

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Электронного образования  
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
Кафедра Оборудования и технологии сварочного производства

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Технология сборки и сварки рабочего колеса вентилятора</b>

УДК 621.757:621.791:621.63

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Дворников Е.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Князьков А.Ф.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Баннова К.А.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сопруненко Э.Е.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселев А.С.	К.Т.Н.		

Томск – 2017 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного образования  
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
 Кафедра оборудования и технологии сварочного производства

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой Киселев А.С.

\_\_\_\_\_  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Дворников Е.В.

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)	20.04.2017 №2789/с

Срок сдачи студентом выполненной работы: (дата)	6.06.2017
-------------------------------------------------	-----------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования; документы конференции и отчеты НИР; программное обеспечение).</i></p>	<p>Чертеж рабочего колеса вентилятора</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования; разработка алгоритмов и программ; описание методов исследования обработки результатов; анализ полученных результатов; дополнительные разделы, подлежащие разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Анализ состояния сварки сплавов алюминия</li> <li>2. Описание конструкции</li> <li>3. Выбор способа сварки</li> <li>4. Выбор оборудования</li> <li>5. Разработка технологического процесса</li> <li>6. Разработка оснастки</li> <li>7. Контроль качества</li> <li>8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> </ol>

	9. Социальная ответственность
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Особенности сварки алюминия</li> <li>2. Чертеж изделия</li> <li>3. Характеристика способа сварки</li> <li>4. Выбор оборудования</li> <li>5. Технологический процесс</li> <li>6. Оснастка для сборки</li> <li>7. Финансовый менеджмент и социальная ответственность</li> <li>8. заключение</li> </ol>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Баннова Кристина Алексеевна
2. Социальная ответственность	Сопруненко Элина Евгеньевна
3. Английский язык	

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**


<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	25.03.2017
-------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Князьков Анатолий Федорович	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Дворников Евгений Вячеславович		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 116 с., 24 рис., 35 табл, 14 источников.

Ключевые слова: колесо рабочее, переменный ток, магналий, импульсный ток, вольфрамовый электрод, технологический процесс, присадочный материал.

Объектом исследования является процесс сварки неплавящимся электродом на переменном токе.

Предметом исследования является технология сборки и сварки рабочего колеса вентилятора с применением импульсного режима на переменном токе.

Целью данного проекта является разработка технологии сборки и сварки рабочего колеса вентилятора с применением импульсного режима на переменном токе.

Полученные результаты и их новизна – установлено, что применение новой технологии сборки на прихватках и сварки, уменьшает пластические деформации. Применение импульсного режима сварки повышает качество сварных швов, а так же уменьшает время нагрева кромок за счёт более концентрированного нагрева, соответственно сокращается время охлаждения между группами швов и прихваток.

Выпускная квалификационная работа бакалавра выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и графическом редакторе “КОМПАС-3D V16” и представлена на диске CD-RW (в конверте на обороте обложки).

## Abstract

Final qualification work 116 pp., 24 pic., 35 tables, 14 sources.

Key words: working wheel, alternating current, magnolia, pulse current, tungsten electrode, technological process, filler material.

The object of the study is the process of welding with a non-consumable electrode using alternating current.

The subject of the study is the technology of assembling and welding the impeller of the fan with the use of a pulsed mode with alternating current.

The purpose of this project is to develop a technology for assembling and welding the impeller of a fan using a pulsed AC mode.

The results obtained and their novelty - it is established that the use of a new technology of assembly on tack and welding, reduces plastic deformation. The use of impulse welding mode improves the quality of welded joints, as well as reduces the time of edge heating due to more concentrated heating, thus reducing the cooling time between the seam groups and tack welds.

Graduation qualification work of the bachelor is executed in the text editor Microsoft Word 2016 and the graphic editor "COMPASS-3D V16" and is presented on the CD-RW (in the envelope on the back cover).

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

- $\sigma_B$  – предел кратковременной прочности, МПа;
- $\sigma_T$  – предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), МПа;
- $\delta_5$  - относительное удлинение при разрыве, %;
- T – температура, °С;
- E – модуль упругости первого рода, МПа;
- $\alpha$  – коэффициент температурного (линейного) расширения, 1/Град;
- $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м\*град);
- $\rho$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;
- C – удельная теплоемкость материала, Дж/(кг\*град);
- R – удельное электросопротивление, Ом\*м;
- $U_{и}$  – напряжение источника питания дуги, В;
- $U_{д}$  – напряжение дуги, В;
- $I_{д}$  – ток дуги, А;
- $I_{п}$  – постоянная составляющая тока дуги, А;
- $t_1$  – время протекания тока импульса, сек;
- $t_2$  – время протекания паузы, сек;
- $A_1$  – амплитуда тока положительной полярности во время паузы
- $A_2$  – амплитуда тока отрицательной полярности во время паузы
- $A_3$  – амплитуда тока положительной полярности во время импульса
- $A_4$  – амплитуда тока отрицательной полярности во время импульса
- $AMP_{puls}$  – ток импульса, А;
- $AMP_{pause}$  – ток паузы, А;
- $t_{pause}$  – длительность сварочного импульса, сек;
- $t_{puls}$  – длительность паузы между импульсами, сек.
- TIG – сварка неплавящимся, вольфрамовым электродом в среде инертных газов;
- DCEN – отрицательный электрод постоянного тока

DCSP – положительный электрод постоянного тока

AC – переменный ток

DC – постоянный ток

EN – прямая полярность

EP – обратная полярность

DC MIG - полуавтоматическая сварка электродной проволокой в среде защитного газа, постоянным током

MMA – ручная дуговая сварка штучными электродами с покрытием

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1 Анализ состояния сварки сплавов на основе алюминия.....	13
1.1 Специфика сварки.....	13
1.1.1 Теплопроводность.....	13
1.1.2 Наличие окисной пленки.....	13
1.1.3 Выпрямляющие действие дуги.....	15
1.1.4 Затруднение зажигания дуги при смене полярности.....	16
1.1.5 Влияние водорода.....	18
1.2 Способы сварки.....	20
1.2.1 На переменном токе.....	20
1.2.2 Вольфрамовый электрод для сварки алюминия.....	21
Выводы.....	24
2 Описание конструкции.....	25
2.1 Общее представление конструкции.....	25
2.2 Материал конструкции.....	28
2.3 Свойства материала АМгб.....	29
3 Выбор способа сварки.....	31
3.1 Свариваемость алюминия.....	31
3.2 Способы сварки алюминия.....	32
3.2.1 Сварка алюминия штучными покрытыми электродами (режим ММА).....	32
3.2.2 Сварка вольфрамовым электродом в инертном газе (режим АС TIG).....	34
3.2.3 Сварка алюминия полуавтоматами (режим DC MIG).....	35
Вывод.....	37
4 Выбор оборудования.....	38
4.1 Установка для сварки TETRIX 300 AC/DC SYNERGIC activArc.....	38
4.2 Установка для сварки TRITON ALUTIG 200P AC/DC.....	41
5 Разработка оснастки.....	43



6	Разработка технологического процесса.....	47
6.1	Заготовительные операции.....	47
6.2	Травление и осветление.....	50
6.3	Сборка в оснастке.....	50
6.4	Режимы и параметры сварки.....	56
6.5	Сварка.....	57
6.6	Термическая обработка.....	58
6.7	Операции после сварки.....	58
7	Контроль качества.....	60
8	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...64	
8.1	Предпроектный анализ.....	64
8.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	64
8.1.2	Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	65
8.1.3	FAST – анализ.....	66
8.1.4	SWOT-анализ.....	71
8.1.5	Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	74
8.2	Инициация проекта.....	76
8.3	Планирование управления проектом.....	78
8.3.1	План проекта.....	78
8.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	79
8.4	Бюджет научного исследования.....	83
8.4.1	Расчет материальных затрат НИИ.....	83
8.4.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ....	84
8.4.3	Расчет фонда заработной платы.....	85
8.4.4	Расчет дополнительной заработной платы.....	87
8.4.5	Расчет отчислений во внебюджетные фонды.....	88
8.4.6	Расчет накладных расходов.....	88
8.4.7	Формирование бюджета затрат НИИ.....	89

8.5	Определение ресурсной финансовой и бюджетной эффективности исследования.....	89
	Выводы.....	91
9	Социальная ответственность.....	94
9.1	Анализ сварочного производства.....	94
9.1.1	Электромагнитное излучение сварочной установки.....	95
9.1.2	Ультрафиолетовое излучение.....	95
9.1.3	Освещение рабочего места.....	97
9.1.3.1	Расчет системы общего люминесцентного освещения.....	97
9.1.4	Вредные вещества в воздухе рабочей зоны.....	100
9.1.5	Электробезопасность.....	101
9.1.6	Пожарная безопасность.....	103
9.2	Охрана окружающей среды.....	107
9.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	110
9.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	112
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	115
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	117

CD диск в конверте на обороте обложки

## ВВЕДЕНИЕ

**АКТУАЛЬНОСТЬ.** Повышение эффективности и улучшение качества производимых металлоконструкций из сплавов на основе алюминия является актуальной задачей на сегодняшний день. Наличие окисной пленки на поверхности изделий из алюминиевых сплавов требует применения переменного тока, чтобы в период обратной полярности переменного тока производить распыление окисной пленки. При сварке конструкций типа центробежного колеса вентилятора, когда осуществляется сварка нестандартных швов малой длины и небольших толщин ситуация усложняется особенностями сплавов алюминия. К таким особенностям относятся не только наличие окисной пленки, но и высокая теплопроводность материала изделия и наличие постоянной составляющей в переменном сварочном токе, что может привести к выходу из строя сварочного трансформатора.

Несмотря на хорошие показатели процесса сварки, неплавящимся электродом в аргоне переменным током, концентрация теплового потока в изделии недостаточна, что приводит к перегреву и прожогу. Необходимы мероприятия повышения этого процесса сварки, которые позволят вводить тепло более концентрированно и снизить зону разогрева изделия. Это можно осуществить путем питания сварочной дуги импульсами сварочного тока между которыми горит дежурная дуга. При этом импульс сварочного тока состоит из переменного прямоугольного тока.

В соответствии с этим разработан технологический процесс сварки и выбрано оборудование.

Целью данного проекта является разработка технологии сборки и сварки рабочего колеса вентилятора с применением импульсного режима на переменном токе.

Объектом исследования является процесс сварки неплавящимся электродом на переменном токе.

Предметом исследования является технология сборки и сварки рабочего колеса вентилятора с применением импульсного режима на переменном токе.

Материалы данной выпускной квалификационной работой приняты для рассмотрения на предмет практического применения в производственных условиях.

# 1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СВАРКИ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ

## 1.1 Специфика сварки

### 1.1.1 Теплопроводность

Алюминий и его сплавы имеют большую теплопроводность, теплоемкость и скрытую теплоту плавления. Теплопроводность алюминия в три раза выше теплопроводности низкоуглеродистой стали; при нагреве от 20 до 600°С разность в теплопроводности еще более возрастает.

Высокие теплопроводность и теплоемкость алюминия требуют применения мощных источников тепла, а в ряде случаев подогрева. Высокий коэффициент линейного расширения и малый модуль упругости способствуют появлению значительных сварочных деформаций, что требует применения надежных зажимных приспособлений и устранения деформаций после сварки в ответственных конструкциях. В алюминии отсутствует пластическое состояние при нагреве и переходе из твердого в жидкое состояние, при этом алюминий не меняет своего цвета, а в области температур более 400—450 °С имеется провал прочности и пластичности, поэтому рекомендуется сварка на подкладках.

Высокий коэффициент вязкости и быстрый теплоотвод затрудняют формирование шва, поэтому требуется соблюдение необходимых разделок кромок. Все перечисленные трудности и особенности сварки алюминия требуют тщательной подготовки под сварку и тщательное соблюдение технологии сварки.

### 1.1.2 Наличие окисной пленки

Низкая удельная плотность (2,7 г/см<sup>3</sup>) и температура плавления (660° С) алюминия по сравнению с высокой удельной плотностью окисла алюминия Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3,85 г/см<sup>3</sup>) и его температурой плавления (2060° С) затрудняют процесс сварки. Тугоплавкий и тяжелый окисел Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> может оставаться в металле шва и снижать работоспособность сварного соединения. При сварке алюминия и его сплавов необходимо применять различные способы борьбы с окислом Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Во

всех случаях поверхность металла изделия должна зачищаться непосредственно перед сваркой и процесс сварки должен протекать с защитой расплавленного металла от действия газов воздуха.

Используют три способа борьбы с окислом алюминия: сварка с растворителем окислов (электродные покрытия, флюсы), сварка без растворителей, но с так называемым катодным распылением, и сварка с механическим удалением окислов из сварочной ванны.

Растворителями окисла  $Al_2O_3$  и других окислов являются галоидные соли щелочноземельных металлов (хлористый, фтористый литий и др.), которые растворяют окислы и вместе с ними поднимаются из сварочной ванны в сварочный шлак. Так как раствор обладает пониженной температурой плавления, меньшей удельной плотностью и меньшей вязкостью, чем каждый компонент в отдельности, то он выводится из металла шва в сварочный шлак.

Сущность катодного распыления состоит в том, что при дуговой сварке в аргоне на постоянном токе при обратной полярности происходит дробление окисной пленки  $Al_2O_3$  с последующим распылением частиц окисла на поверхности сварного изделия. Тонкая окисная пленка, покрывающая сварочную ванну, разрушается под ударами тяжелых положительных ионов защитного газа аргона, образующихся при горении дуги. Так как положительный ион обладает большей массой, чем электрон, то образующийся поток ионов способен дробить окисные пленки алюминия и магния, которые создаются при сварке. При этом надо учитывать большую скорость движения ионов, позволяющую распыленным окислам через защитную газовую среду выходить из сварочной зоны.

Другие газы, обладающие низкой атомной массой (например, 4 у гелия вместо 40 у аргона), не способны дробить и распылять окислы.

Механический способ удаления окисла  $Al_2O_3$  из сварочной ванны заключается в том, что сварщик опускает в сварочную ванну стальной пруток диаметром 3-4 мм и вынимает его с прилипшим к поверхности прутка окислом, который легко отделяется от прутка при его встряхивании и легком ударе.

Опытные рабочие, выполняющие газовую или дуговую сварку угольным электродом, часто используют этот способ, не прибегая к флюсам.

