

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технология сборки и сварки лопаток направляющего аппарата гидротурбины»

Студент	<u>С.И. Фролов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>А.Л. Федоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>А.Н. Москалюк</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 2018

АННОТАЦИЯ

Цель работы – повышение производительности труда при изготовлении лопаток направляющего аппарата гидротурбины за счет автоматизации процесса. Для достижения поставленной цели дипломного проекта 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 производственного персонала и окружающей среды от влияния опасных и вредных факторов разработанного технологического процесса; экономически обоснованы предложенные технические решения.

Пояснительная записка содержит 78 стр., 8 рисунков, 12 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. Подобрано оборудование и спроектирована сборочная оснастка. Для защиты персонала участка от вредных факторов при операциях сварки предложены соответствующие технические и организационные мероприятия. Определен ожидаемый экономический эффект.

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	9
1.4 Базовый технологический процесс изготовления изделия	10
1.4 Выбор способа сварки	16
1.5 Задачи бакалаврской работы.....	19
2 Разработка технологического процесса пайки	21
2.1 Выбор режимов сварки под слоем флюса	21
2.2 Проектная технология	22
3 Оборудование и оснастка	24
3.1. Выбор оборудования	24
3.2. Разработка приспособления для сборки.....	25
4 Безопасность и экологичность проекта.....	27
4.1 Характеристика участка сварки	27
4.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	30
4.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных..... рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	31
4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной	32
безопасности разрабатываемого технологического объекта	32
4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого	34
технологического объекта	34
4.6 Заключение по разделу	34
5 Экономическая эффективность проекта	36
5.1 Исходные данные для расчетов	36
5.2 Вычисление времени на операции сварки	37
5.3 Капитальные вложения в оборудование	39
5.4 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.	42

5.5 Цеховая себестоимость	46
5.6 Заводская себестоимость	46
5.7 Расчет экономической эффективности проекта	47
5.8 Выводы.....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	51

ВВЕДЕНИЕ

Открытое акционерное общество – Сызранский завод тяжелого машиностроения, «Тяжмаш» поставляет для гидравлических станций разнообразное оборудование. Последние несколько десятилетий отмечены поставками гидротурбинного оборудования на станции в России и за рубежом. Общее количество изготовленных и отправленных заказчику гидротурбин превысило 100. Также изготовлены и отправлены заказчиками различного оборудования помельче.

Особую гордость коллектива предприятия вызывают гидромашины, уникальные по своим эксплуатационным параметрам. Установлены они на В Чебоксарской и Саратовской гидроэлектростанциях.

Внедрение в производство современных достижений науки, новых материалов, передовых технологий и технических решений обеспечивает сызранским гидротурбинам мировой техникой уровень. Это обеспечивает должные конкурентные преимущества предприятия. 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. Цель настоящей работы – повышение производительности труда и качества при сварке лопаток направляющего аппарата гидротурбины за счет автоматизации процесса.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Согласно определению, гидравлическая турбина выполняет преобразование кинетической энергии потока жидкости в энергию вращения рабочего колеса.

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.

График зависимости мощности гидротурбины от открытия лопаток направляющего аппарата показан на рис. 1.1. Весь диапазон открытия лопаток направляющего аппарата можно разбить на 4 зоны. I зона лежит в пределах малых открытий лопаток, здесь турбина работает спокойно, но мощность агрегата низкая.

II зона – агрегат работает беспокойно и к применению не рекомендуется.

III зона имеет достаточный диапазон регулирования мощности, кавитационного шума нет. В благоприятной зоне III мощность агрегата может меняться в широких пределах, 220-320 МВт.

IV зона характеризуется сильной кавитацией. Работа турбины в ней запрещена.

Лопатки направляющего аппарата состоят из следующих деталей, рис. 1.2. 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.

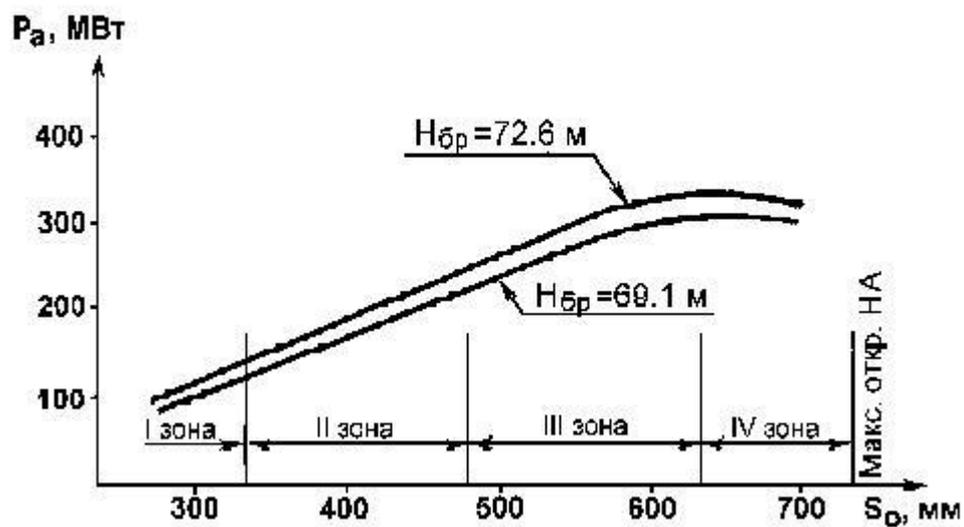


Рисунок 1.1. Зависимость мощности турбины от открытия лопаток направляющего аппарата

Эксплуатируются лопатки в диапазоне температур $0...+30^{\circ}\text{C}$.
 Эксплуатируются лопатки в сложных условиях. Даже в расчётных режимах механические напряжения в отдельных узлах турбины иногда превышают ожидаемые.

