н_{фл} = k_{фл} \times Н_{св.пр} \quad (5,18)$$

Где: – величина коэффициента, который учитывает расходы флюса по табличным данным, принимаемый 1,2.

$$Н_{фл} = 1,2 \times 17,85 = 21,42 \text{ кг ;}$$

$$ЗМ_{фл} = 21,42 \times 28 = 499,24 \text{ руб. ;}$$

$$ЗМ_{пр} = 1142 + 499,24 = 1641,24 \text{ руб. .}$$

Расчёт расходов на электроэнергию производим при помощи формулы

$$З_{э-э} = \frac{P_{об} \times t_0}{КПД} Ц_{э-э} \quad (5,19)$$

Где:  $P_{об}$  – полезная мощность оборудования, (кВт);

– стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб./кВт·ч;

КПД – коэффициент полезного действия установки.

Мощность технологических установок вычисляется по значениям  $I_{св}$  и

$U_{д}$ .

$$P_{об.б} = 200 \times 30 = 6000 \text{ Вт} = 6 \text{ (кВт)}$$

$$З_{э-э}^б = \frac{6 \times 0,481}{0,75} 3,02 = 11,62 \text{ руб.}$$

$$P_{об.пр} = 600 \times 30 = 18000 \text{ Вт} = 18 \text{ кВт}$$

$$З_{э-э}^{пр} = \frac{18 \times 0,358}{0,8} 3,02 = 24,32 \text{ руб.}$$

Расчёт затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования производим с использованием зависимости:

$$З_{об} = A_{об} + P_{т.р.} \quad (5,20)$$

Где:  $A_{об}$  – амортизационные отчисления на оборудование, (руб.);

– затраты на текущий ремонт оборудования, (руб.).

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

$$A_{об.} = \frac{C_{об} \times N_{а.об} \times t_{шт}}{\Phi_{эф} \times 60 \times 100} \quad (5,21)$$

Где:  $C_{об}$  – цена оборудования по базовому и проектному вариантам, (руб.);

– норма амортизации оборудования, (%).

$$A_{об}^б = \frac{85000 \times 35,8 \times 18}{1812 \times 100 \times 60} = 5,04 \text{ руб.}$$

$$A_{об}^{пр} = \frac{276000 \times 0,266 \times 18}{1812 \times 100 \times 60} = 21,25 \text{ руб.}$$

Для определения расходов на текущий ремонт оборудования воспользуемся формулой:

$$P_{тр}^б = \frac{C_{об} \times N_{т.р.} \times k_3}{\Phi_{эф} \times 100} \quad (5,22)$$

Где: – коэффициент, учитывающий расход на ремонт оборудования, 35%.

$$P_{тр}^б = \frac{85000 \times 35 \times 0,065}{1812 \times 100} = 1,067 \text{ руб.}$$

$$P_{тр}^{пр} = \frac{276000 \times 35 \times 0,049}{1812 \times 100} = 2,612 \text{ руб.}$$

Итого, затраты на оборудование:

$$З_{об}^б = 5,04 + 1,06 = 6,10 \text{ руб.}$$

$$З_{об}^{пр} = 12,15 + 2,61 = 14,76 \text{ (руб.)}$$

Расчётное определение затрат на содержание и эксплуатацию площадей выполняем на основании формулы:

$$З_{плоч} = \frac{C_{плоч} \times S_{плоч} \times N_{а.плоч} \times t_{шт}}{\Phi_{эф} \times 100 \times 60} \quad (5,23)$$

Где:  $C_{плоч}$  – цена 1 ( $m^2$ ) производственной площади, (руб.);

– норма амортизационных отчислений на здания, %;

– площадь, занимаемая сварочным оборудованием, ( $m^2$ ).

$$З_{плоч}^б = \frac{4500 \times 8 \times 2 \times 35,8}{1812 \times 100 \times 60} = 0,24 \text{ руб.}$$



$$z_{\text{площ}}^{\text{пр}} = \frac{4500 \times 11 \times 2 \times 26,68}{1812 \times 100 \times 60} = 0,24 \text{ (руб.)}$$

Фонд заработной платы (ФЗП) представляет собой сумму основной зарплаты и дополнительной:

$$(5,24)$$

Для расчётного определения основной заработной платы, используем формулу:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \times C_{\text{ч}} \times k_{\text{зпл}} \quad (5,25)$$

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

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

$k_{\text{зпл}}$  – коэффициент начислений на основную заработную плату, 1,81.