### 1.1.3 Выпрямляющее действие дуги

При сварке на переменном токе неплавящимся электродом, когда материалы электрода и изделия резко различаются по своим теплофизическим свойствам, обнаруживается выпрямляющее действие дуги. Оно проявляется в виде протекания в цепи переменного тока некоторой составляющей постоянного тока, нарушающей симметрию кривых напряжения и тока относительно оси абсцисс (рисунок 1). Наличие в сварочной цепи составляющей постоянного тока отрицательно сказывается на качестве сварного соединения и условиях процесса уменьшается глубина проплавления, увеличивается напряжение дуги, значительно повышается температура электрода, увеличивается его расход. Поэтому приходится применять специальные меры для подавления действия постоянной составляющей. При включении дросселя в сварочную цепь переменного тока происходит сдвиг фаз между напряжением источника питания и током, горение дуги относительно стабилизируется. При сварке плавящимся электродом, близким по составу к основному металлу, на режимах, обеспечивающих устойчивое горение дуги, выпрямляющее действие дуги незначительно и кривые тока и напряжения практически симметричны относительно оси абсцисс.

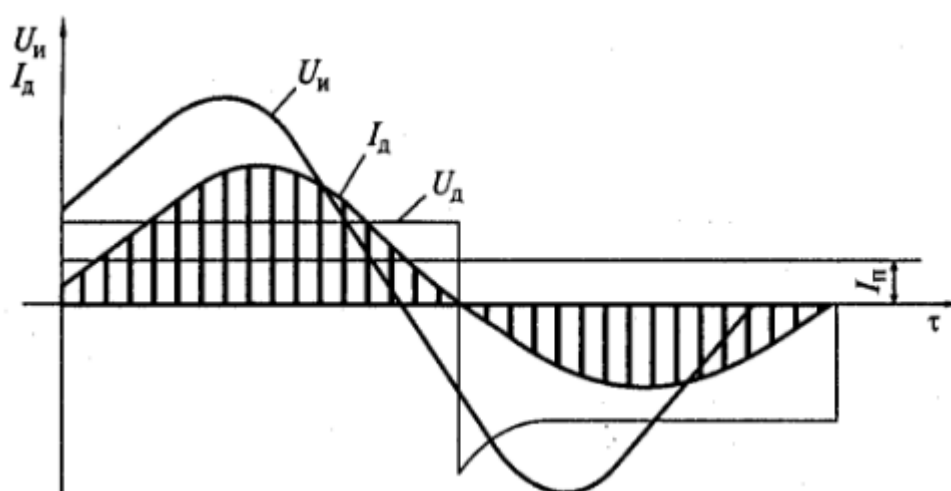


Рисунок 1 – Постоянная составляющая тока в сварочной цепи при горении дуги на переменном токе

$U_{и}$  – напряжение источника питания дуги

$U_{д}$  – напряжение дуги

$I_{д}$  – ток дуги

$I_{п}$  – постоянная составляющая тока дуги

$\tau$  – время

При сварке на постоянном токе зажигание и горение дуги протекают несколько лучше, чем при сварке на переменном токе. Тем не менее для повышения стабильности горения дуги дроссели включают и в сварочную цепь постоянного тока.

#### **1.1.4 Затруднение зажигания дуги при смене полярности**

При питании дуги переменным током полярность электрода и изделия и условия существования дугового разряда периодически изменяются. Дуга переменного тока промышленной частоты 50 Гц гаснет при переходе тока через нуль и перемене полярности в начале и конце каждого полупериода и вновь возбуждается 100 раз в секунду, или дважды за каждый период. Устойчивость горения такой дуги зависит от того, насколько легко происходит повторное возбуждение дуги в каждом полупериоде. Это определяется ходом физических и электрических процессов в дуговом промежутке и на электродах в отрезки времени между каждым затуханием и новым зажиганием дуги. Снижение тока сопровождается соответствующим уменьшением температуры в столбе дуги и степени ионизации дугового промежутка. Одновременно падает и температура активных пятен на аноде и катоде. Падение температуры несколько отстает по фазе при переходе тока через нуль, что связано с тепловой инерционностью процесса. Особенно интенсивно падает температура активного пятна, расположенного на поверхности сварочной ванны, в связи с интенсивным отводом теплоты в массу детали.

Вслед за затуханием дуги меняется полярность напряжения (рисунок – 2) и направление движения заряженных частиц в дуговом промежутке. В



условиях снижения температуры активных пятен и степени ионизации дугового промежутка повторное зажигание дуги в начале каждого полупериода происходит только при повышенном напряжении между электродами, именуемом пиком зажигания или напряжением повторного зажигания дуги. Пик зажигания всегда выше напряжения дуги, соответствующего стабильному режиму ее горения. При этом величина пика зажигания несколько выше в тех случаях, когда катодное пятно находится на основном металле.

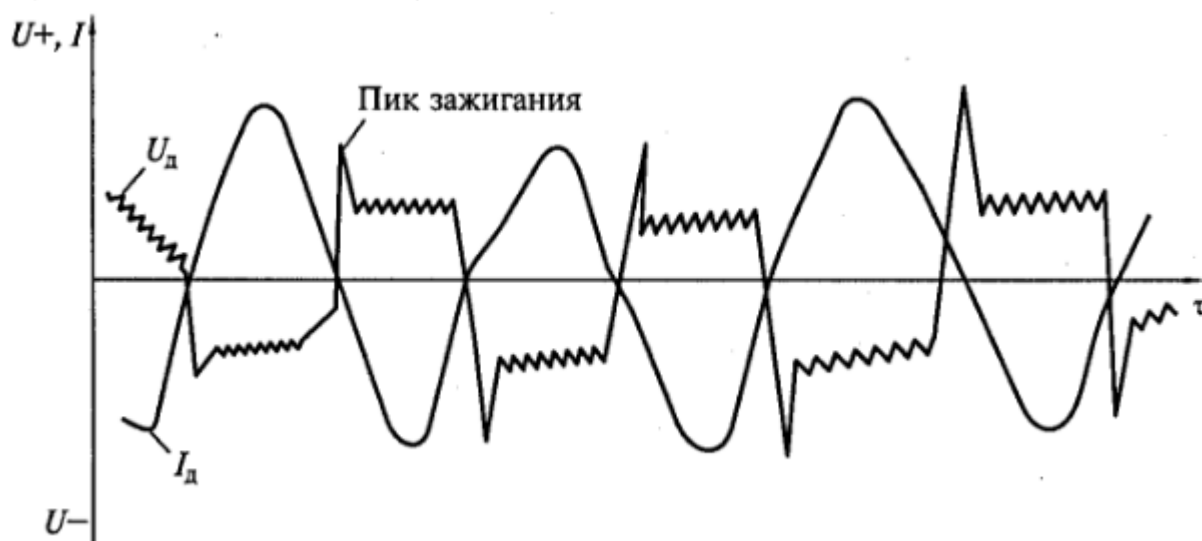


Рисунок 2 – изменение полярности при горении дуги на переменном токе

Величина пика зажигания существенно влияет на устойчивость горения дуги переменного тока. Деионизация и охлаждение дугового промежутка возрастают с увеличением длины дуги, что приводит к необходимости дополнительного повышения пика зажигания. Обрыв дуги переменного тока при прочих равных условиях всегда происходят при меньшей длине дуги, чем при сварке на постоянном токе. При наличии в дуговом промежутке паров легкоионизирующихся элементов напряжение повторного зажигания снижается и устойчивость горения дуги переменного тока повышается.

С увеличением силы тока физические условия горения дуги улучшаются, что также приводит к снижению пика зажигания и повышению устойчивости дугового разряда. Таким образом, величина пика зажигания — важная характеристика дуги переменного тока, оказывающая существенное

влияние на ее устойчивость. Чем хуже условия для повторного возбуждения дуги, тем выше должно быть напряжение холостого хода источника питания дуги и выше пик зажигания. Однако увеличение амплитудных значений синусоиды напряжения ограничивается правилами техники безопасности, по которым максимальное эффективное значение напряжения источника переменного тока для питания сварочных постов допускается не выше 80 В.

Общепринятая мера стабилизации сварочной дуги переменного тока — включение в сварочные цепи переменного тока дросселей, что позволяет поддерживать стабильность дуги и регулировать сварочный ток изменением индуктивного сопротивления.

### **1.1.5 Влияние водорода**

Водород, в отличие от других газов, обладает способностью растворяться в алюминии и при определенных условиях образовывать поры в металле швов. Растворимость водорода в алюминии изменяется при различных температурах. Концентрация растворенного в металле водорода [Н] зависит от давления молекулярного водорода, находящегося с ним в равновесии.

В реальных условиях парциальное давление молекулярного водорода в газовой фазе дуги ничтожно мало. Поэтому основным источником водорода, растворяющегося в сварочной ванне, является реакция взаимодействия влаги, содержащейся в окисной пленке с металлом. В результате протекания этой реакции концентрация атомарного водорода в поверхностном слое атмосферы, контактирующей с металлом, может соответствовать большому давлению молекулярного водорода, находящегося в равновесии с металлом. Поэтому при наличии паров воды в зоне ванны концентрация растворенного в металле водорода может оказаться намного больше равновесной. При охлаждении растворенный водород в связи с понижением растворимости стремится выделиться из металла. Пузыри выделяющегося водорода, не успевая всплыть из ванны, остаются в шве, образуя поры. Поэтому основной мерой борьбы с пористостью при сварке алюминия является снижение концентрации растворенного в нем водорода до предела ниже  $0,69—0,7 \text{ см}^3/100 \text{ г}$  металла.

Основным источником водорода, растворяющегося в металле шва при аргонодуговой сварке, является влага, адсорбированная поверхностью металла и входящая в состав окисной пленки в виде гидратированных окислов. Количество ее определяется состоянием поверхности металла и зависит от обработки его перед сваркой.

Предупреждению пористости при сварке алюминия может способствовать сокращение удельной поверхности присадочной проволоки за счет увеличения ее диаметра и уменьшения доли участия присадочного металла в образовании шва. Рациональную обработку поверхности проволоки и основного металла применяют с целью уменьшения толщины окисной пленки и запаса имеющейся в ней влаги. Магний увеличивает растворимость водорода в алюминии, поэтому повышенная склонность к пористости при сварке алюминиево-магниевого сплава объясняется другим механизмом образования пор. На поверхности сплавов, содержащих магний, присутствует окисная пленка, состоящая из окислов  $Al_2O_3$  и  $MgO$ . Такая пленка имеет большую толщину, меньшую плотность из-за дефектов ее строения и большой запас влаги, чем пленка из  $Al_2O_3$ . В процессе сварки при расплавлении основного и присадочного металлов часть влаги, содержащейся во внутренних дефектах пленки, не успевает прореагировать. Попадающие в ванну частицы пленки содержат остатки влаги, которая разлагается с выделением водорода. Образовавшийся водород в дефектах пленки переходит в молекулярную форму и затем выделяется в жидком металле ванны в виде пузырьков, минуя стадию растворения. При таком механизме образования пор в качестве мер уменьшения пористости, кроме обычных, связанных с применением рациональной обработки поверхности проволоки и основного металла, а также сокращения удельной поверхности проволоки, участвующей в образовании шва, эффективной мерой борьбы с пористостью становится ужесточение режимов. Однако при ужесточении режимов возникает опасность увеличения давления водорода в несплошностях, что затрудняет выполнение многослойных швов и подварку.

## 1.2 Способы сварки

### 1.2.1 На переменном токе

Важным аспектом характеристик алюминия является его коррозионная стойкость, гарантированная микроскопическим слоем оксида алюминия, который формируется на поверхности и который при разрушении быстро перемещается в многочисленные места. С другой стороны, слой подобного защитного оксида представляет главную трудность при дуговой сварке алюминия и его сплавов, потому что он имеет очень высокую температуру плавления (около  $2,060^{\circ}\text{C}$ ), тогда как температура плавления металла ниже (около  $660^{\circ}\text{C}$ ). В дополнение к высокой теплопроводности алюминия данный фактор предотвращает характерное плавление оксидного слоя, несмотря на то, что температуры сварки выше. В результате расплавленный алюминий или алюминиевый сплав под остающимся оксидным слоем не может быть сварен с помощью TIG при изменяющейся полярности вольфрамовым электродом с отрицательным полюсом (DCEN).

Поверхность оксидов на алюминиевых сплавах может перемещаться при помощи прямого тока и вольфрамового электрода, подсоединенного к положительному полюсу (DCSP) (Механизм перемещения оксида широко известен как катодная очистка.). Однако данный метод не широко используется из-за нестабильности дуги и износа вольфрамового электрода. Поэтому используется промежуточное условие, то есть использование переменного тока (AC), посредством чего происходит катодная очистка при обратном полупериоде AC сварочной волны.

При сварке AC в механизме эмиссии электрона имеется изменение при такой же частоте, при которой происходит смена полярности. При прямой полярности (EN) катод достигает достаточно высокой температуры для выхода электрона. Это происходит только для электродов, состоящих из материалов с высокой точкой кипения (выше  $4,000\text{ K}$ ), таких как вольфрам. При фазе, в которой катодом является заготовка (EP), эмиссия электронов не может происходить из-за термического воздействия, по причине его низкой

температуры плавления, а происходит эмиссия под действием электрического поля в микроскопической зоне поверхности катода (автоэлектронная эмиссия). Катодное пятно, где происходит эмиссия, первоначально была расположена на наконечнике электрода, а сейчас перемещается на края ванны расплавленного металла, пытаясь найти точки выхода электронов (Рисунок 3). Катодное пятно занимает намного меньше места при обратном полупериоде (A1). Таким образом, для получения тока, плотность энергии, содержащейся в A2, намного больше, чем в A1, в результате расплавления (испарения) оксидного слоя.