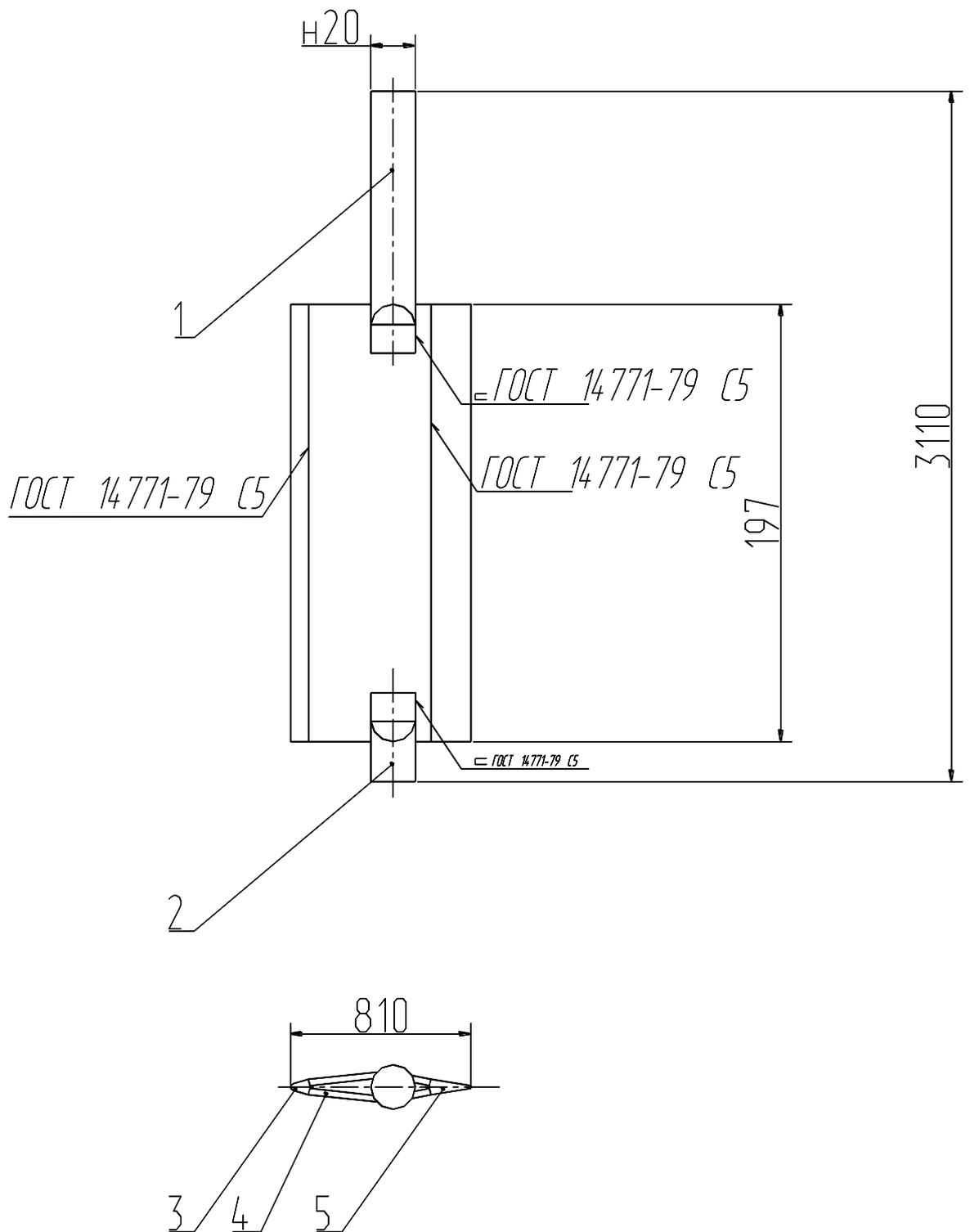


Рисунок 1.2. Лопатка направляющего аппарата

Эксплуатируются лопатки в диапазоне температур $0...+30^{\circ}\text{C}$.
 Эксплуатируются лопатки в сложных условиях. Оценка кавитационной
 эрозии в лопатках гидротурбин производится согласно ГОСТ 28446-90.

В некоторых случаях лопатки подвергаются воздействию песчаной эрозии..

1.2 Анализ свойств материала конструкции

С учетом условий эксплуатации для заготовок лопаток гидротурбин, см. рис 1.2, 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.).

Материал, из которого выполнены направляющие лопатки сталь 10X12НД. В качестве заменителя может быть применена сталь 10X18НЗГЗД2Л. Она применяется: для отливок деталей паровых, газовых турбин и осевых компрессоров. Сталь кавитационностойкая, коррозионностойкая аустенитно-ферритного класса.

Сталь 10X18НЗГЗД2Л лучше сопротивляется механическому воздействию твердых частиц в воде, чем 10X12НДЛ.

Сварка таких сталей представляет определенную технологическую проблему.

Сталь 10X12НД - сталь мартенситно-ферритного класса. Свариваемость мартенситно-ферритных сталей практически приближается к сталям мартенситного класса. Часто образуются холодные трещины. Причинами образования холодных трещин являются: высокая твердость и низкая деформационная способность металла, имеющего мартенситную структуру; появление деформаций при сварке; длительное воздействие высоких остаточных и структурных напряжений в сварном соединении после сварки; наличие водорода в металле шва. Холодные трещины в основном образуются на последней стадии непрерывного охлаждения при температуре 100°С и ниже. Крупнозернистый металл как сварных швов, так и зоны термического влияния склонен более к образованию трещин, чем мелкозернистый металл. Рост зерна предупреждают следующими способами: модифицируют металл сварных швов титаном, применяют более жесткие

режимы сварки с меньшей погонной энергией. Оба способа, снижающие рост зерна, уменьшают образование холодных трещин. При сварке увеличение жесткости свариваемых изделий повышает вероятность образования трещин. Это проявляется в большей степени тогда, когда закаленный металл обладает меньшей, деформационной способностью.

Образование трещин при сварке устраняют применением предварительного и сопутствующего подогрева изделия. При сопутствующем подогреве весьма опасны резкие охлаждения подогретой детали, так как при этом могут появляться трещины. Поэтому для улучшения структуры и свойств необходим высокий отпуск. Однако термообработка не может выполняться отдельно от сварки. Если непосредственно после сварки остудить изделие до комнатных температур, то образуется мартенситная структура. Последующий высокий отпуск приведет к получению хорошей сорбитной структуры. Но за периоды охлаждения при температурах ниже 100°C и вылеживания изделия до начала термообработки в сварных соединениях будут образовываться трещины с выходом на поверхность и внутренние надрывы размером 1-4 мм, которые впоследствии могут получить развитие.

Анализ конструкции на жесткость показывает, что при сравнительно большой 30 мм толщине, горизонтальные размеры детали свыше 800 мм. Таким образом конструкция может быть классифицирована как маложесткая.

1.4 Базовый технологический процесс изготовления изделия

Начальной операцией технологического процесса является входной контроль. К хранению заготовок для лопаток предъявляются следующие требования. Хранение должно осуществляться в закрытых помещениях. Допускается хранение под навесом, если исключена возможность загрязнения заготовок, их механического повреждения и контакта с цветными металлами.

Все заготовки должны быть промаркированы для обеспечения возможности определения марки стали, номера плавки и номера листа.

При осуществлении приема заготовок необходимо проверять:

- соответствие стали требованиям стандартов/технических условий, также данным, указанным сертификате;
- соответствие данных, указанных в сертификате маркировке проката;
- соответствие поверхности проката требованиям стандартов/технических условий.

При отсутствии сопроводительной документации на материалы, заводу производителю необходимо провести необходимые испытания для подтверждения требуемых характеристик, свойств и соответствия марок стали.

Сварочные материалы при отсутствии сопроводительной документации необходимо проверять на склонность к межкристаллитной коррозии в соответствии с ГОСТом 6032-75.

Сварочные материалы, используемые для сварки изделий работающих при температурных режимах ≥ 350 °С, при условии отсутствия сертификатов соответствия должны проверяться на содержания феррита в металле сварного соединения.

Используемые при сварке электроды должны соответствовать ГОСТам 9466-75 и 10052-75.

Каждая партия электродов должна иметь сопроводительную документацию, в которой содержаться следующие данные:

- название фирмы, осуществляющей поставку;
- марка электрода, его геометрические характеристики, а также тип электрода;
- номер партии, а также дата изготовления;
- вес партии;
- результаты испытаний электродов;

– стандарт/технические условия в соответствии с которыми электроды изготовлены.

Также необходимо проверить наличие на пачке с электродами следующих данных:

- название фирмы-изготовителя;
- марка электрода, его геометрические характеристики, а также тип электрода;
- номер партии, а также дата изготовления;
- стандарт/технические условия в соответствии с которыми электроды изготовлены.
- рекомендуемые режимы сварки;
- свойства наплавленного металла;
- технологические свойства электродов.

Каждый ящик, содержащий упаковки с электродами должен иметь наклейку с аналогичными данными. При этом каждый ящик должен иметь предупреждающие надписи, предостерегающие от хранения электродов сырости и необходимости бережной транспортировки.

Хранение, подготовка, а также контроль сварочных материалов осуществляется в соответствии с РТМ 26-304-78 "Организация хранения, подготовки и контроля сварочных материалов"

Если нарушены условия хранения электродов, на необходимо провести выборочную проверку электродов на соответствие их требуемым свойствам.

Следующим этапом выполняются заготовительные операции. К данным видам операции относятся правка заготовок, наметка листов, резка, формирование кромок, изготовление отверстий, а также гибка.

Перед наметкой и резкой необходимо выполнить операцию правки, которая заключается в пластической деформации заготовки в холодном состоянии.

Правка выполняется путем многократной прокатки заготовки между двумя рядами валиков на гибочных вальцах. Скорость прокатки составляет

5-7 см/сек. Контроль прокатки можно выполнить с помощью жесткой металлической линейки. При этом волнистость не должна превышать 3 миллиметров на погонный метр, величина прогиба не более миллиметра на погонный метр.

Так как наметка является сложной и трудоемкой операцией для ее выполнения должен быть использован рабочий с разрядом 5 и выше. Для наметки используются шаблоны.

При наметке на заготовках из стали 10X12НД запрещено повреждать рабочую поверхность.

После выполнения разметки выполняется резка заготовок, которая для марки 10X12НД осуществляется механическим способом.

Резка может осуществляться с использованием гильотинной установки. Изготовление в заготовках технологических отверстий (например, для люков, штуцеров) выполняется воздушно-плазменным способом. Может быть использована установка ПУРМ-140. При этом значение тока - 120 ампер, а расход воздуха 300 л/мин.

При выполнении термической резки необходимо удалять металл с кромок заготовки на глубину 0,8 миллиметра от максимальной неровности в соответствии с ГОСТом 14792-60.