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{б}} = 0,596 \times 105,5 \times 1,81 = 113,81 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{пр}} = 0,444 \times 84,3 \times 1,81 = 67,75 \text{ руб.}$$

Для расчёта определения дополнительной заработной платы используем формулу:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = \frac{k_{\text{д}}}{100} \times \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} \quad (5,26)$$

Где:  $k_{\text{д}}$  – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой, 10%.

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{б}} = 113,81 \times \frac{10}{100} = 11,38 \text{ руб. ;}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{пр}} = 67,75 \times \frac{10}{100} = 6,78 \text{ (руб.)};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{б}} = 113,81 + 11,38 = 125,19 \text{ руб. ;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{пр}} = 67,75 + 6,78 = 74,53 \text{ (руб.)}.$$

Расчётное определение величины отчислений на социальные нужды выполняем с использованием формулы:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \times N_{\text{соц}} \quad (5,27)$$

Где:  $N_{\text{соц}}$  – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, 30%.

Подставим в формулу (5,28) необходимые значения, получим:

$$O_{\text{сн}}^{\text{б}} = 125,19 \times 30 \cdot 100 = 37,56 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{сн}}^{\text{пр}} = 74,53 \times 30 \cdot 100 = 22,36 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании формулы:

$$C_{\text{тех}} = 3M + 3_{\text{э-э}} + 3_{\text{об}} + 3_{\text{пл}} + \text{ФЗП} + O_{\text{сн}} \quad (5,28)$$

Подставим в формулу (5,29) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{тех}}^{\text{б}} = 1637,40 + 11,62 + 6,10 + 0,24 + 125,19 + 37,56 = 1818,11 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{тех}}^{\text{пр}} = 1641,60 + 24,32 + 14,76 + 0,24 + 74,53 + 22,36 = 1777,81 \text{ (руб.)}$$

### 5.5 Цеховая себестоимость

Расчётное определение величины цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + P_{\text{цех}} \quad (5,29)$$

Где:  $P_{\text{цех}}$  – сумма цеховых расходов, (руб.)

$$P_{\text{цех}} = k_{\text{цех}} \times 3_{\text{осн}} \quad (5,30)$$

Где: – коэффициент цеховых расходов, 1,72.

$3_{\text{осн}}$  – основная заработная плата рабочих, (руб.)

Подставим в (5,31) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{цех}}^{\text{б}} = 1818,11 + 113,81 \times 1,72 = 2013,86 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{цех}}^{\text{пр}} = 1777,81 + 67,75 \times 1,72 = 1894,34 \text{ руб.}$$

### 5.6 Заводская себестоимость

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{зав} = C_{цех} + P_{зав} = C_{цех} + k_{зав} \times Z_{осн} \quad (5,31)$$

Где:  $P_{зав}$  – сумма заводских расходов, (руб.)

– коэффициент общезаводских расходов, 1,97.

Подставим в формулу (5,30) необходимые значения, получим:

$$C_{зав}^б = 2013,86 + 113,81 \times 1,97 = 2238,06 \text{ руб.}$$

$$C_{зав}^{пр} = 1894,34 + 67,75 \times 1,97 = 2027,81 \text{ руб.}$$

Результаты выполненных расчётов обобщим в таблице 5,2

Таблица 5.2 – Калькуляция себестоимости изготовления одной лопадки

№ п/п	Показатели	Условные обозначения	Калькуляция, руб	
			Базов	Проект
1	2	3	4	5
1	Материалы	М	1,29	1,40
2	Фонд заработной платы	ФЗП	125,19	74,53
3	Отчисления на социальные нужды	$O_{сн}$	37,56	22,36
4	Затраты на электроэнергию		11,62	24,32
5	Затраты на площади	$Z_{пл}$	0,24	0,24
6	Затраты на оборудование	$Z_{об}$	6,10	14,76
7	Себестоимость технологическая	$C_{тех}$	1818,11	1777,81
8	Расходы цеховые	$P_{цех}$	195,75	116,53
9	Себестоимость цеховая	$C_{цех}$	2013,86	1894,34
10	Расходы заводские	$P_{зав}$	224,21	133,47
11	Себестоимость заводская	$C_{зав}$	2238,06	2027,81