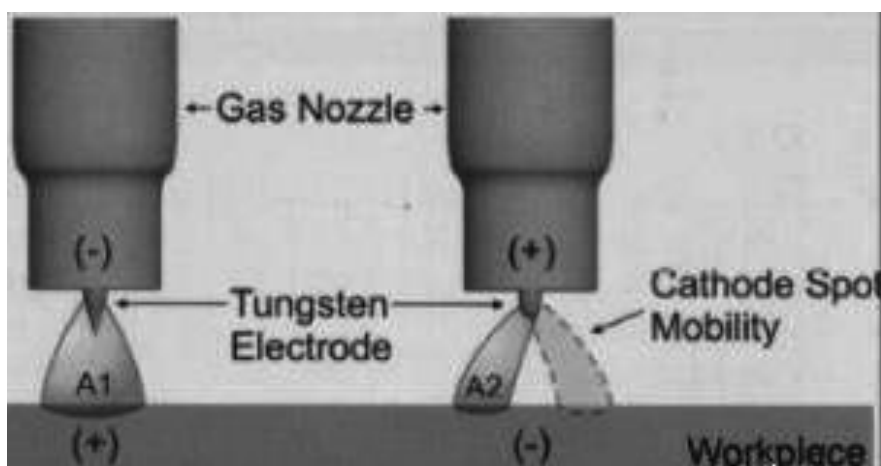


Рисунок 3 - Зона воздействия плазменной дуги на поверхность заготовки при прямой полярности (A1) и передвигающаяся зона действия плазменной дуги на поверхность заготовки при обратной полярности (A2).

### 1.2.2 Вольфрамовый электрод для сварки алюминия

Вольфрамовые электроды используются при аргонодуговой сварке, то есть сварке неплавящимся электродом в среде защитного газа аргона.

Температура плавления вольфрама – 3410 °С, температура кипения – 5900 °С. Это самый тугоплавкий из существующих металлов. Вольфрам сохраняет твердость даже при очень высоких температурах. Это позволяет делать из него неплавящиеся электроды. В природе вольфрам встречается, в основном, в виде окисленных соединений — вольфрамита и шеелита.

При аргодуговой сварке дуга горит между свариваемой деталью и вольфрамовым электродом. Электрод находится внутри сварочной горелки. Для сварки в среде защитных газов обычно применяют постоянный ток прямой полярности. Иногда используется ток обратной полярности или переменный ток. В таких случаях целесообразно использовать вольфрамовые электроды с легирующими добавками, которые повышают стабильность и устойчивость сварочной дуги.

Для улучшения качества электрода (например, устойчивости к высоким температурам, повышения стабильности горения дуги) в чистый вольфрам вводят в качестве добавки окислы редкоземельных металлов. Существует ряд разновидностей вольфрамовых электродов, в зависимости от содержания этих добавок. Этим определяется марка электрода. Марка электрода определяется по цвету, в который окрашен один конец. Вольфрамовые электроды делятся на три типа: Постоянного (WT, WY), Переменного (WP, WZ) и Универсальные (WL, WC).

Для сварки на переменном токе применяются следующие вольфрамовые электроды:

– WP (зеленый) — Электрод из чистого вольфрама (содержание не менее 99,5%). Электроды обеспечивают хорошую устойчивость дуги при сварке на переменном токе, сбалансированном или не сбалансированном с непрерывной высокочастотной стабилизацией (с осциллятором). Эти электроды предпочтительны для сварки на переменном синусоидальном токе алюминия, магния и их сплавов, так как они обеспечивают хорошую устойчивость дуги как в аргоновой, так и в гелиевой среде. Из-за ограниченной тепловой нагрузки рабочий конец электрода из чистого вольфрама формируют в виде шарика.

– WZ-8 (белый) — Электроды с добавлением оксида циркония предпочтительны для сварки на переменном токе, когда не допускается даже минимальное загрязнение сварочной ванны. Электроды дают чрезвычайно стабильную дугу. Допустимая токовая нагрузка на электрод несколько выше,

чем на цериевые, лантановые и ториевые электроды. Рабочий конец электрода при сварке на переменном токе обрабатывается в форме сферы.

Каждый из представленных выше электродов предназначен для сварки алюминия, магния и их сплавов, электроды WZ-8 так же предназначены и для сварки бронзы, никеля и их сплавов.

## ВЫВОДЫ

Проведенный анализ показал, что для сварки колеса рабочего необходимо подобрать установку удовлетворяющую следующим требованиям:

- бесконтактное зажигание дуги
- устойчивое горение дуги, при переходе через ноль
- возможность сварки на переменном токе
- наличие импульсного режима сварки
- наличие газовой аппаратуры

Так как, стабильность горения дуги выше у электродов с содержанием оксида циркония, то необходимо применять электроды WZ-8 с белой маркировкой.



## 2 ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ

### 2.1 Общее представление конструкции

Рабочее колесо центробежного вентилятора относится к основному узлу центробежных вентиляторов, применяемых для вентиляции промышленных и жилых помещений, а также для обслуживания разнообразных технологических процессов, связанных с выделением горячих газов, дыма и вредных примесей.

Рабочее колесо вентилятора – наиболее тяжело нагруженная часть вентилятора, ведь именно оно передает энергию от электропривода воздуху. Величина рабочего колеса определяет габариты и основные параметры вентилятора (производительность и давление), поэтому его величина (диаметр в миллиметрах) указывается в обозначении машины. Оно состоит из переднего и заднего дисков, ступицы (это «втулка» в которую вставляется вал электродвигателя или ходовой части), и лопаток, которые установлены между дисками с одинаковыми промежутками между ними.

При сварном соединении лопаток с дисками получается наиболее жесткая и прочная конструкция колеса, но исключается возможность замены изношенных частей колеса.

Вентиляторы из алюминиевых сплавов в соответствии с техническими условиями предназначены для перемещения некоторых газо - паровоздушных взрывоопасных смесей, не вызывающих ускоренной коррозии материалов и покрытий проточной части вентиляторов, не содержащих взрывчатых веществ, взрывоопасной пыли, окислов железа, добавочного кислорода, липких веществ и волокнистых материалов, с запыленностью не более 100 мг/м<sup>3</sup> и температурой не выше 80 °С.

Вентиляторы из алюминиевых сплавов нельзя применять для перемещения газопаровоздушных смесей от технологических установок, в которых взрывоопасные вещества нагреваются выше температуры их самовоспламенения или находятся под избыточным давлением. Их также не разрешается использовать в качестве химически стойких вентиляторов.