При подготовке кромок обечаек может применяться кромкострогальный станок. Величина шероховатости поверхности кромок должна соответствовать требованиям и нормам.

Если присутствуют выступы и неровности, препятствующие соединению заготовок, то их необходимо устранить с помощью шлифовального круга или напильника.

После выполнения кромок необходимо проверить:

- Геометрические параметры, качество подготовки кромок и их соответствие требованиям. Проверку размеров удобно осуществлять с помощью шаблонов;
- Толщину листов на соответствие допускам;

- Качество зачистки поверхностей листов.

Перед тем как выполнять сборку заготовок необходимо выполнить зачистку кромок до характерного металлического блеска и обезжирить поверхность. Ширина зачистки ≥ 2 см с наружной стороны и ≥ 1 см с внутренней стороны листа.

Сборку деталей лопатки под сварку следует осуществлять с использованием сборочного приспособления. Необходимо проверить величину нестыковки кромок, которая должна не превышать миллиметр на сторону. В зазор необходимо установить зазорники.

К сварке можно приступать только после оценки отделом технического контроля правильности сборки поверхностей.

При выполнении прихваток используется механизированная сварка. Сварщик должен следить, чтобы прихваточные швы были равномерно расположены по периметру стыка. Необходимо обеспечивать расстояние между прихватками равное 0,15 – 0,20 метра. При этом длина одной прихватки должна составлять порядка 1 см.. Режимы сварки: $I_{св}=190-210$ А, $U_{д}=20-25$ В, $V_{св}= 10-15$ м/час, $Q_{зг} = 10-12$ л/мин. Защитный газ - аргон. Источник питания УДГУ-351АС/DC, полуавтомат ПДГ-302. Сварочная проволока Св-15Х12НМВФБ диаметром 1,2 мм. После выполнения прихваток их необходимо подвергнуть визуальному контролю. При этом необходимо руководствоваться теми же требованиями, которые предъявляются к основному сварному шву.

Если в результате контроля прихваток обнаружены недопустимые дефекты, то их необходимо удалять путем применения механической обработки.

После выполнения прихваток выполняется сварка технологических планок.

Затем производим сварку. Зажигание дуги должно проводиться исключительно на технологических планках. Режимы следует соблюдать такие: $I_{св}=190-210$ А, $U_{д}=20-25$ В, $V_{св}=10-15$ м/час, $Q_{зг} = 10-12$ л/мин.

Скорость подачи сварочной проволоки 220-250 см/мин. Защитный газ - аргон. Источник питания УДГУ-351АС/DC, полуавтомат ПДГ-302. Сварочная проволока Св-15Х12НМВФБ диаметром 1,2 мм. При завершении процесса сварки дугу необходимо выводить на технологическую планку. По окончании сварки производят поворот изделия на 180°. Проводят сварку швов недоступных в исходном положении. Режимы те же.

Готовые лопатки отправляем на контроль. Визуальный контроль сварных соединений проводится с участием бригадиров сварочно-монтажных бригад, инженерно-технических работников, а так же работников службы контроля качества, при этом применяют необходимый измерительный инструмент.

Перед выполнение визуального осмотра требуется провести зачистку как самого шва, так и прилегающего металла (на ширине не менее 2 сантиметров по обе стороны шва) от различных видов загрязнений, которые включают в себя брызги расплавленного металла, шлак, окалина.

Визуальному осмотру подвергаются все сварные соединения для выявления следующих дефектов сварки:

- 1) Термические трещины, заходящие на поверхность основного металла в зоне шва. А также трещины на поверхности наплавленного металла.
- 2) Наплывы и подрезы в зоне перехода от шва к основному металлу.
- 3) Дефекты следующего типа – прожоги, грубая чешуйчатость, кратеры.
- 4) Перекосы шва, вызванное отклонением от оси, а также значительное колебание ширины и высоты шва.

К внешнему виду сварных соединений предъявляются следующие требования:

- а) стандартная форма и размеры сварного шва;
- б) мелкая чешуйчатость поверхности сварного шва;
- в) не допускается наличие ноздреватости, свищей, скоплений пор, прожогов, незаплавленных кратеров, наплывов в местах перехода сварного шва к основному металлу трубы.

в) Переходы от основного металла к наплавленному должны быть плавными, в противном случае большие наплывы должны быть подрублены и зачищены наждачным кругом до приемлемого вида.

В случае обнаружения в процессе визуального осмотра сварного соединения недопустимых дефектов необходимо произвести вырезку или ремонт дефектного сварного соединения. Исправление чрезмерной величины наплавов в месте перехода к основному металлу от шва производят применением местной подрубки и зачистки наждачным кругом до образования плавного перехода к основному металлу от шва.

Контроль сварных соединений радиографическим методом производят после устранения дефектов, которые были выявлены внешним осмотром. Оценка качества сварных соединений по результатам радиографического контроля проводится с использованием балльной системы. Величина суммарного балла качества получается путём сложения наибольших баллов, которые были получены при отдельной оценке качества сварных соединений по группам дефектов. К первой группе таких дефектов относят плоскостные дефекты (трещины, несплавления, непровары). Ко второй группе таких дефектов относят объемные дефекты (поры, шлаковые включения) дефектам. Сварные соединения, которые были оценены указанным или большим баллом, следует исправлять и подвергать повторному контролю. Сварные соединения лопаток, которые были оценены суммарным баллом 4, исправлять не нужно, но необходимо провести дополнительный контроль с удвоенным от первоначального объема количеством стыков.

При контроле сварного шва источник следует располагать так, чтобы излучение проходило под углом к оси шва, что обеспечит отсутствие наложения изображений швов друг на друга.

1.4 Выбор способа сварки

Учитывая свойства материала лопаток, геометрические характеристики

изделия, программу выпуска, не следует анализировать электронно-лучевую сварку, лазерную и другие специальные способы сварки. Перечисленные способы требуют сложного, дорогостоящего оборудования. Технология сварки по указанным способам требует рабочих высокой квалификации. Применение таких методов оправдано при сварке специальных материалов, уникальных изделий.

Ручная дуговая сварка штучными электродами является наиболее распространенной в отрасли. Его главное преимущество - простота оборудования, и простота его эксплуатации, мобильность пути, возможность сварки различных материалов. Основным недостатком является малая степень механизации и автоматизации, и, как следствие, низкая производительность процесса, высокий расход аддитивного материала (электрода), так как держатель электрода остается частью электрода несгоревшим. В ручной дуговой сварки, зажигания дуги, поддержание ее длины во время сварки, перемещение вдоль кромок для сварки и подачи электрода в зону горения дуги, как он тает осуществляется вручную сварщиком. Качество сварного шва зависит от квалификации сварщика: способность быстро воспламенять дугу, поддерживать необходимую длину, равномерно перемещать дугу по кромкам, которые будут свариваться, выполнять необходимое колебательное движение электрода во время сварки, сваривать в разных пространственных положениях. Сравнительно небольшое количество сварочного тока не позволяет обеспечить высокую производительность метода.

Дуговая сварка в защитных газах - это общее название многих разновидностей этого метода, главной особенностью которого является то, что в процессе сварки вокруг дуги создается факел газовой среде, отличающейся по составу от воздуха. Эта среда защищает расплавленный металл от вредного воздействия воздуха.

Ток при дуговой сварке в защитных газах является достаточно высок. Сварка может быть классифицирована по способу создания газовой защиты,

типу защитного газа, типу электрода, виду тока, на котором выполняется сварка; степени механизации процесса.

Состав защитной среды подбирается с учетом особенностей сварного металла, толщины кромок, типа присадки и требований к сварным соединениям. Так, инертные газы, используются при сварке химически активных металлов. Смесь инертных газов с активными позволяет в некоторых случаях повысить стабильность дуги, увеличить глубину проникновения, улучшить внешний вид сварного шва, снизить разбрызгивание металла при выполнении сварки плавящимся электродом, увеличить плотность сварочного металла, повысить производительность сварки.

В сравнении со сваркой в защитных газах, сварку под флюсом можно характеризовать возможностью повышения производительности, снижения до минимума (0,5...3%) значения коэффициента потерь электродного металла на угар и разбрызгивание. Кроме этого, при горении закрытой дуги нет необходимости применять какие-либо дополнительные средства защиты от излучения дуги, брызг и возможного выплёскивания металла из сварочной ванны.