### 5.7 Расчёт экономической эффективности проекта

Величину условно-годовой экономии (ожидаемой прибыли) рассчитаем по формуле:

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = (C_{зав}^б - C_{зав}^{пр}) \times N_{пр} \quad (5.32)$$

$$Э_{у.г.} = 2238,06 - 2027,81 \times 200 = 42042 \text{ руб.}$$

Для определения размера годового экономического эффекта используем формулу:

$$\mathcal{E}_r = [ C_{зав}^б + E_n \times K_{уд}^б - C_{зав}^{пр} + E_n \times K_{уд}^{пр} ] \times N_{пр} \quad (5,33)$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_r &= 2238,06 + 0,33 \times 276,25 - 2027,81 + 0,33 \times 759,37 \times 200 \\ &= 10164 \text{ (руб.)} \end{aligned}$$

Величину показателя снижения трудоёмкости определим по формуле:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{шт.б} - t_{шт.пр}}{t_{шт.б}} \times 100\% \quad (5,34)$$

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,596 - 0,444}{0,596} \times 100\% = 52\%$$

Величину показателя увеличения производительности труда определим по формуле:

$$\Delta \Pi_r = \frac{100 \times \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (5,35)$$

$$\Delta t_{шт} = \frac{100 \times 52}{100 - 52} = 108\%$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{ок} = \frac{K_{общ.пр}}{\mathcal{E}_{у.г.}} \quad (5,36)$$

$$T_{ок} = \frac{151874}{42042} \approx 3,6 \text{ (год)}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{ср} = 1 - T_{ок} = \frac{1}{3,6} = 0,28 \quad (5,37)$$

## 5.8 ВЫВОДЫ

В экономической части выпускной квалификационной работы были выполнены расчёты, с целью определения таких экономических параметров

как: технологическая стоимость, заводская стоимость технологического процесса сварки лопатки.

После выполнения расчётов, было установлено что проектный вариант технологии сварки лопасти после внедрения даст следующие эффекты, уменьшение трудоёмкости на 52%, увеличение производительности труда на 108%. Величина условно-годовой экономии составляет 42,04 тыс.руб. Величина годового экономического эффекта, полученная с учётом затрат на капитальные вложения в оборудование, составляет 10,16 тыс.руб. Срок окупаемости капитальных вложений размером 151 тыс.руб, составляет 3,6 года.

Из полученных расчётных данных, делаем вывод о том, что, разработанная технология сварки лопасти имеет экономический эффект.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе исследования бакалаврской работы по процессу сборки и сварки лопатки направляющего аппарата гидротурбины разработан технологический процесс сварки лопасти направляющего колеса гидравлической турбины, основным отличием которого от базового, является автоматизация процесса сварки и повышения качества получаемого сварочного соединения. Снижение трудоёмкости процесса. Снижение человеческого фактора.

В процессе выполнения экологического раздела, были определены опасные факторы, влияющие на экологию окружающей среды и организм человека. Были выбраны меры и мероприятия по снижению и устранению этих факторов, возникающих при внедрении проектной технологии.

Для реализации проектной технологии, было подобрано оборудование, отвечающие требованиям проекта.

При внедрении проектной технологии, предполагается получить годовой экономический эффект в размере 10,16 тыс.руб. Цель данного проекта достигнута.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. История предприятия Тяжмаш, АО. [электронный ресурс] : текст с экрана. Свободный доступ. Tyazhmash. <https://tyazhmash.all.biz/info-history> (дата обращения 18.06.2019)
2. Направляющие аппараты вертикальных поворотно-лопастных и радиально-осевых турбин. [электронный ресурс] : текст с экрана. Свободный доступ. STROITELSTVO-NEW. <http://www.stroitelstvo-new.ru/gidroturbina/izgotovlenie-napravlyayuschih-apparatov.shtml> (дата обращения 18.06.2019)
3. Фастовский В. Г., Ровинский А. Е. Инертные газы: ИЗД 2 Атом-издат, 1972 352 стр.
4. ОСТ 36-59-81 Контроль не разрушающий, сварные соединения трубопроводов и конструкций. Радиографический способ.
5. Черпилло Э. П., Булатов Ю. П., РД 26-17-049-85 Организация хранения, подготовки контроля сварочных материалов.
6. Зубченко А. С. Мартенситные стали // сварка и свариваемые материалы. –М: Металлургия 1991г
7. Сварка под флюсом – нюансы технологии, достоинства и недостатки. [электронный ресурс] : текст с экрана. Свободный доступ. MET-ALL. <http://met-all.org/obrabotka/svarka/svarka-pod-flyusom.html> (дата обращения 15.06.2019)
8. ГОСТ 14771-76. Часть 3. Сварка, пайка и термическая резка металлов. Издательство стандартов, Москва 1991
9. Аронсон А. Я., бабанов О.С., Сварная лопатка направляющего аппарата гидромашин. Ленинградский металлический завод, 1986г
10. [Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ \(ред. от 29.07.2017\) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" \(с изм. и доп., вступ. в силу с 31.07.2018\)](#). Статья 8. Классификация пожаров [Электронный ресурс] : Текст с экрана. Свободный доступ.