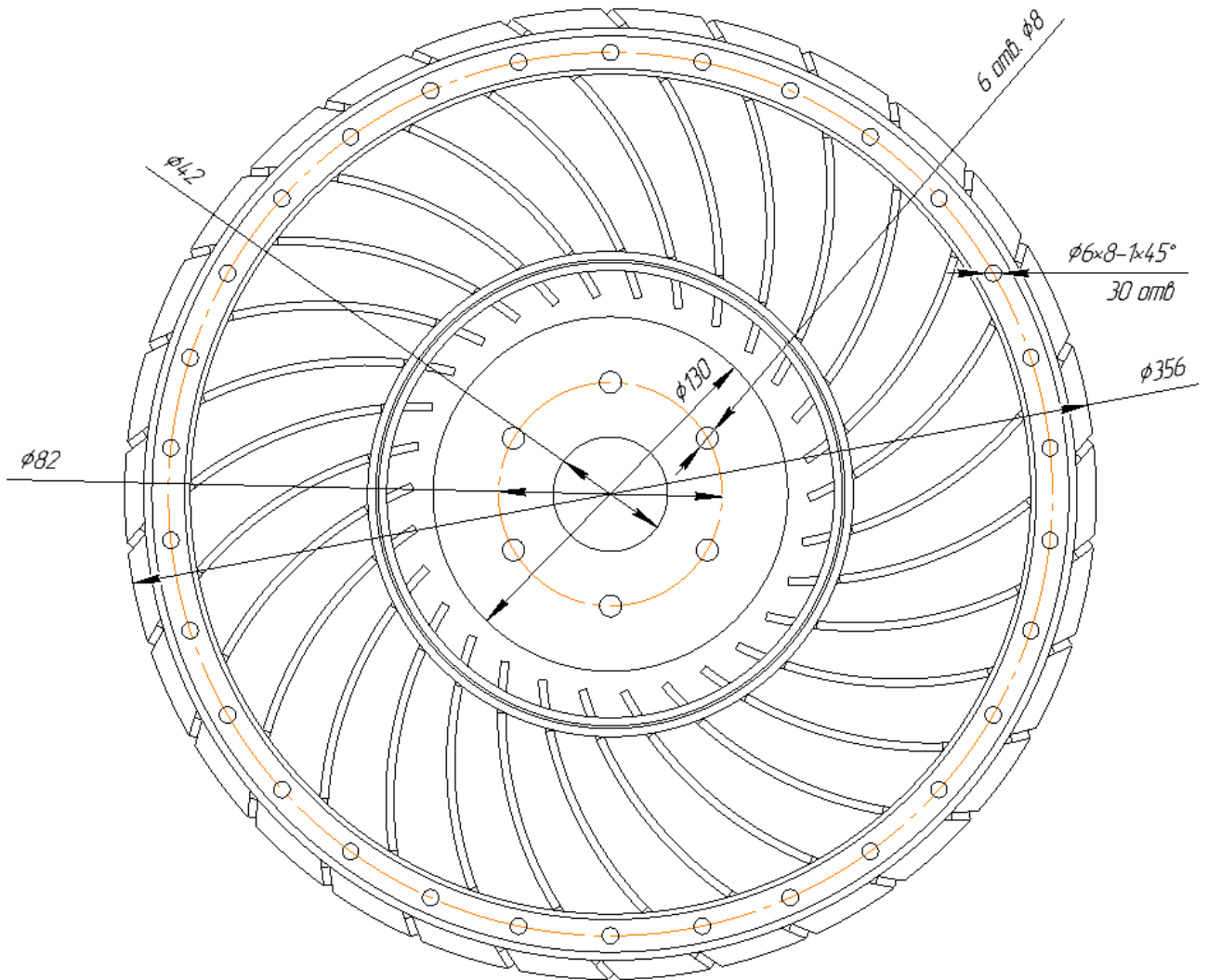


Рисунок 4 – диск колеса вентилятора

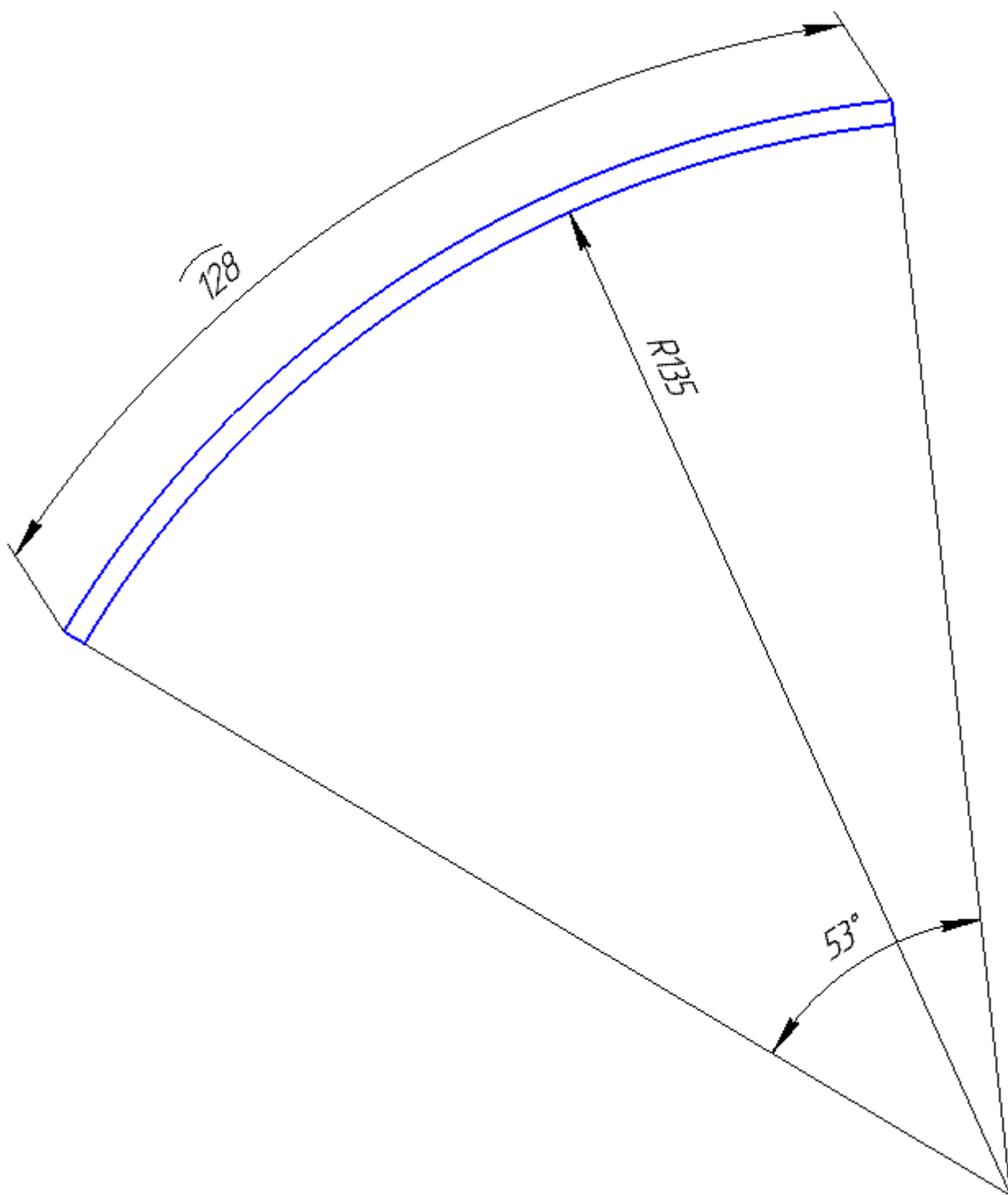


Рисунок 5 – лопатка колеса рабочего

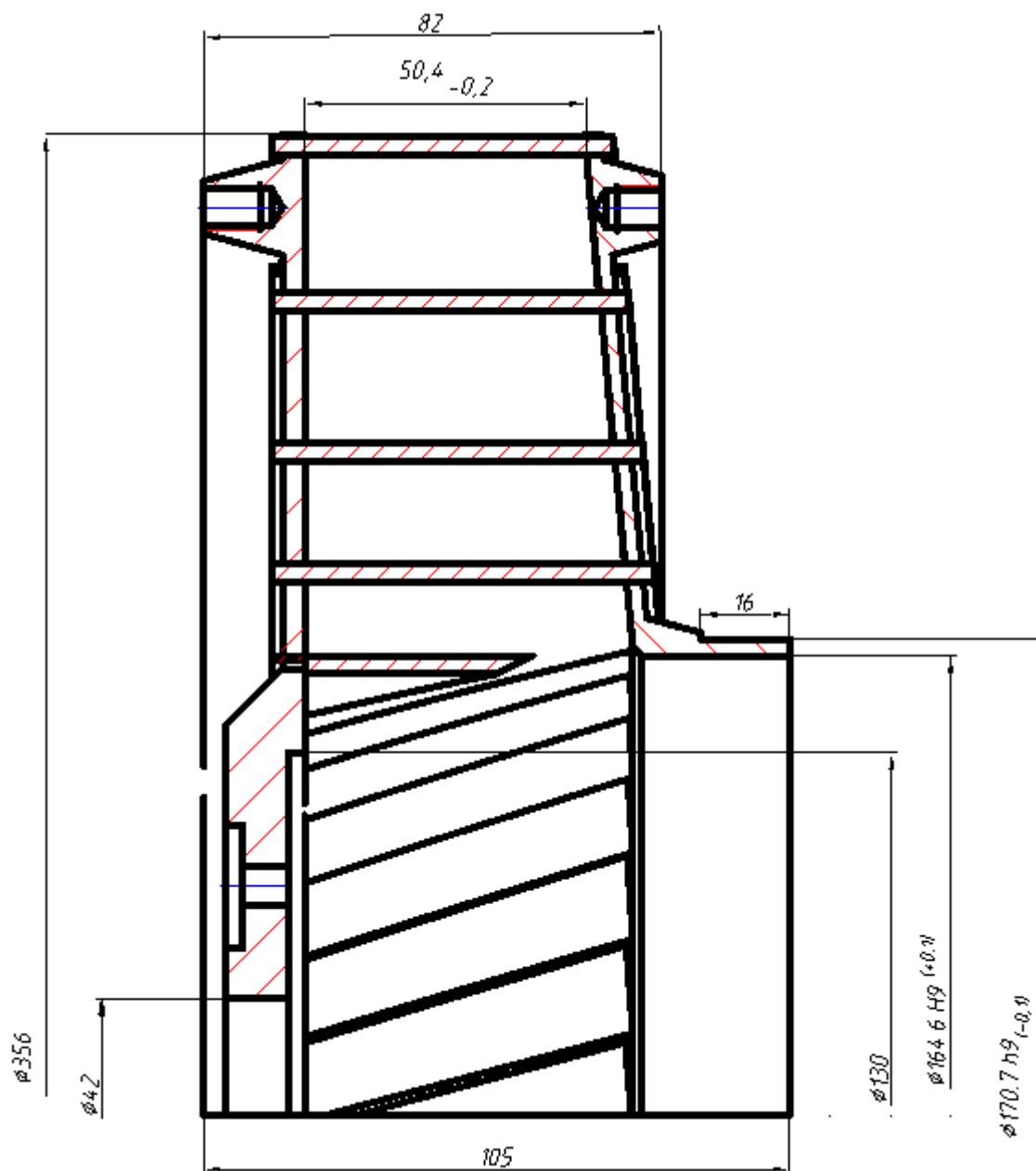


Рисунок 6 – колесо рабочее вид слева

## 2.2 Материал конструкции

Рабочее колесо вентилятора изготавливается из сплава алюминия с магнием, именуемого магналием – АМгб.

АМгб - это магналий высокой пластичности, но средней прочности. Он обладает хорошей коррозионной стойкостью, хорошей обрабатываемостью резаньем и хорошо обрабатывается давлением. Однако, в ряду прочих широко известных магналиев этот сплав занимает первое место по прочности и твёрдости, но последнее место по коррозионной стойкости и пластическим

свойствам. Хотя он и хорошо сваривается, но сварной шов АМг6 более пористый чем у того же АМг3 и часто требует дополнительной обработки.

Это один из самых лёгких сплавов алюминия с плотностью 2,65 г/см<sup>2</sup>.

Химический состава материала АМг6 описывается в ГОСТ 4784-97 и включает: до 93,68 % алюминия, 5,8-6,8 % магния и прочие примеси.

Таблица 1 – Химический состав (%)

Fe	Si	Mn	Ti	Al	Cu	Be	Mg	Zn	Примесей
до 0,4	до 0,4	05,-0,8	0,02- 0,1	91,1- 93,68	до 0,1	0,0002- 0,005	5,8-6,8	до 0,2	Прочие, всего 0,1

### 2.3 Свойства материала АМг6

Таблица 2 – Механические свойства при Т=20°С

	Предел кратковременной прочности, $\sigma_b$ (МПа)	Предел пропорциональности, $\sigma_T$ (МПа)	Относительное удлинение при разрыве, $\delta_5$ %
Плита по ГОСТ 17232-99	275-305	130-145	4-11

Таблица 3 – Физические свойства

T, °C	E*10 <sup>-5</sup> , МПа	$\alpha$ *10 <sup>6</sup> , 1/Град	$\lambda$ , Вт/(м*град)	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	C, Дж/(кг*град)	R*10 <sup>9</sup> Ом*м
20	0,71	-	-	2640	-	67,3
100	-	24,7	122	-	922	-

$\sigma_b$  – предел кратковременной прочности, МПа;

$\sigma_T$  – предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), МПа;

$\delta_5$  - относительное удлинение при разрыве, %;

T – температура, °C;

E – модуль упругости первого рода, МПа;

$\alpha$  – коэффициент температурного (линейного) расширения, 1/Град;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м\*град);

$\rho$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;

$C$  – удельная теплоемкость материала, Дж/(кг\*град);

$R$  – удельное электросопротивление, Ом\*м.

### 3 ВЫБОР СПОСОБА СВАРКИ

#### 3.1 Свариваемость

Как уже отмечалось, алюминий относится к трудносвариваемым металлам. Эта особенность обуславливается целым рядом его свойств:

- на поверхности деталей из алюминия и его сплавов всегда присутствует окисная пленка  $Al_2O_3$ , имеющая температуру плавления  $2044^\circ C$ , в то время как температура плавления самого алюминия составляет около  $660^\circ C$ .

- легкая окисляемость алюминия приводит к образованию тугоплавкой пленки на каплях расплавленного металла, препятствующей их сплавлению в монолитный шов. Чтобы не допустить образования этой пленки, требуется надежная защита зоны сварки от воздуха, обеспечить которую в полной мере позволяет сварка алюминия с аргоном.

- большая теплопроводность металла затрудняет управление сварочной ванной и диктует необходимость применения теплоотводящих подкладок при сварке.

- склонность к образованию кристаллизационных трещин и пор в шве приводит к ослаблению последнего. За поры ответственен растворенный в алюминии водород, стремящийся выйти из металла наружу. Трещины больше характерны для сплавов алюминия, они возникают при охлаждении металла из-за повышенного содержания кремния.

- большая усадка металла, обусловленная высоким коэффициентом линейного расширения, приводит при затвердевании сварного шва к значительным деформациям.

- высокая теплопроводность алюминия вызывает необходимость применения сварочного тока, превосходящего в 1,2-1,5 раза ток для сталей, - несмотря на то, что температура плавления последних значительно выше, чем у алюминия.

- к дополнительным трудностям сваривания алюминия следует отнести и то, что на практике - особенно при сварке алюминия в домашних

условиях - приходится иметь дело с различными сплавами неизвестной марки, которые для качественного сваривания могут требовать особых материалов и режимов сварки.

### **3.2 Способы сварки алюминия**

Существует много способов сварки алюминия с использованием различного оборудования и разных сварочных материалов, с защитой зоны сварки инертными газами или флюсами. Наибольшее распространение получили три из них:

- сварка вольфрамовым электродом в среде инертных газов (режим AC TIG);
- сварка полуавтоматами в среде инертных газов с автоматизированной подачей проволоки (режим DC MIG);
- сварка покрытыми плавящимися электродами без использования защитного газа (режим MMA).

Важным условием сваривания алюминия и его сплавов является необходимость разрушения оксидной пленки на поверхности металла. Для выполнения этого условия необходим переменный или постоянный ток обратной полярности. Только в этом случае происходит т.н. катодное распыление, разрушающее оксидную пленку. Алюминий нельзя сваривать постоянным током прямой полярности, поскольку в этом случае пленка не подвергается катодному распылению и остается неразрушенной.

#### **3.2.1 Сварка алюминия штучными покрытыми электродами (режим MMA)**

Этот вид сварки применяется в основном при изготовлении неотчетственных конструкций с толщиной металла не менее 4 мм. Этот способ сварки обладает значительными недостатками, в числе которых невысокое качество шва (пористость, низкая прочность), сильное разбрызгивание металла во время сварки, плохая отделяемость застывшего шлака, который может вызывать коррозию металла.



Покрытыми электродами можно сваривать как технически чистый алюминий, так и его сплавы. Взамен старых, имеющих значительные недостатки, марок ОЗА-1 и ОЗА-2, сегодня выпускаются более совершенные электроды для сварки алюминия УАНА и ОЗАНА, позволяющие сваривать все основные виды алюминиевых сплавов. В частности, для сварки деталей из алюминия технической чистоты используются электроды ОЗАНА-1, деталей из алюминиево-кремнистых сплавов (АЛ-4, АЛ-9, АЛ-11) - ОЗАНА-2.

Сварка производится постоянным током обратной полярности. Сварочный ток принимается из расчета 25-30А на 1 мм диаметра электрода.



Рисунок 7 – Сварочный шов сделанный электродом ОЗАНА-2

Для получения удовлетворительного качества шва необходим подогрев - до 250-300°C для металла средних толщин, и до 400°C - для массивных деталей. Подогрев и медленное охлаждение позволяют получить достаточное проплавление металла при умеренных сварочных токах, избежать возникновения кристаллизационных трещин и уменьшить коробление. При сварке крупных деталей целесообразен локальный подогрев.

Сварка алюминиевыми электродами имеет свои особенности, вызываемые тем, что они плавятся в 2-3 раза быстрее, чем стальные. Скорость

сварки, следовательно, должна быть существенно выше. При обрывах дуги кратер и конец электрода покрываются коркой шлака, препятствующей повторному зажиганию дуги. В связи с этим сварку рекомендуется выполнять непрерывно в пределах одного электрода. Поперечных колебаний электродом (как при сварке стали) делать не следует.

Сразу же после сварки необходимо удалить шлак со шва, промыть его горячей водой и обработать стальной щеткой. Наличие шлака в зазорах и углах может вызвать коррозию металла.

В силу своих недостатков, сварка алюминия покрытыми электродами не пользуется особым почитанием среди мастеров сварки.

### **3.2.2 Сварка вольфрамовым электродом в инертном газе ( режим АС TIG )**

Этот способ сварки - наиболее распространенный. Он применяется при изготовлении конструкций из алюминия и его сплавов, к качеству которых предъявляются высокие требования в отношении прочности и эстетичности.

При сварке используют вольфрамовые электроды диаметром 1,6-5 мм и присадочные прутки диаметром 1,6-4 мм.

В качестве защитного газа применяется аргон или гелий высокой степени чистоты. Питание дуги осуществляют от источника переменного тока, обеспечивающего качественное разрушение оксидной пленки. Все необходимые параметры - диаметры электрода и присадочного прутка, значение сварочного тока, скорость подача газа - зависят от характеристики используемого оборудования.

Угол между электродом и горизонтальной плоскостью должен составлять 70-80°, между присадочной проволокой и электродом - около 90°. Длина дуги не должна превышать 1,5-2,5 мм.

Горелка движется вслед за присадочным прутком, а не идет впереди него. Этим обеспечивается лучшая защита шва. Важность этого требования подтверждает фото ниже, на котором шов слева выполнен рекомендуемым способом, а шов справа - иным, при котором горелка двигалась впереди прутка.

Присадочный пруток подается короткими возвратно-поступательными движениями, напоминающими движения кисти художника - приближается, касаясь кончиком края ванны, и отводится назад и вверх. Поперечные движения электрода и присадочного прутка недопустимы.

Алюминиевый лист необходимо положить на стальную или медную прокладку, которая осуществляет отвод тепла, играя роль радиатора. Особенно это необходимо при сварке тонких листов во избежание прожогов.

Размеры сварочной ванны должны быть минимальными. Скорость сварки должна соответствовать сварочному току и расходу инертного газа. Чрезмерный расход последнего приводит к засасыванию в зону дуги воздуха, при малом течении газа или чрезмерно высокой скорости сварки качественная защита также не будет обеспечена.

Подача аргона включается за 3-5 секунд до возбуждения дуги, выключается через 5-7 после ее обрыва.

### **3.2.3 Сварка алюминия полуавтоматами (режим DC MIG)**

Лучше всего варить алюминий специальным импульсным аппаратом для сварки алюминия, в котором импульс высокого напряжения, разбив оксидную пленку, снижается до базового значения. Каждая капля расплавленного электродного материала "ударяется" в сварочную ванну, обеспечивая тем самым высокое качество шва. Однако такие аппараты дороги. Впрочем, как показывает практика, вполне можно обойтись и обычным полуавтоматом, даже таким, в котором режим сварки алюминия изначально не был заложен. Правда, в этом случае могут потребоваться небольшие переделки.

Процесс MIG-сварки происходит в три раза быстрее процесса TIG-сварки, однако качество последнего выше.

По своему принципу технология сварки алюминия полуавтоматом не отличается от технологии сварки стали. Однако имеются некоторые технические особенности:

- алюминий и его сплавы нельзя сваривать постоянным током прямой полярности - только обратной (по причине, о которой говорилось выше).

- алюминиевая проволока значительно мягче стальной, поэтому имеет склонность образовывать петли при незначительном сопротивлении в рукаве. Чтобы этого не происходило, желательно иметь 4-х роликовый механизм подачи, короткий рукав и тефлоновый вкладыш в него, снижающий сопротивление трения.

- так как алюминий при нагреве расширяется сильнее чем сталь, алюминиевая проволока может застрять в токосъемнике (токопроводящем наконечнике). Чтобы этого не произошло, можно использовать наконечник с чуть большим диаметром отверстия (например для алюминиевой проволоки диаметром 0,8 мм использовать наконечник для стальной проволоки диаметром 1,0 мм). Также для алюминиевой проволоки продаются специальные токосъемники, маркирующиеся обычно "Al".