Принцип сварки под слоем флюса, рисунок 2.4, следующий. Дугу зажигают между свариваемой деталью и плавящимся электродом, предварительно, перед дугой наносят флюс слоем требуемой толщины. За счет тепла горячей дуги под слоем флюса формируется сварочная ванна. Тепло горячей дуги расходуется также на плавление части флюса. При этом происходит образование слоя жидкого шлака. Своим давлением горячие газы и пары металла оттесняют слой шлака и образуется закрывающий зону горения сварочной дуги пузырь. После перемещения дуги расплавившийся металл кристаллизуется и образуется наплавленный валик, и на поверхности валика образуется шлаковая корка. Важным преимуществом является высокая степень защиты зоны сварки и остывающего шва от атмосферного воздуха образовавшейся шлаковой коркой.

Поскольку газы и неметаллические загрязнения переходят в шлак, происходит рафинирование металла. Помимо этого, происходит обжатие дуги за счет увеличения давления в плавильном пространстве из-за облегания дуги шлаком, а это повышает эффективный коэффициент полезного действия сварочной дуги и ее проплавляющую способность.

Также из-за облегания плавильного пространства шлаком исключается разбрызгивание металла, а это позволяет увеличивать силу сварочного тока, в сравнении с ручной сваркой. Причем, потери электродного металла незначительны, не более 2-4 %. Еще одним преимуществом является отсутствие излучения сварочной дуги – она закрыта слоем флюса. Поэтому сварщику не требуется защитная маска и специальная защитная одежда.

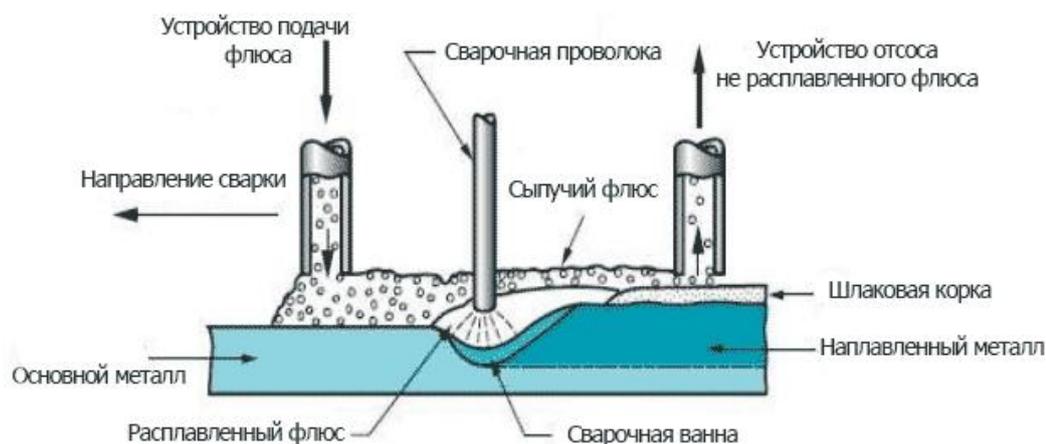


Рисунок 2.4 – Схема сварки под флюсом

Однако, есть недостатки и у данного способа. Трудно производить сварку в разных пространственных положениях, исключая нижнее, ввиду того что флюс осыпается. Сварка требует сложного, дорогостоящего оборудования.

1.5 Задачи бакалаврской работы

Анализ базовой технологии изготовления показал, что продолжительные швы, длина 1971 мм, соединяющие боковины и оголовок,

боковины и хвостовик, сваривают производя манипуляции сварочной горелкой вручную. Причем швы то прямолинейные.

Таким образом, для достижения поставленной в работе цели мы должны решить следующие задачи:

- Выбрать режимы автоматической сварки.
- Разработать технологический процесс, реализующий выбранный в разделе 1 способ сварки.
- Обеспечить защиту жизни и здоровья рабочих.
- Произвести экономическую оценку предложенной технологии.

.

.

2 Разработка технологического процесса пайки

2.1 Выбор режимов сварки под слоем флюса

Основные характеристики режима автоматизированной сварки под флюсом следующие:

- 1) Диаметр сечения сварочной проволоки;
- 2) Род сварочного тока, а также его полярность
- 3) Порядковый номер слоя шва;
- 4) Ток сварки $I_{св}$;
- 5) Дуговое напряжение U_d ;
- 6) Скорость подачи электродной проволоки в зону сварки $V_{пр}$;
- 7) Скорость выполнения сварки $V_{св}$;
- 8) Значение вылета электродной проволоки [6].

При выборе марки сварочной проволоки необходимо руководствоваться необходимостью обеспечения однородности как физико-механических свойств металла в зоне сварки, так и химсостава.

Для случаев, когда производится сварка деталей из стали марки 10X12НД, рекомендуется применение проволоки марки Св-15X12НМВФБ [6].

Таблица 2.1 – Химсостав проволоки Св-15X12НМВФБ [6]

С	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

При выборе режимов автоматизированной сварки под флюсом необходимо руководствоваться толщиной свариваемого металла. В нашем случае, для толщины металла 1 см рекомендуются следующие параметры сварки:

- Диаметр сечения сварочной проволоки – 4 миллиметра
- Ток сварки $I_{св}$ – 660-710 ампер

- Дуговое напряжение U_d – 28-36 вольт
- Скорость подачи электродной проволоки в зону сварки $V_{пр}$ – 210-230 см/мин
- Скорость выполнения сварки $V_{св}$ - 50...55 см/мин

Флюс должен пройти процедуру прокалики перед тем, как он он будет использован при сварке. Марка применяемого флюса - АНФ5. Данный флюс производят путем сплавления в печи фтористого натрия и флюоритового концентрата. Полученную смесь в сухом виде измельчают до нужного состояния. Особенностью данной марки флюса является отсутствие в нем кислородных соединений.

При прокатке флюса необходимо соблюдать параметры режима. Температура прокатки должна составлять порядка 350°C , при этом допускается отклонение от данного значения на $\pm 50^{\circ}\text{C}$. Длительность прокатки составляет 60-90 минут. Прокаленный флюс необходимо хранить исключительно в сухом помещении и использовать его в течение 15 дней с момента прокатки. Если в течение указанного срока флюс не был использован, то его необходимо. По истечении указанного срока флюс перед применением следует вновь прокалить. Прокалку флюса можно осуществлять многократно.

2.2 Проектная технология

Операции прихватки боковин и приварки технологических планок остаются как и в базовом техпроцессе.

Сборку конструкции под сварку производим на сварочном стенде. Укладываем на сварочный стенд лопатку, обеспечиваем параллельность сварного шва линии движения сварочной колонны. После чего фиксируем лопатку пневмоприжимами.

Подводим колонну с установленной на ней сварочной головкой, выставляем в заданное положение горелку. Включаем подачу флюса, зажигаем дугу, производим сварку. Используем сварочную головку АБС.

$I_{св} = 670-700$ А. Скорость сварки $50-55$ см/мин. $U_{д} = 29-35$ В. Скорость подачи сварочной проволоки $220-250$ см/мин. Завершают сварку после выхода дуги на технологическую планку. По окончании сварки производят поворот изделия на 180° . И свариваем следующие швы.

Приварку цапф и окончательный контроль изделия производим как и в базовом технологическом процессе.

3 Оборудование и оснастка

3.1. Выбор оборудования

На предприятии имеется участок для автоматической сварки под флюсом кольцевых обечаек и укрупнения сварки обечаек между собой. В состав участка входит вращатель, рельсовые пути для сварочной колонны, на сварочной колонне установлена головка сварочная АБС. Обеспечивает питание сварочной дуги трансформатор сварочный ТТСД-1000.

Головка АБС обеспечивает подачу токоведущей электродной проволоки и флюса в зону сварки, а также перемещение сварочной дуги вдоль шва. Процесс включения источника питания, подачи электродной проволоки и вращения свариваемого изделия обеспечивается блоком управления, расположенным в пульте управления головкой, после запуска сварочного цикла автоматически.

Электродная проволока с помощью электродвигательного привода механизма подачи поступает из кассетного устройства в зону сварки по горелке-токоподводу. Через флюсоподвод из бака головки подаётся защитный флюс.

Для сварки лопаток функция вращения не нужна. Поэтому отключаем ее, отключение функции вращения предусмотрено при сварке продольных швов обечаек.