КонсультантПлюс.

URL:[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_78699/92ae38c718009996083a057e9d0fec1abe669fd4/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/92ae38c718009996083a057e9d0fec1abe669fd4/) (дата обращения : 16.06.2019)..

11. [Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ \(ред. от 29.07.2017\) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" \(с изм. и доп., вступ. в силу с 31.07.2018\)](#). Статья 9. Опасные факторы пожара. [Электронный ресурс] : Текст с экрана. Свободный доступ. КонсультантПлюс.  
URL:[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_78699/536083e9e39935b1f05a0f37e81d7116ddc66d23/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/536083e9e39935b1f05a0f37e81d7116ddc66d23/) (дата обращения 16.06.2019).
12. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1). [Электронный ресурс] : Текст с экрана. Свободный доступ. Техэксперт.  
URL:<http://docs.cntd.ru/document/9051953> (дата : обращения 14.06.2019).
13. Краснопевцева, И. В. Экономика и управление машиностроительным производством [Электронный ресурс] : [электрон. учеб.-метод. пособие] / И. В. Краснопевцева, Н. В. Зубкова ; ТГУ ; Ин-т финансов, экономики и управления ; каф. "Торговое дело и управление производством". - Тольятти: ТГУ, 2014. - 183 с. Свободный доступ. (дата обращения 10.06.2019)
14. Горина, Л.Н., Фесина М.И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. Л.Н. Горина, М.И. Фесина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016.
15. Zhang Y. M., Liquo E., Kovacevic R. Active metal transfer control by monitoring excited droplet oscillation // Welding Journal, 1998. Vol 78
16. Использование механических импульсов для управления процессами автоматической и механизированной сварки плавящимся электродом /



- Б. Е. Патон, В. А. Лебедев, И. В. Лендел, С. И. Плосков //Сварка и диагностика. 2013. №6
17. В. М. Рыбаков. Дуговая и газовая сварка: Учеб. Для сред. ПТУ/ В. М. Рыбаков. – 2-е изд. Перераб. – М.: Высш. Школа, 1986г.
  18. Красовский А. М. Основы проектирования сварочных цехов [текст] / А. М. Красовский. –М.: Машиностроение, 1979г
  19. Волченко В. Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 [текст] / В. Н. Волченко. –М.: Машиностроение, 1991г
  20. Ключев В. В. Неразрушающий контроль и диагностика [текст] / В. В. Ключев. –М.: Машиностроение, 1995г
  21. Александров А. Р. Источники питания для дуговой сварки [текст] / А. Р. Александров, В. С. Милютин. –М.: Машиностроение, 1982г
  22. Думов С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов [текст] / С. И. Думов. 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1987г
  23. О. Н. Куликов, Е. И. Ролин. Охрана труда при производстве сварочных работ: М.: Издательский центр «Академия», 2014. 245с
  24. Экономика, организация и планирование сварочного производства: Учебник / ред. Шебеко Л. П., Гитлевич А. Д., Брейтман М. М., 2014. 272с
  25. Australasian Welding (Австралия) 2005. – Vol. 50, Second Quarter / Natarajan S. Коррозионные испытания сварных изделий, выполненных дуговой сваркой плавящимся электродом из стали Cr – 0,5 Мо, используемых в энергетических установках, с. 33-39
  26. Practical Welding Today (США) 2005. – Vol. 9, №1 (January/February) / Lytle K., Stapon G. Как упростить выбор защитного газа, с. 22-25