- проволока из алюминия плавится быстрее стальной, поэтому при сварке необходимо обеспечить нужную скорость ее подачи - более высокую, чем стальной. Иначе придется часто менять расплавившийся наконечник.

Марка сварочной проволоки должна соответствовать материалу. Перед ее покупкой нужно изучить информацию о видах алюминиевых сплавов, для сварки которых она используется.

## **ВЫВОД**

Исходя из того, что требуется получить максимально качественное соединение с меньшим количеством дефектов, выбрана сварка вольфрамовым электродом в инертном газе, а для снижения остаточных напряжений сварка будет проводиться импульсным током.

## 4 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

Требования, предъявляемые к сварочным установкам для ручной аргонно-дуговой сварки неплавящимся электродом:

- бесконтактное зажигание дуги;
- устойчивое горение дуги;
- номинальный сварочный ток не менее 200А;
- наличие режима сварки импульсной дугой;
- возможность сварки на переменном токе;
- крутопадающая вольтамперная характеристика.

Минимальная комплектация:

- источник питания;
- «рукав», не менее 3м;
- горелка;
- газовое оборудование.

Ниже проведен анализ двух установок для сварки алюминиевых сплавов.

### 4.1 Установка для сварки TETRIX 300 AC/DC SYNERGIC activArc

Таблица 4 – Технические характеристики TETRIX 300 AC/DC SYNERGIC activArc

	ВИГ		Ручная сварка	
Диапазон регулирования сварочного тока	От 5 до 300 А(пост. ток) От 5 до 270 А(перем. ток)		От 5 до 270 А	
Диапазон регулирования сварочного напряжения	От 10,2 до 22 В(пост. ток) От 10,2 до 20,8 В(перем. Ток)		От 20,2 до 30,8 В	
Макс. сварочный ток	20°C	40°C	20°C	40°C
40%ПВ	-	300А	-	-
45%ПВ	300А	-	-	-
60%ПВ	-	270А	-	260А
65%ПВ	270А	-	260А	-
100%ПВ	220А	210А	210А	200А
КПД	85			
Рабочий цикл	10 мин. (60%ПВ 6 мин. сварка, 4мин. пауза)			

#### Продолжение таблицы 4

Постоянное напряжение холостого хода	93 В
Частота	50/60 Гц
Габариты Д x Ш x В, (мм)	560 x 240 x 550
Вес	36,5 кг

Характерные особенности установки TETRIX 300 AC/DC SYNERGIC activArc:

- сварка TIG постоянным и переменным током с высокочастотным и контактным зажиганием дуги.
- отличные характеристики сварки алюминия, его сплавов и других цветных металлов.
- надежное соединение алюминиевых листов, сильно отличающихся по толщине.
- идеальные характеристики зажигания и процесса сварки благодаря инверторному источнику EWM.
- управление проваром и шириной шва путем изменения частоты переменного тока между 50 и 200 Гц.
- высокая устойчивость к колебаниям сетевого напряжения.

Управление сварочным аппаратом осуществляется на основании трех основных параметров:

- диаметра вольфрамового электрода
- типа материала
- типа шва

Все установленные здесь сварочные параметры оптимально подобраны для множества разнообразных применений, однако могут настраиваться и в соответствии с индивидуальными требованиями.

Необходимый сварочный ток может подбираться автоматически при настройке толщины листа или – непосредственно как значение тока.

У данного аппарата имеется импульсный режим сварки, что немаловажно для получения качественного сварного шва.

При сварке импульсной сварочной дугой, сварочный ток автоматически изменяется от одной установленной величины до другой (пиковый и базовый ток) с заданным значением частоты от 0,2 до 20Гц. Ток сварки имеет прямоугольную форму, поэтому фронты переключения очень быстрые. Эта форма импульса чрезвычайно эффективна для получения удлиненной дуги и для лучшего распада кислорода на загрязненных и окисленных материалах, а также для проведения обслуживания и ремонтов. В этом случае могут применяться электроды меньших размеров, а мощность установки аргонодуговой сварки может быть использована с большей эффективностью. Поскольку скорость сварки на прямоугольных импульсах тока выше, чем на импульсах другой формы, то она идеально подходит для производства.

При сварке пульсирующей дугой получается сварочный шов, состоящий из непрерывного наложения точечных сварок, которые последовательно образуют единый шов. На детали выделяется меньше тепла, площадь термического воздействия имеет меньшие размеры, и деталь меньше подвержена деформациям, вызванным ее перегревом. Этот метод типичен для сварки тонких материалов, когда необходимо контролировать количество тепла для предотвращения перфорации детали без уменьшения проницаемости сварки. Это помогает управлять процессом сварки и получать более однородные и точные сварочные швы с привлекательным внешним видом.



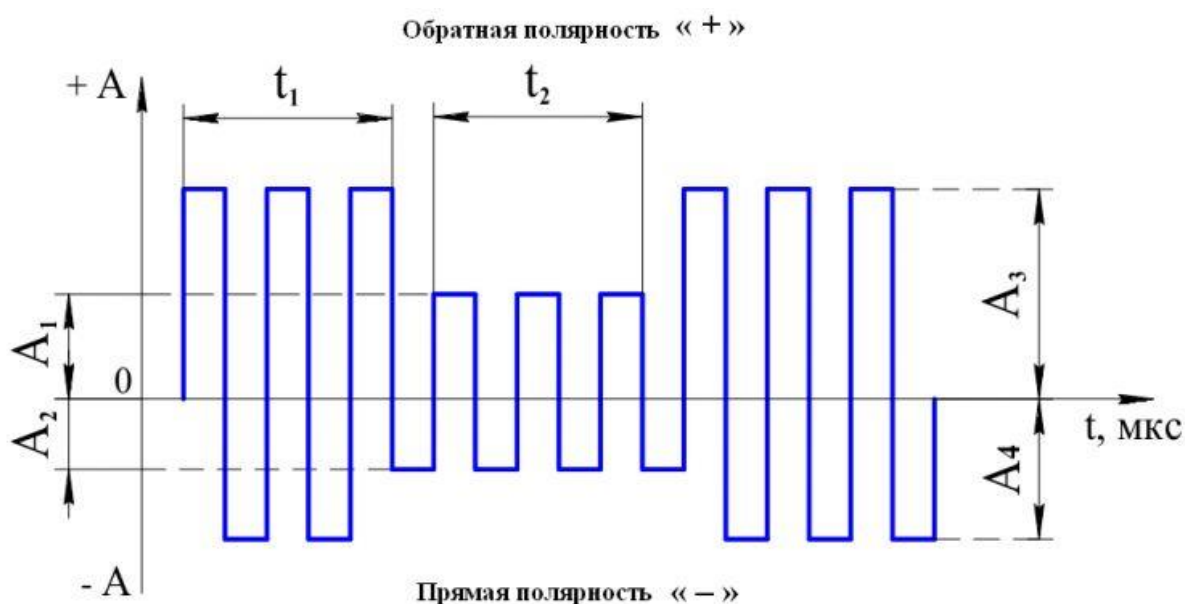


Рисунок 8 – Импульсный переменный ток

$t_1$  – время протекания тока импульса

$t_2$  – время протекания паузы

$A_1$  – амплитуда тока положительной полярности во время паузы

$A_2$  – амплитуда тока отрицательной полярности во время паузы

$A_3$  – амплитуда тока положительной полярности во время импульса

$A_4$  – амплитуда тока отрицательной полярности во время импульса

#### 4.2 Установка для сварки TRITON ALUTIG 200P AC/DC

Таблица 5 – Технические характеристики установки TRITON ALUTIG 200P AC/DC

	TIG	MMA
Сварочный ток	10 – 200 А	10 – 160 А
60%ПВ	200 А	160 А
100%ПВ	160 А	130 А
Рабочий цикл	10 мин. (60%ПВ 6 мин. сварка, 4мин. пауза)	
Постоянное напряжение холостого хода	70 В	
КПД	60	
Габариты Д x Ш x В, (мм)	517 x 230 x 451	
Вес	23,5 кг	

Универсальный инвертор аргодуговой сварки TRITON ALUTIG 200P AC/DC отличается высокой надежностью, прекрасной функциональностью и демонстрирует идеальные сварочные параметры в режиме аргодуговой сварки. С помощью данной модели можно выполнять профессиональную сварку в нескольких режимах: DC TIG, AC TIG, MIX TIG и MMA. Благодаря этому оператор получает возможность обрабатывать как цветные, так и черные металлы разной толщины, в том числе изделия из алюминия и его сплавов.

Аппарат так же имеет импульсный режим сварки.

По техническим характеристикам наиболее подходящей является установка TRITON ALUTIG 200P AC/DC

## 5 РАЗРАБОТКА ОСНАСТКИ

Для жесткого фиксирования лопаток и дисков применяется оснастка, представленная в виде двух колец, наложенных на верхний и нижний диски колеса и стянутые восьмью болтами

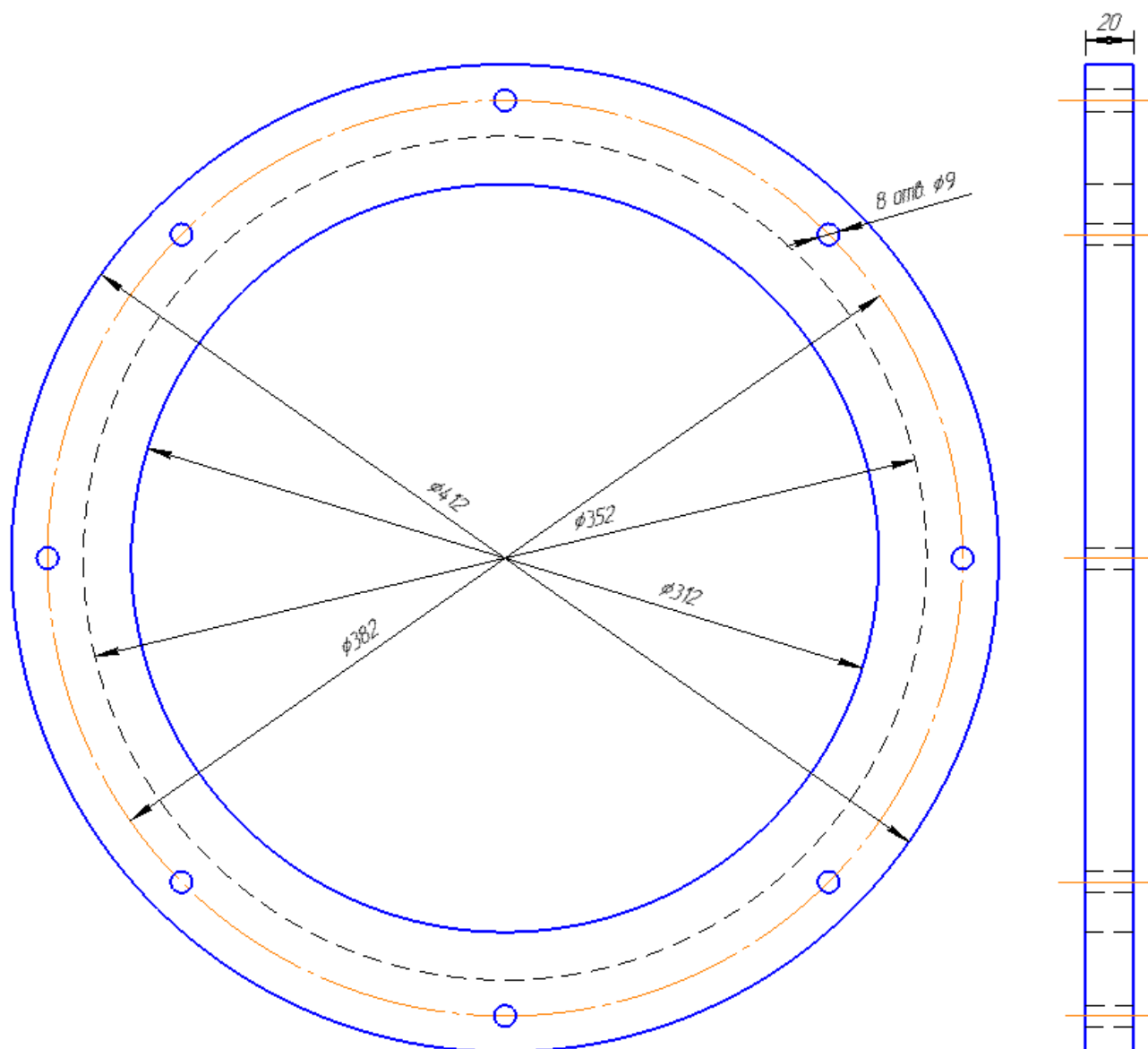


Рисунок 9 – Кольцо оснастки

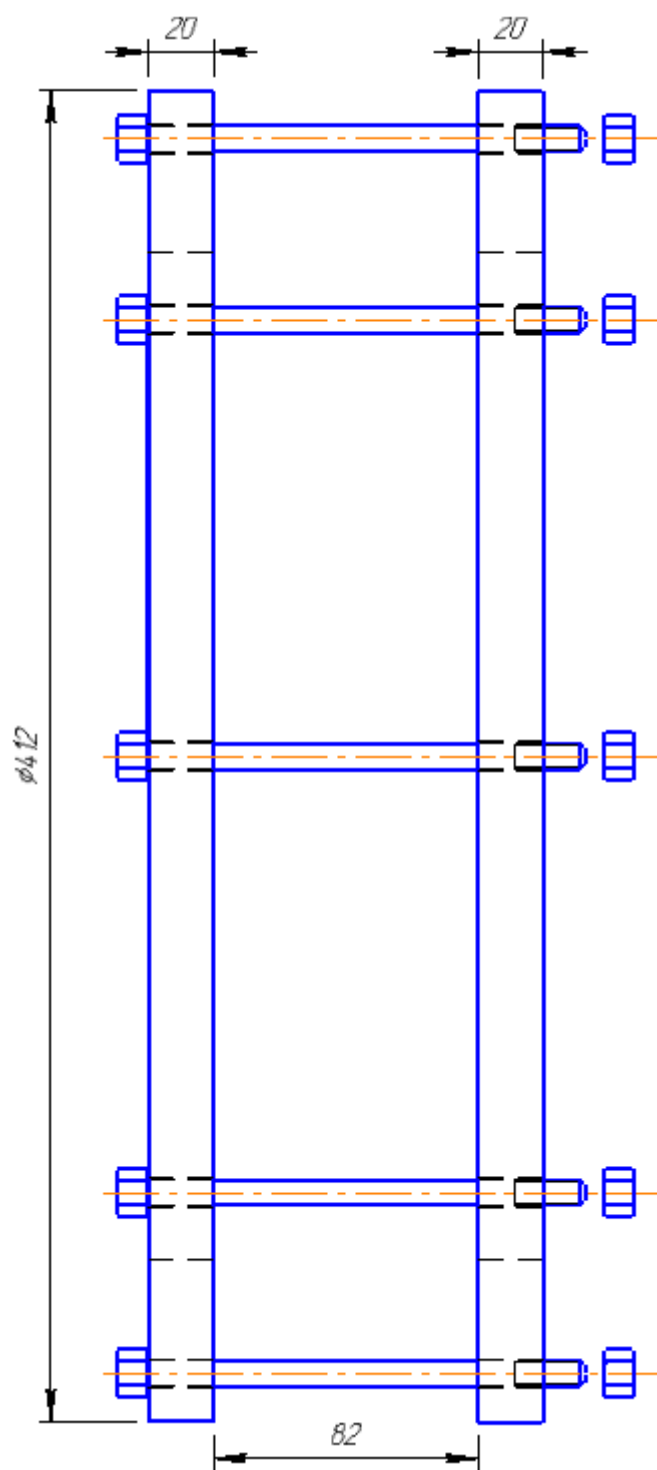


Рисунок 10 – Оснастка.