Для установки лопастей используем простейший сварочный стенд, представляющий из себя стол, длиной 2000 мм и шириной 1000 мм. Стол устанавливается между роликами вращения на вращателе. Строго должна быть выставлена параллельность стола рельсам, по которым перемещается колонна. Точность до 3х мм.

Для позиционирования лопастей, имеющих сложную, лекальную форму на столе установлены ложементы.

3.2. Разработка приспособления для сборки

Общий вид приспособления приведен на рисунке 3.4, 3.5.

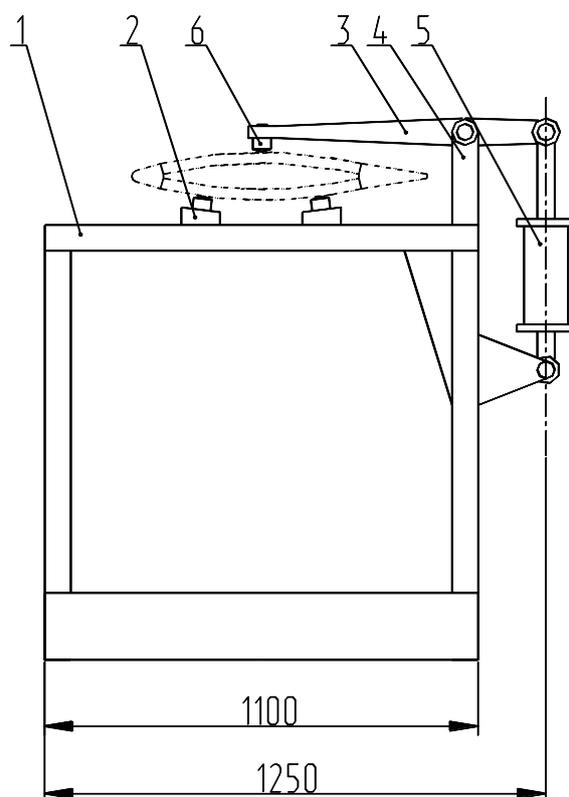


Рис. 3.4. Общий вид приспособления

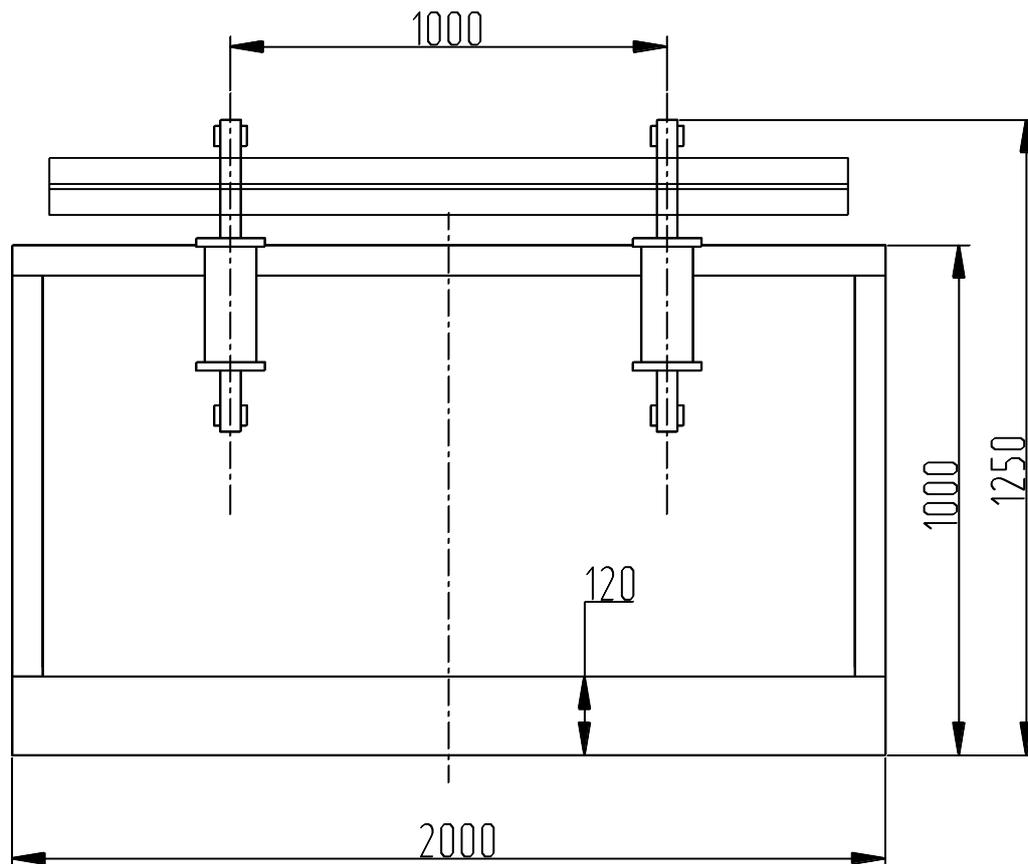


Рис. 3.5. Общий вид приспособления

Состоит приспособление из следующих деталей и узлов. 1 – рама; 2 – призма; 3 – рычаг; 4 – стойка; 5 – пневмоцилиндр 2011-70x70; 6 - Штырь прижимной 12*16.

Основание рамы приспособления для сборки выполняем из швеллера №12. С учетом габаритов приспособления расход составит 6 м. Стол для сборки и опоры стола выполним из уголка №7. Расход его составит 14 м.

4 Безопасность и экологичность проекта.

4.1 Характеристика участка сварки.

Тема выпускной работы бакалавра: «Технология сборки и сварки лопаток направляющего аппарата гидротурбины».

Участок сварки показан на рисунке 4.1.

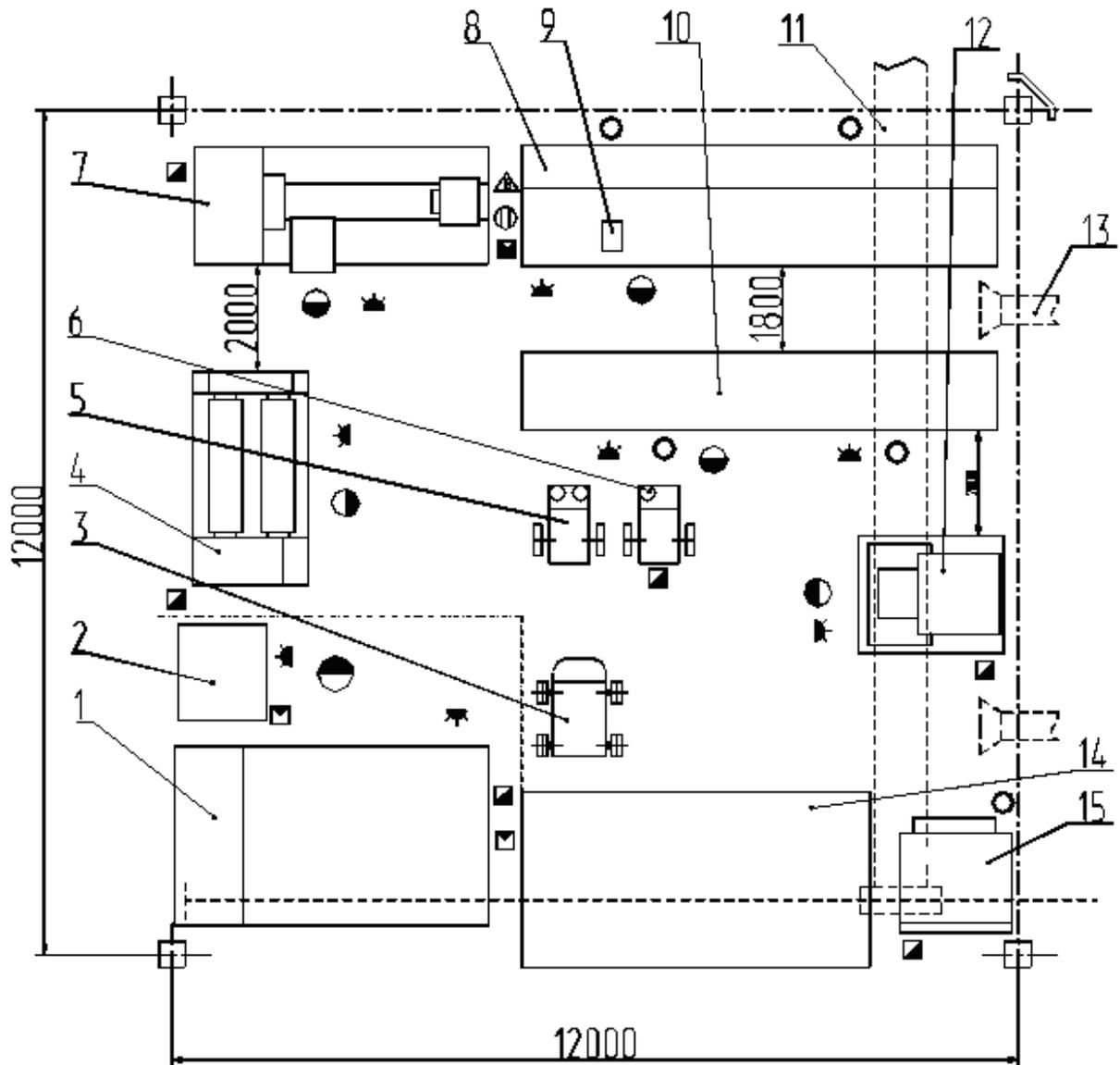


Рисунок 4.1 - Схема участка сварки

Спецификация оборудования участка представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Спецификация оборудования, инструментов для участка сварки.