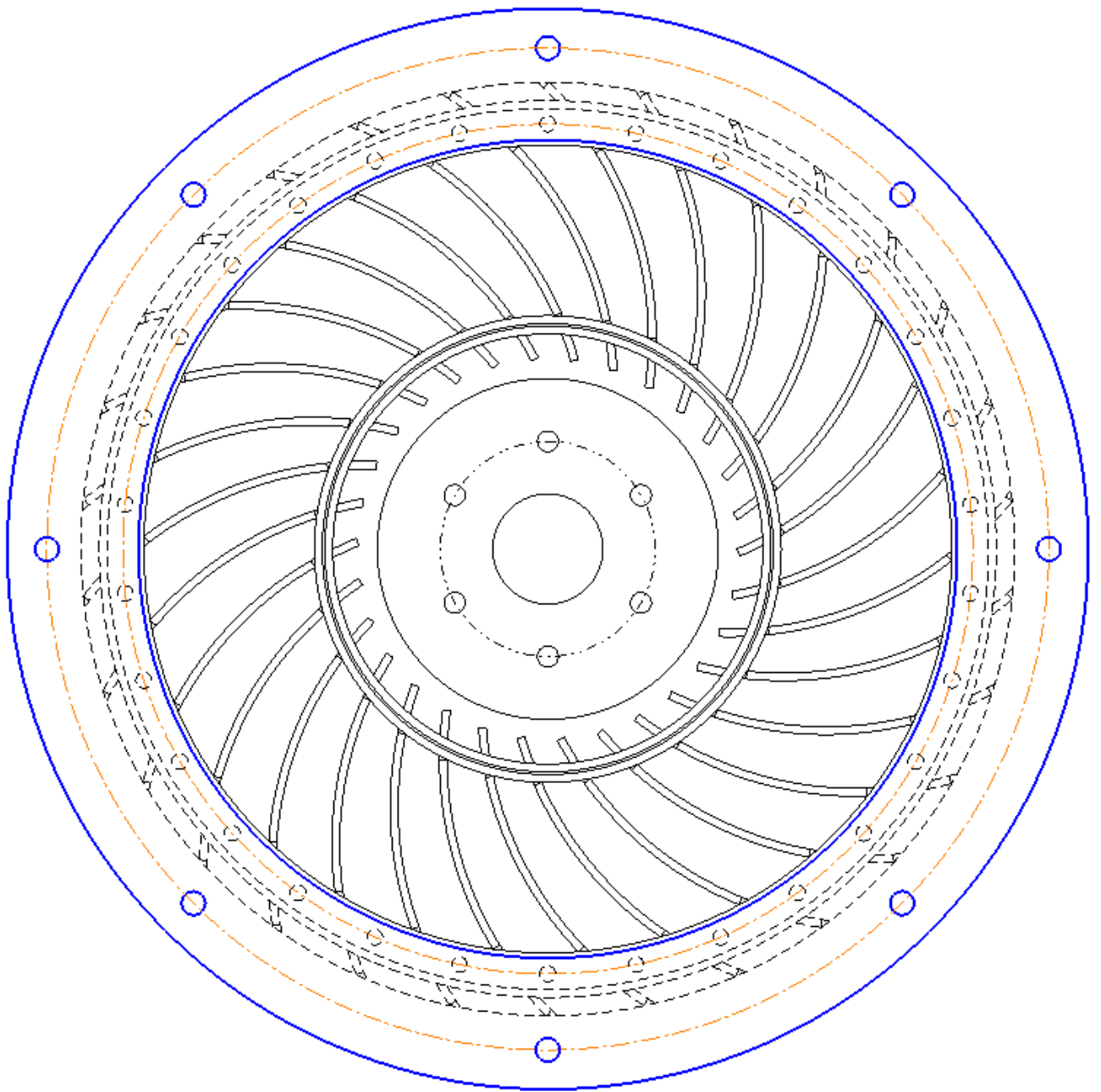


Рисунок 11 – Рабочее колесо, собранное в оснастке, гайки условно не показаны

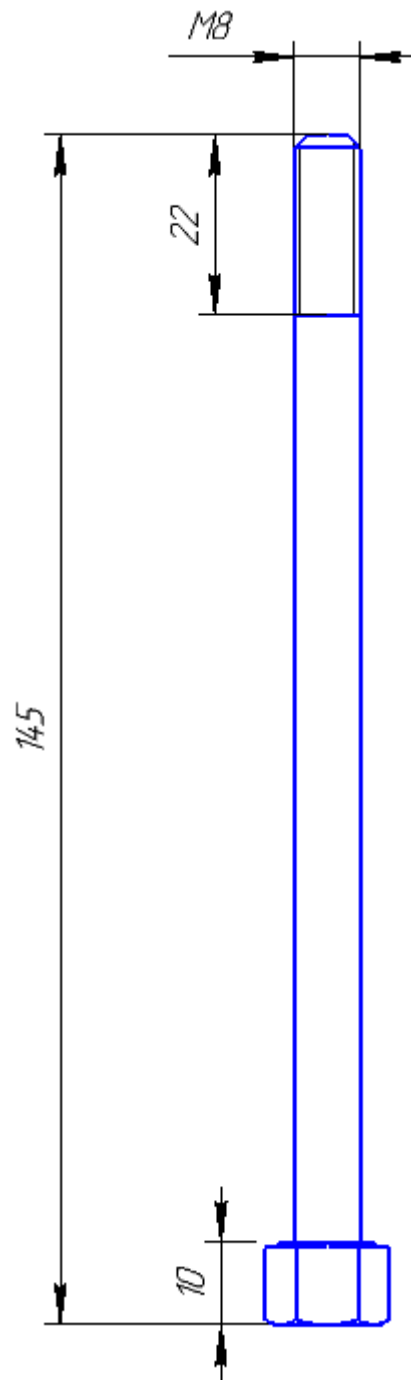


Рисунок 12 – Соединительные болты оснастки

Нижний диск (рисунок 4) рабочего колеса ложится на нижнее кольцо оснастки (рисунок 9), далее в пазы нижнего диска колеса устанавливаются лопатки (рисунок 5), на которые пазами укладывается верхний диск колеса, на собранное колесо укладывается верхнее кольцо, после чего верхнее и нижнее кольца стягиваются болтами (рисунок 12), жестко фиксируя при этом лопатки между верхним и нижним дисками.

## 6 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

### 6.1 Заготовительные операции

Резка заготовок проводится при помощи установки воздушно-плазменной резки.

Установка УПР-1210-2 предназначена для ручной воздушно-плазменной резки низкоуглеродистых и легированных сталей толщиной до 45 мм, а также цветных металлов и их сплавов.



Рисунок 13 – Установка воздушно-плазменной резки УПР-1210-2

Таблица 6 – технические характеристики.

Наименование параметра	Норма
Номинальное напряжение трехфазной питающей сети 50 Гц, В	380+5%, -10%
Максимальная потребляемая мощность, кВа	30
Максимальный потребляемый ток, А	46
Максимальное напряжение холостого хода, В	250
Номинальное рабочее напряжение, В	140
Ток резки (цикл работы 10 мин.), А:	
При ПВ=100% (1 ступень)	60
При ПВ=80% (2 ступень)	90
При ПВ=60% (3 ступень)	120
Плазмообразующий газ	Воздух
Давление сжатого воздуха, кг/см <sup>2</sup> , (МПа)	5-6(0,5-0,6)
Номинальный расход сжатого воздуха, л/мин	100-130
Толщина разрезаемого металла, мм, не более	
<u>Качественная резка</u>	
Сталь	35
Алюминий и его сплавы	35
Медь и ее сплавы	10
<u>Разделительная резка</u>	
Сталь	45
Алюминий и его сплавы	45
Медь и ее сплавы	15
Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм	800 x 500 x 810
Масса, кг, не более	150

Листы размерами 3000 x 1200 мм, для удобства, разрезаются на четыре заготовки 750 x 1200 мм.



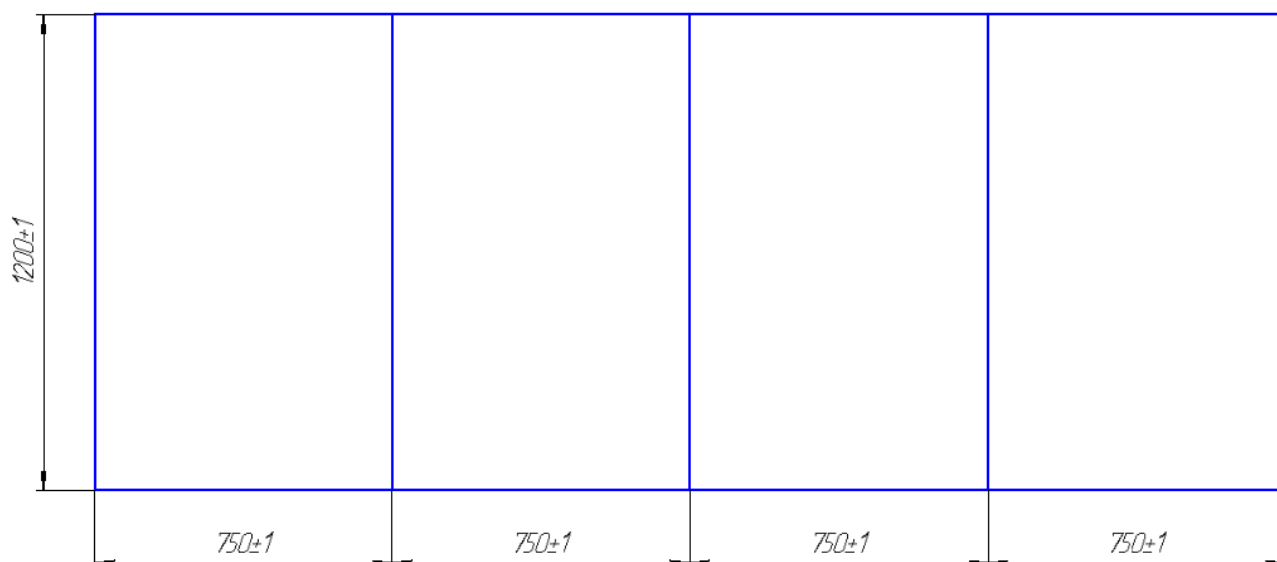


Рисунок 14 – Схема роспуска листов при помощи установки плазменной резки

На фрезерном станке либо станке с ЧПУ нарезаются заготовки необходимого размера и формы.

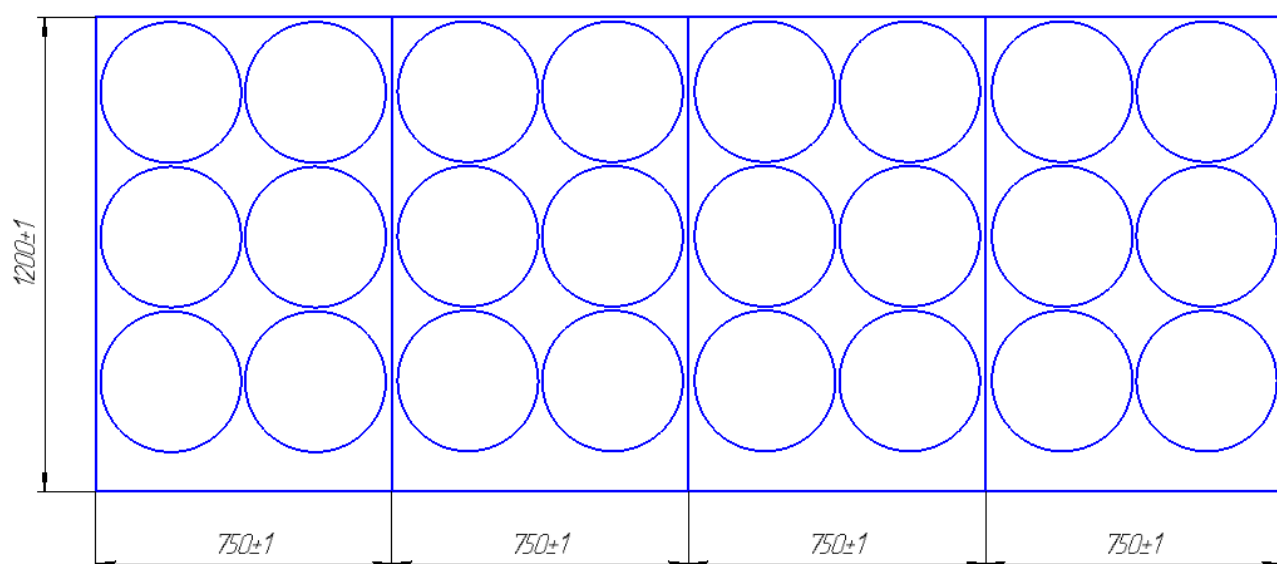


Рисунок 15 – Схема резки заготовок для дисков колеса рабочего

Прорезаются пазы под лопатки

На координатно-расточном станке размечаются и сверлятся отверстия

Параллельно с этими операциями фрезеруются и гнутся на вальцах лопатки.