№ позиции	Наименование оборудования, инструмента	Работы, операции, выполняемые на этом оборудовании или этим инструментом
1	Ножницы гильотинные	Резка листового металла
2	Пост входного контроля	Контроль на наличие дефектов
3	Тележка	Выполнение операций перемещения мелких деталей по участку
4	Вальцы	Придание требуемого профиля лопатке
5	Сварочный аппарат ТТСД-1000	Источник питания при сварке под флюсом
6	Источник питания УДГУ-351АС/DC,	Источник питания сварочной дуги
7	Станок токарный	Операции точения цапф
8	Рельсовый путь для колонны с головкой сварочной	Перемещение сварочной головки вдоль изделия
9	Колонна с головкой сварочной	Выполнение операций автоматической сварки
10	Сборочная оснастка	Сборка лопаток под сварку
11	Кран-балка	Выполнение операций перемещения изделий
12	Станок фрезерный 1К54Н	Выполнение операций фрезерования.
13	Приточная вентиляция	Обеспечение воздухообмена в помещении.
14	Станок кромкострогальный	Обработка кромок свариваемого изделия
15	Электропечь СНОЛ	Сушка электродов и термообработка

Таблица 4.2 - Паспорт объекта

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Должность работника, выполняющего данную технологическую операцию	Оборудование, устройства и приспособления, применяемые при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1	2	3	4
1. Подготовительная	Слесарь-сборщик, электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) вращатель 2) плазменно-воздушный резак 3) Щётка металлическая 4) машинка угловая шлифовальная	1) рукавицы 2) круг абразивный
2. Сборка, прихватка, контроль	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) приспособление 2) Выпрямитель ВД-306 М 3) стропы 4) шаблон УШС-3 5) линейка металлическая 6) машинка угловая шлифовальная	1) проволока Св-15Х12НМВФБ - 4 мм 2) флюс
3. Сварка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) источник питания 2) стропы 3) шаблон УШС-3 4) машинка угловая шлифовальная	1) проволока Св-15Х12НМВФБ - 4 мм 2) флюс
4. Контроль качества сварки	Дефектоскопист	1) лупа х4 2) шаблон сварщика УШС-3 3) стенд гидроиспытательный	-

4.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 4.2 –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 кромок	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека 	<ul style="list-style-type: none"> 1) вращатель 2) плазменно-воздушный резак 3) Щётка металлическая 4) машинка угловая шлифовальная
2. Сборка, прихватка, контроль	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне 	<ul style="list-style-type: none"> 1) центратор наружный 2) источник питания Aristo 1000 AC/DC SAW 3) стропы 4) шаблон УШС-3 5) линейка металлическая 6) машинка угловая шлифовальная

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
3. Сварка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне 	<ul style="list-style-type: none"> 1) источник питания Aristo 1000 AC/DC SAW 2) стропы 3) шаблон УШС-3 4) машинка угловая шлифовальная
4. Контроль качества сварки	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека 	<ul style="list-style-type: none"> 1) лупа х4 2) шаблон сварщика УШС-3 3) стенд гидроиспытательный

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

Таблица 4.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Наименование предлагаемого организационного мероприятия и технического средства, осуществляющего защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1	2	3
- Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Перчатки, спецодежда.

Продолжение таблицы 4.3

- Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующая окраска, применение ограждения	-
- Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Спецодежда, перчатки
- Повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
- Повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика

4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 4.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Наименование первичного средства для осуществления тушения	Наименование мобильного средства для осуществления тушения	Наименование стационарных систем и установок для осуществления тушения	Наименование пожарной автоматики	Наименование пожарного оборудования, применяющегося для тушения	Наименование средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при тушении	Наименование пожарного инструмента	Наименование пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка трубопровода	Установка для индукционного нагрева, источник питания сварочной дуги	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	замыкания на проводящих ток частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей

Таблица 4.6 – Проведение организационных и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка кромок, сборка теплообменника, сварка теплообменника и контроль качества сварных соединений	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов с целью ограничения разлёта искр.

4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 4.7 – 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
Подготовка кромок, сборка лопаток, сварка лопаток и контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Подготовка стыка, сборка труб под сварку, выполнение сварки, контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Выделяемые при сварке газообразные частицы и сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом .

Таблица 4.8 – Организационно-технические мероприятия обеспечивающие снижение негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка трубопровода
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Следует предусмотреть установку контейнеров, позволяющих проводить селективный сбор производственных отходов и бытового мусора. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди рабочих сварочного участка по вопросу правильного складывания мусора и отходов в контейнеры.

4.6 Заключение по разделу

В ходе выполнения данного раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа

установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. При внедрении проектной технологии возможны угрозы экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

5 Экономическая эффективность проекта

В работе разрабатывается технология сварки лопатки направляющего аппарата гидротурбины. По базовому варианту сваривают полуавтоматической сваркой в среде аргона с применением сварочной проволоки Св-15Х12НМВФБ.

В проектном варианте применяется автоматическая дуговая сварка под флюсом. Для сварки используется сварочная проволока Св08Г2С и флюс АН-17. Также в проектном варианте разрабатывается оснастка для сварки.

Целью дипломного проекта является повышение производительности труда при изготовлении лопаток направляющего аппарата гидротурбины за счет автоматизации процесса. Расчет велся по изменяющимся статьям затрат на изменяющиеся операции техпроцесса. Так как по базовому и проектному варианту изменяется только сам процесс сварки, подготовительно – заключительные операции остались без изменения. В экономическом разделе считаем только затраты на сварку лопатки направляющего аппарата гидротурбины.

5.1 Исходные данные для расчетов

Исходные данные отражены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные

№ п/п	Показатели	Условные обозначения	Единицы измерения	Варианты	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Программа годовая	Нпр	шт	200	200
2	Цена присадки.	Цэл	Руб/кг	780	640
3	Часовая тарифная ставка	Сч	Руб/час	74,89	53,16
4	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	10	10
6	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Осн	%	30	30

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4	5	6
7	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	ктз	-	1,05	1,05
8	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб	85000	270000
9	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	18	18
10	Рыночная цена флюса	Цфл	Руб/кг	-	28
11	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,78	0,8
12	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цээ	Руб/кВт	2,2	2,2
13	Удельный расход защитного газа	Узг	М ³ /час	50	-
14	Стоимость защитного газа	Цзг	Руб/м ³	50	-
15	Стоимость аренды площади	Сэкспл	Руб/м ²	1800	1800
17	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	М ²	8	11
18	Стоимость приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м ²	3000	3000
19	Принятая величина коэффициента затрат по демонтажу оборудования базового варианта	-	%	2	2
20	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех		2,50	2,50
21	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав		1,8	1,8
22	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
23	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	2	2

5.2 Вычисление времени на операции сварки

Для определения 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 $t_{шт}$ – общее время, которое затрачивает персонал на выполнение операций технологического процесса;

$t_{маш}$ – время, которое затрачивает персонал непосредственно на выполнение сварочных операций;

$t_{\text{ВСП}}$ – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – время на подготовительно – заключительные операции, 1% $t_{\text{МАШ}}$.

Машинное время рассчитаем по зависимости:

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

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

$L_{\text{ш}}$ – протяженность сварных швов в корпусе, м;

$I_{\text{св}}$ – значения параметров тока сварки, А;

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

Для определения веса наплавленного металла воспользуемся зависимостью:

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

где ρ – плотность стали, г/см³ (для стали $\rho = 7,8$ г/см³);

$F_{\text{н}}$ – поперечного сечение валика, мм².

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

Общая длина сварных швов лопатки, рассчитанная согласно данным на чертеже изделия, составит 1435 см.

Подставляя данное значение в 5.3 вычислим:

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

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

$$t_{\text{об}} = \frac{60 * 1,006 * 14,35}{200 * 9} = 0,481 \text{ час} = 28,8 \text{ мин.}$$

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

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

где $V_{\text{св}}$ – скорость автоматического перемещения сварочной головки, 30 м/час;

$L_{\text{ш}}$ – с учетом того, что конструкция корпуса неизменна, также неизменно, если сравнивать с базовым вариантом технологии, м.

$$t_{\text{опр}} = \frac{60 \cdot 14,35}{40} = 21,52 \text{ мин.} = 0,35 \text{ час.}$$

Подставив в (5,1) заданные значения, получим:

$$t_{\text{штб}} = 35,804 \text{ мин.} = 0,59 \text{ час.}$$

$$t_{\text{штпр}} = 26,68 \text{ мин.} = 0,44 \text{ час.}$$

5.3 Капитальные вложения в оборудование

Расчётное определение величины капитальных затрат, сопровождающих реализацию технологии производим с использованием следующей зависимости:

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{кон}} \quad (5.5)$$

где: $K_{\text{пр}}$ – затраты на закупку оборудования, осуществляемые напрямую, руб.;

$K_{\text{кон}}$ – затраты на закупку оборудования, осуществляемые опосредованно, руб.

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

$$K_{\text{пр}} = \sum \text{Ц}_{\text{об}} * k_3 \quad (5.6)$$

где $\sum \text{Ц}_{\text{об}}$ – рыночная стоимость оборудования, руб.;

k_3 – коэффициент указывающий, до какой степени задействовано оборудование при выполнении годовой программы.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

:

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

где: $N_{пр}$ – принятое значение годовой программы, шт.;

$t_{шт}$ – время сварки одной лопатки, мин.;

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

Для выполнения $N_{пр}$ округлим полученное количество оборудования до целых значений в большую сторону ($n_{об.прин}$).

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

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

Величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования:

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

где: D_k – количество дней в году;

$D_{вых}$ – выходные дни;

$D_{пр}$ – праздничные дни;

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

S – количество рабочих смен;

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

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

$$n_{об.расчетн} = \frac{200 * 35,8049}{1812 * 60} = 0,065 \text{ шт}$$

$$n_{\text{об.расчетнпр}} = \frac{200 * 266,849}{1812 * 60} = 0,49 \text{ шт}$$

$$k_{зб} = \frac{0,065}{1} = 0,065$$

$$k_{зпр} = \frac{0,049}{1} = 0,049$$

$$K_{прб} = 85000 * 0,065 = 5525 \text{ руб.}$$

$$K_{прпр} = 276000 * 0,049 = 13524 \text{ руб.}$$

Принятая величина сопутствующих капитальных вложений определяется по зависимости:

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

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

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

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

$$K_{\text{монт}} = \Sigma C_{\text{об}} * k_{\text{монт}} \quad (5.11)$$

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

$$K_{\text{монт}} = 276000 * 0,2 = 55200 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{дем}} = \Sigma C_{\text{об}} * k_{\text{дем}} \quad (5.12)$$

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

$$K_{\text{дем}} = 85000 * 0,2 = 17000 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{площ}} = S_{\text{площ}} * C_{\text{площ}} * g * k_з \quad (5.13)$$

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

$$K_{\text{плоч}} = 10 \cdot 3000 \cdot 3 \cdot 0,49 = 44100 \text{ руб}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{пр}} = 55250 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{ПП}} = 13524 + 55200 + 17000 + 44100 = 129824 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости

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

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 5525/200 = 22,05 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{ПП}} = 129824/200 = 649,12 \text{ руб.}$$

5.4 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.

Расчетная величина расходов на материалы, расходуемые при сварке лопатки:

$$ЗМ = ЗМ_{\text{ОСН}} + ЗМ_{\text{ВСП}}$$

Затраты на основные материалы остаются неизменными, поэтому их не учитываем

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

$$ЗМ_{\text{СВ}} = ЗМ_{\text{СВПР}} + З_{\text{ЗГ}} \quad (5.19)$$

Подставим в 5.15 необходимые значения получим.

$$ЗМ_{\text{СВБ}} = 1182 + 221,5 = 1403,5 \text{ руб.}$$

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

$$ЗМ_{\text{СВ}} = ЗМ_{\text{СВПР}} + ЗМ_{\text{фл}} \quad (5.20)$$

Расход флюса вычислим по зависимости:

$$H_{\text{фл}} = k_{\text{фл}} \cdot H_{\text{св.пров}} \quad (5.21)$$

где $k_{фл}$ – коэффициент учитывающий расход флюса согласно табличным данным, 1,2.

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

$$З_{Мфл} = 21,42 * 28 = 499,24 \text{ руб.}$$

$$З_{Мпр} = 1142 + 499,24 = 1641,24 \text{ руб.}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости

$$З_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_{об}}{КПД} Ц_{э-э} \quad (5.28)$$

где $P_{об}$ – полезная мощность оборудования, кВт;

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

КПД – коэффициент полезного действия установки.

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

$$P_{обб} = 200 * 30 = 6000 \text{ Вт} = 6 \text{ кВт}$$

$$З_{э-э}^Б = \frac{6 \cdot 0,481}{0,75} 2,2 = 8,47 \text{ руб.}$$

$$P_{обпр} = 600 * 30 = 18000 \text{ Вт} = 18 \text{ кВт}$$

$$З_{э-э}^{ПР} = \frac{18 \cdot 0,358}{0,8} 2,2 = 17,755 \text{ руб.}$$

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

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

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

$P_{т.р}$ – затраты на текущий ремонт оборудования, руб.;

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

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

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

$Наоб$ – норма амортизации оборудования, %;

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

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

Для определения расходов на текущий ремонт оборудования воспользуемся зависимостью:

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

где $H_{т.р}$ – коэффициент, учитывающий расходы на ремонт оборудования, $\approx 35\%$;

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

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

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 производим на основании зависимости:

$$З_{площ} = \frac{C_{площ} * S_{площ} * На_{площ} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 100 * 60} \quad (5.33)$$

где: $C_{площ}$ – цена 1м^2 производственной площади, руб.;

$Na_{плоч}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{плоч}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м²;

$$z_{плоч}^{б} = \frac{3000 * 8 * 2 * 35,8}{1812 * 100 * 60} = 0,15 \text{ руб.}$$

$$z_{плоч}^{пр} = \frac{3000 * 11 * 2 * 26,68}{1812 * 100 * 60} = 0,16 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}} \quad (5.34)$$

Для расчётного определения основной заработной платы используем зависимость:

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

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

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

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

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^б = 0,596 \cdot 74,89 \cdot 1,81 = 80,88 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{пр} = 0,444 \cdot 53,16 \cdot 1,81 = 42,78 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

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

где $k_{д}$ – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой, 10%.

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^б = 80,88 \cdot 10 / 100 = 8,08 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{пр} = 42,78 \cdot 10 / 100 = 4,27 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗПб} = 80,88 + 8,088 = 88,97 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗПпр} = 42,78 + 4,27 = 47,06 \text{ руб.}$$

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

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot \text{Нсоц} / 100 \quad (5.38)$$

где Нсоц – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, 30 %.

Подставив в (5.38) необходимые значения, получим:

$$O_{\text{сн}}^{\text{б}} = 88,97 \cdot 30 / 100 = 26,69 \text{руб.}$$

$$O_{\text{сн}}^{\text{пр}} = 47,06 \cdot 30 / 100 = 14,12 \text{руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{тех}} = 3\text{М} + 3\text{э-э} + 3\text{об} + 3\text{пл} + \text{ФЗП} + O_{\text{сн}} \quad (5.39)$$

Подставив в (5.39) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{тех}}^{\text{б}} = 1637,40 + 8,47 + 6,10 + 0,15 + 88,97 + 26,61 = 1767,79 \text{руб.}$$

$$C_{\text{тех}}^{\text{пр}} = 1641,60 + 17,75 + 14,76 + 0,16 + 47,06 + 14,12 = 1735,46 \text{руб.}$$

5.5 Цеховая себестоимость

Расчётное определение величины цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + P_{\text{цех}} ; \quad (5.40)$$

где $P_{\text{цех}}$ – сумма цеховых расходов, руб.

$$P_{\text{цех}} = k_{\text{цех}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (5.41)$$

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

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата рабочих, руб.