После изготовления комплектующих колеса вентилятора, они отправляются в отдел технического контроля (ОТК), для контроля размеров.

## 6.2 Травление и осветление

Для получения высокого качества сварных швов, комплектующие отправляются на травление, с последующей промывкой.

Травление позволяет удалить с деталей прочно сцепленные с их поверхностью загрязнения и окислы. Основная цель травления — снятие продуктов окисления; при этом основной металл не должен травиться.

Ниже приводится состав водного раствора для травления.

Таблица 7 – Состав водного раствора для травления

	г\л	Температура раствора	Время обработки
Гидроксид натрия (NaOH)	50-100	40-60°C	5-10 с

После травления алюминиевых сплавов в щелочи, на их поверхности остается черный налет, представляющий собой шлам от трудно растворимых в щелочи примесей или присадок к алюминию. Для удаления с поверхности алюминия и его сплавов шлама, остающегося после травления, применяется операция осветления. Этот процесс осуществляется в растворах 15 – 20 процентной азотной кислоты при комнатной температуре. Продолжительность обработки деталей до достижения полного осветления поверхности алюминиевых сплавов составляет 2—5 мин.

По окончании травления и осветления детали промываются в пятнадцати процентном растворе кальцинированной соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Затем тщательно промываются водой.

## 6.3 Сборка в оснастке

Перед началом сборки колеса в оснастке проверяется наличие всех комплектующих, после чего приступает к сборке.

Перед началом сборки на прихватки, обезжириваются все стыки спиртом.

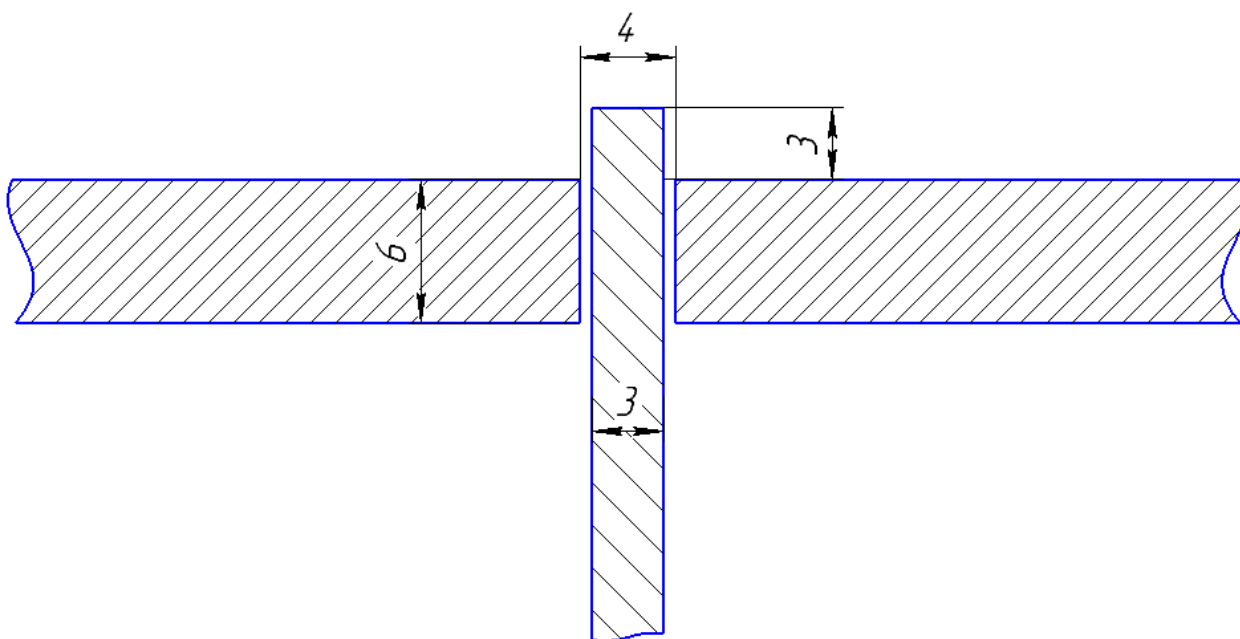


Рисунок 16 – Поперечное сечение подготовленных кромок

Для уменьшения концентраций напряжений прихватки ставятся накрест, поэтому условно все лопатки делятся на четыре части. Все прихватки ставятся в одном направлении (по часовой стрелки или против часовой). Количество лопаток 30 штук, независимо от размеров колеса вентилятора. Делятся попарно на девять и шесть штук.

Для удобства последующей сварки, прихватки ставятся длиной 8-10 мм от краев. Сварочный ток на прихватки подбирается в зависимости от толщины металла. Так как металл еще холодный, а возле мест прихваток по внешнему радиусу бортик под отверстия высотой 10 мм, то сварочный ток следует увеличить на 15-20% от тока непосредственно сварки.

Ставится по девять прихваток по внешнему и внутреннему радиусу колеса, места прихваток обведены на Рисунке 17 красным цветом.

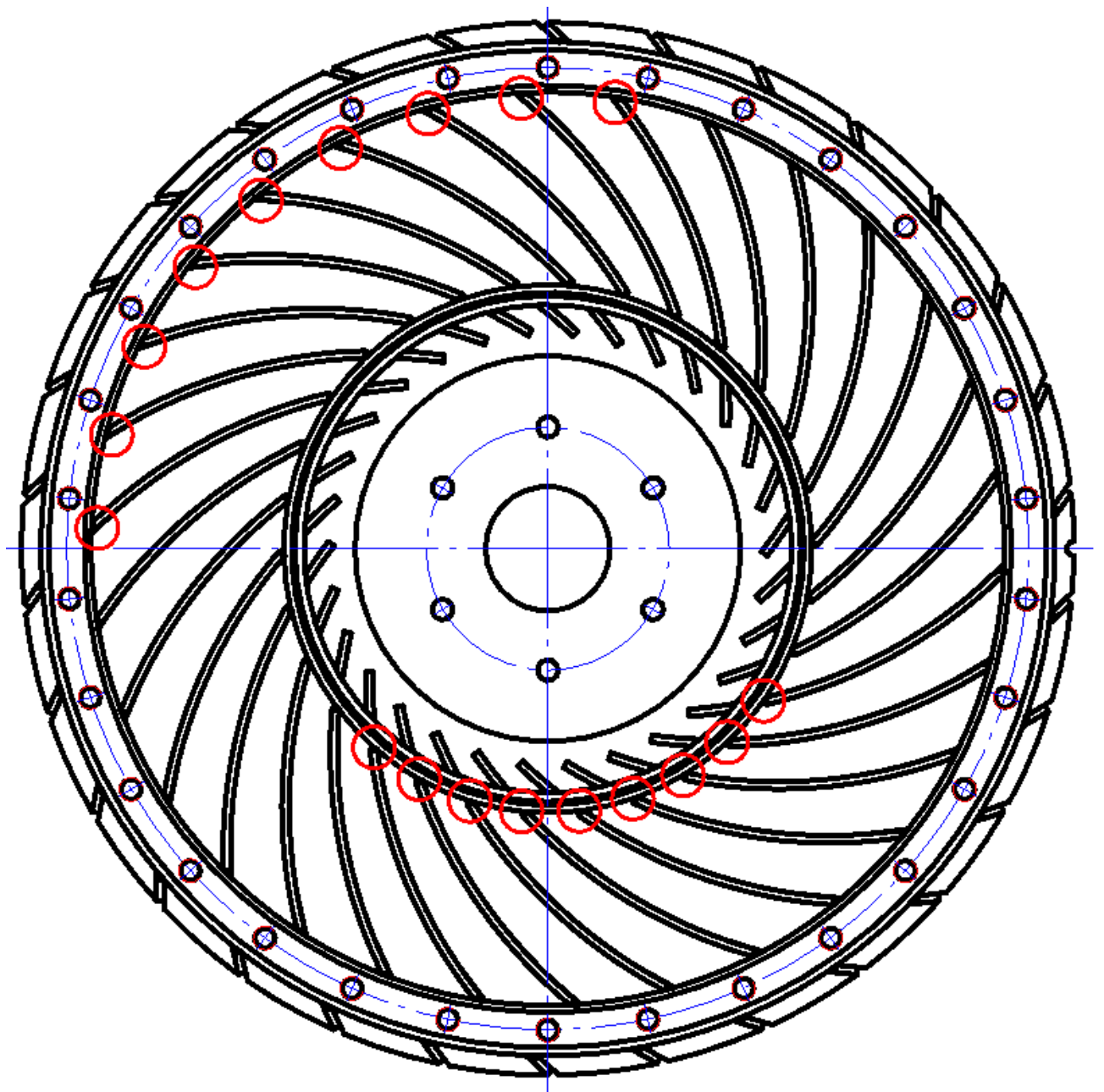


Рисунок 17 – Схематическое расположение прихваток.

После того, как поставлена первая группа прихваток, в том же направлении ставится вторая группа прихваток (места прихваток обведены на Рисунке 18 синим цветом)

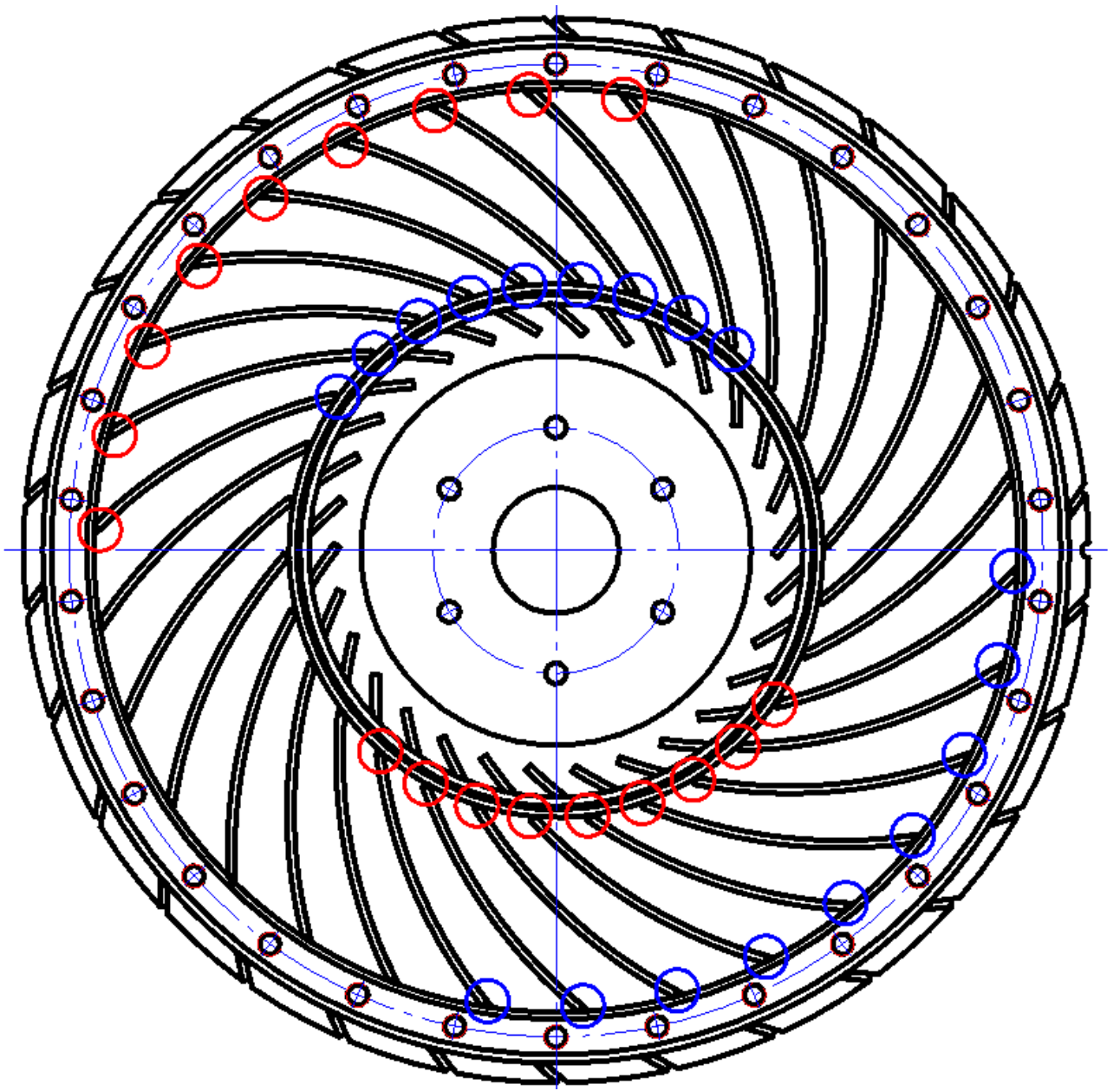


Рисунок 18 – Схематическое расположение прихваток.

Далее ставится по шесть прихваток по внешнему и внутреннему радиусу, места прихваток обведены на Рисунке 19 зеленым цветом.