Подставив в (5.41) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{цех}}^{\text{б}} = 1767,79 + 80,88 \cdot 2,5 = 1767,79 + 202,20 = 1970,0 \text{руб.}$$

$$C_{\text{цех}}^{\text{пр}} = 1735,46 + 42,78 \cdot 2,5 = 1735,46 + 106,97 = 1842,43 \text{руб.}$$

5.6 Заводская себестоимость

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

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

где $P_{\text{зав}}$ – сумма заводских расходов, руб.

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

Подставив в (5.42) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{Б}} = 1970,0 + 80,88 \cdot 1,8 = 1970,00 + 145,58 = 2115,59 \text{руб.}$$

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{ПР}} = 1842,43 + 42,78 \cdot 1,8 = 1842,43 + 77,02 = 1919,45 \text{руб.}$$

Результаты выполненных расчетов обобщим в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Калькуляция себестоимости изготовления одной лопатки

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	Проект
1	2	3	4	5
1	Материалы	М	1,29	1,40
2	Фонд заработной платы	ФЗП	12,61	3,12
3	Отчисления на социальные нужды	О _{СН}	4,28	1,06
4	Затраты на электроэнергию	Зэ-э	0,34	0,70
5	Затраты на площади	Зпл	0,47	7,6
6	Затраты на оборудование	Зоб	0,41	0,3
	Себестоимость технологическая	Стех	18,98	13,48
7	Расходы цеховые		28,15	6,97
	Себестоимость цеховая	Сцех	47,13	20,45
8	Расходы заводские		24,20	5,99
	Себестоимость заводская	Сзав	71,33	26,44

5.7 Расчет экономической эффективности проекта

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

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

$$\mathcal{E}_{\text{у.г.}} = (2115,59 - 1919,45) \cdot 200 = 39227,92 \text{руб.}$$

Для определения размера годового экономического эффекта воспользуемся формулой

$$\text{ЭГ} = [(C_{ЗАБ}^Б + E_H \cdot K_{УД}^Б) - (C_{ЗАБ}^{ПП} + E_H \cdot K_{УД}^{ПП})] \cdot N_{Пр} \quad (5.44)$$

$$\text{ЭГ} = [(2115,59 + 0,33 \cdot 22,05) - (1919,45 + 0,33 \cdot 74,14)] \cdot 200 = 35636,56 \text{ руб.}$$

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

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

Подставив в (5.45) необходимые значения, получим:

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

Величину показателя увеличения производительности труда определим по формуле:

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

Подставив в (5.46) необходимые значения, получим:

$$\Delta П_T = \frac{100 \cdot 52}{100 - 52} = 108\%$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

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

$$T_{ок} = \frac{129824}{39227,92} \approx 1,5 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{ср} = 1/T_{ок} = 1/1,5 = 0,66. \quad (5.48)$$

5.8 Выводы

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, как технологическая и заводская себестоимость сварки.

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 52 %, увеличение производительности труда на 108 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 39,2 тыс. рублей. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 35,6 тыс. рублей. Капитальные вложения в оборудование размером 148 тыс. рублей будут окуплены за 1,5 года.

На основании вышеизложенного делаем вывод о том, что разработанная технология сварки обладает экономической эффективностью..

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан технологический процесс автоматической сварки лопаток, в котором, в отличие от базового, где все сварные швы выполняются вручную технологией аргонодуговой сварки, применена технология автоматической сварки. Это позволяет уменьшить трудоемкость изготовления изделия и качество изделия улучшается.

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов.

Для реализации разработанной технологии подобрано оборудование.

При внедрении результатов бакалаврской работы предполагается получить годовой экономический эффект в размере 36 тыс. руб. Цель проекта достигнута

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Корольков П. М. Термическая обработка сварных соединений трубопроводов и аппаратов, работающих под давлением / П. М. Корольков. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1987. - 233 с.
2. Акшенцева А. П. Структура и свойства никельмолибденовых коррозионностойких сплавов : (с атласом микроструктур) : справочник / А. П. Акшенцева. - Москва : СП Интернет Инжиниринг, 1999. - 204 с.
3. Изучение сварочного трансформатора : метод. указания к лаб. работе №4 по дисциплине "Электротехнологические установки" / сост. М. А. Бондаренко [и др.] ; науч. ред. В. М. Салтыков ; ТГУ ; Каф. "Электроснабжение промышленных предприятий". - Тольятти : ТГУ, 2003. - 13 с.
4. Марфин К. С. Источники питания сварочной дуги : учеб. Пособие [Текст] / К. С. Марфин. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2000. - 172 с.
5. Гитлевич А.Д., Этитоф А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства [Текст] / А.Д. Гитлевич, А.А. Этитоф. - М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
6. Михлюк С. П. Технология и оборудование для сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. [Текст] / С. П. Михлюк - Ростов н/Д. : Феникс, 2002. - 215 с.
7. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций [Текст] / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
8. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ [Текст] / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
9. Рыбаков А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ [Текст] / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
10. Чебац В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие [Текст] / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.

11. Александров А.Р. Источники питания для дуговой сварки [Текст] / А.Р. Александров, В.С. Милютин. - М.: Машиностроение, 1982-427 с.
12. Селиванов В. А. Сварка трубопроводов и резервуаров из алюминия и его сплавов [Текст] / В. А. Селиванов. – М.: Стройиздат, 1976. - 233 с.
13. Сахно К. В. Технология сварки металлов: учебник для вузов [Текст] / К. В. Сахно. - Киев : Вища школа, 1977. - 180 с.
14. Спиваков В.И., Орлов Э.А. Исследование влияния деформационно-термических параметров асимметричного охлаждения на плоскостность, микроструктуру и механические свойства листов. // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб.научн.тр.ИЧМ. К.: — Наукова думка, 2002. – Вып.4. – С. 321.
15. Сэйдж А.М. Металлофизический обзор высокопрочных низколегированных сталей для труб и фиттингов. // Стали для газопроводных труб и фиттингов. Труды конференции. – М.: Металлургия, 1985. – С.38– 59.
16. Выбойщик Л. М., Лучкин Р. С., Платонов С. Ю. Структурный фактор коррозионно-механической прочности сварных соединений нефтепромысловых труб // Сварочное производство. - №6 - 2008, с 12-17.
17. Масленников А.В. Разработка технологического процесса сварки неповоротных стыков трубопроводов на основе оптимизации параметров режима : диссертация ... кандидата технических наук : 05.03.06 / Масленников Александр Васильевич; [Место защиты: Рос. гос. технол. ун-т им. К.Э. Циолковского (МАТИ)] - Москва, 2008.
18. Ефименко Л. А., Капустин О. Е., Илюхин В. Ю., Коновалова О. В. — Анализ склонности трубных сталей различной категории прочности к термомеханическому старению // Сварочное производство. 2008. №1 — С. 10-12.
19. Федосеева Е.М. Повышение качества сварных соединений сталей трубного назначения для обеспечения эксплуатационной безопасности магистральных трубопроводов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.03.06 / Федосеева Елена Михайловна; [Место защиты: Рос. гос. технол. ун-т им. К.Э. Циолковского (МАТИ)] - Москва, 2008.

- наук : 05.02.10 / Федосеева Елена Михайловна; [Место защиты: Перм. гос. техн. ун-т]. - Пермь, 2011. - 140 с.
20. Уткин И.Ю. Роль микролегирующих элементов в формировании механических свойств околошовной зоны при сварке прямошовных труб большого диаметра групп прочности X70–X80: диссертация ... кандидата Технические наук: 05.16.01 / Уткин Иван Юрьевич; [Место защиты: Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина].- Москва, 2016.
21. В.Н. Радзиевский, Г.Г. Ткаченко. Высокотемпературная вакуумная пайка в компрессоростроении. К.: Экотехнология, 2009. 400 с.
22. А. А. Кайдалов. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. К.: Экотехнология, 2004. 40 с.