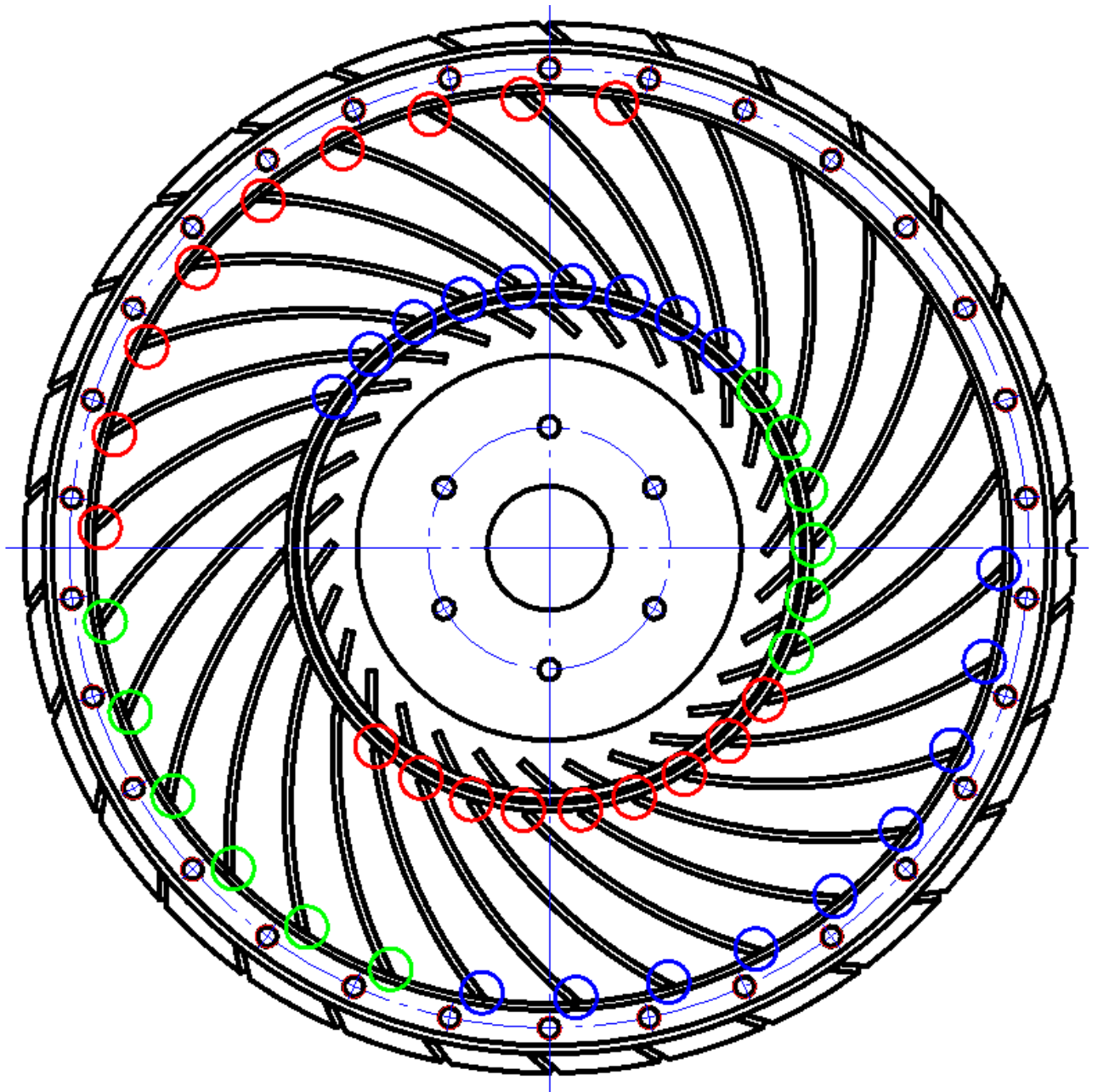


Рисунок 19 – Схематическое расположение прихваток.

Ставится последняя группа прихваток, места прихваток обведены на Рисунке 20 фиолетовым цветом.

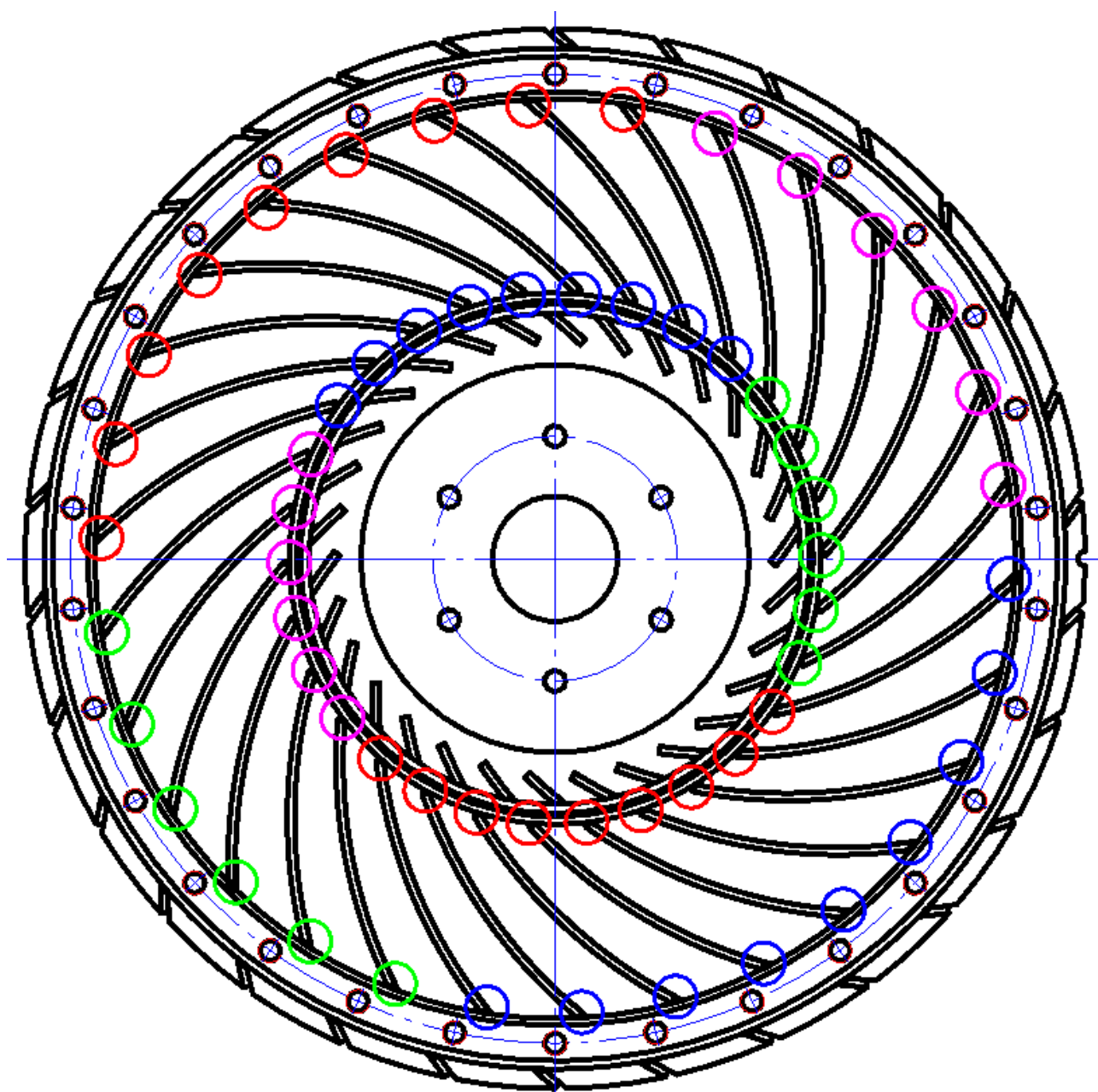


Рисунок 20 - Схематическое расположение прихваток.

После прихватки лопаток к одному из дисков, колесо, собранное в оснастке охлаждается 15-20 минут на воздухе, для избежания деформаций в местах соприкосновения лопаток и дисков.

Далее ставятся прихватки на втором диске с обратной стороны колеса по схеме, описанной выше.

Перед сваркой колесо охлаждается до «комнатной» температуры, а также визуально осматриваются прихватки на крупные трещины, по необходимости подвариваются.

## 6.4 Режимы и параметры сварки

Режимы сварки подбираются согласно методическим указаниям, инструкции к сварочной установке, а так же практическим знаниям сварщика.

Таблица 8 – Режимы и параметры сварки

Сварочный ток, А	80-90
Напряжение дуги, В	12,5
Расход аргона, дм <sup>3</sup> /мин	5-6
Ширина шва, мм	5-6
Ток импульса, А	130
Ток паузы, А	25
Длительность сварочного импульса, сек	0,2
Длительность паузы между импульсами, сек	0,45
Диаметр электрода, мм	2
Форма заточки	сферическая

Ниже представлена эпюра тока импульсно-дуговой сварки переменным током прямоугольной формы.

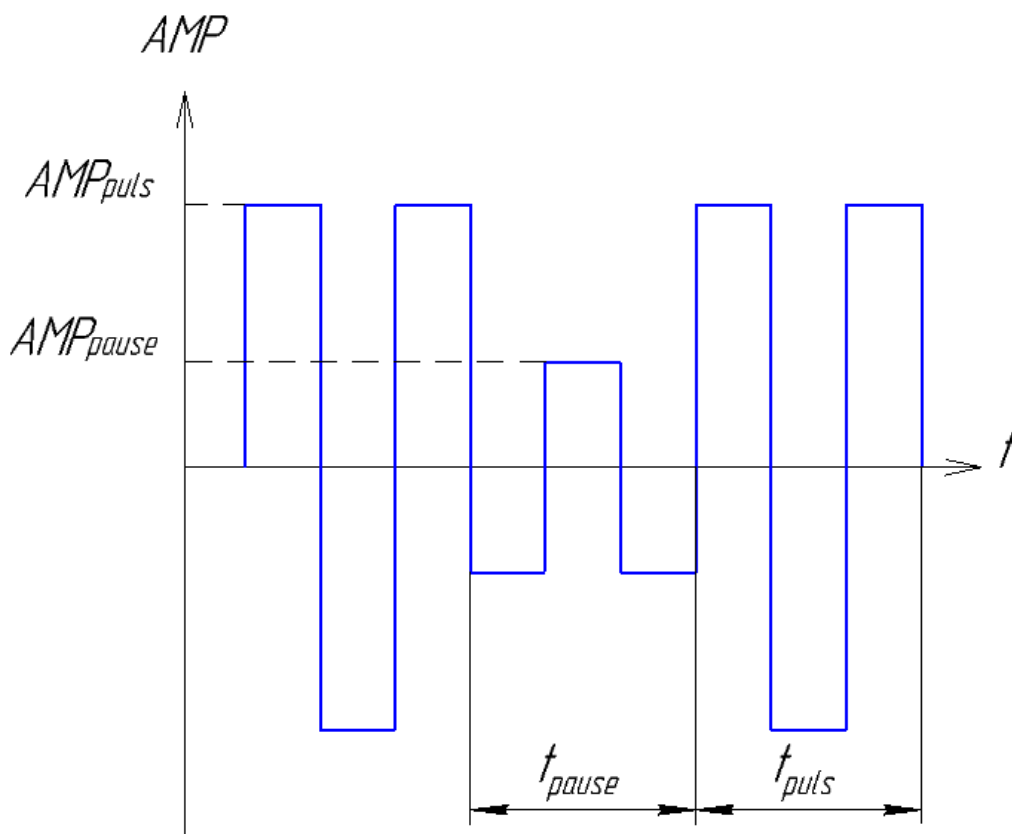




Рисунок 21 – Эпюра тока импульсно-дуговой сварки переменным током  
прямоугольной формы

$AMP_{puls}$  – ток импульса, А;

$AMP_{pause}$  – ток паузы, А;

$t_{pause}$  – длительность сварочного импульса, сек;

$t_{puls}$  – длительность паузы между импульсами, сек.

## 6.5 Сварка

Перед сваркой удаляются загрязнения (если имеются) спиртом, так же обезжириваются присадочные прутки.

Для сварки колеса используются присадочные прутки ESAB ОК Tigrod 5356 диаметром 1,2 мм.

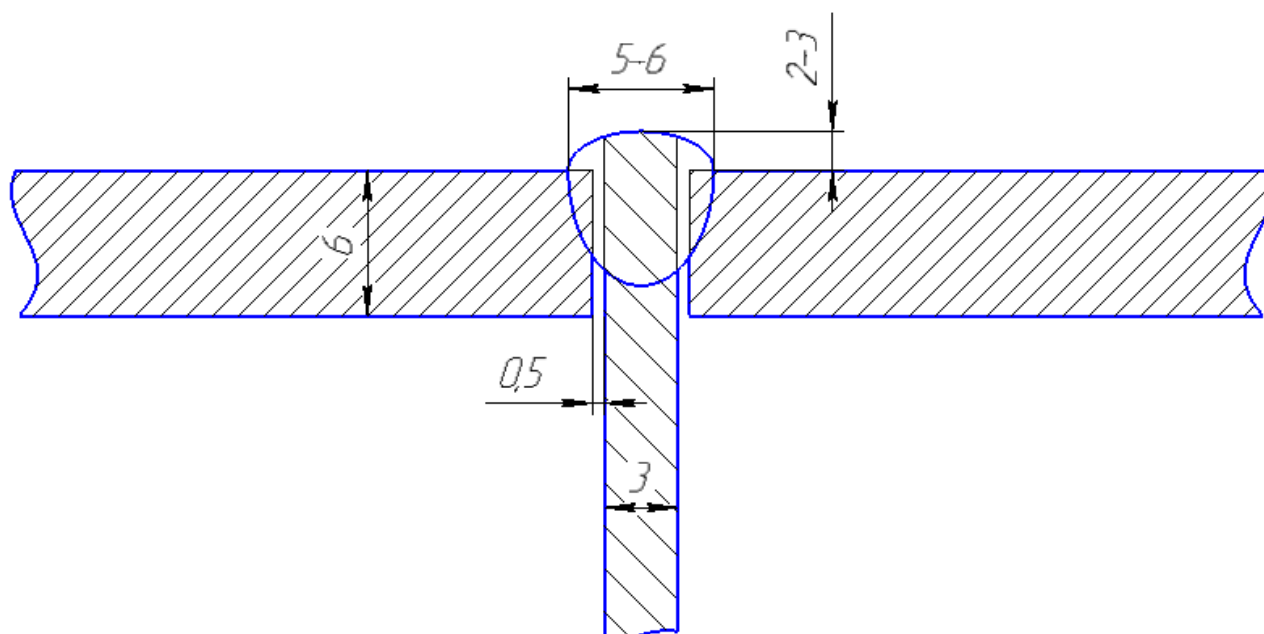


Рисунок 22 – Поперечное сечение сварного шва

Сварка ведется импульсной дугой переменного тока, для более концентрированного введения тепла, это уменьшит:

- время нагревания кромок
- количество введенного тепла
- деформацию поверхности дисков
- количество затраченной энергии на сварку в масштабах партии
- время остывания изделия

- время на изготовление одной единицы изделия

Группы сварных швов так же, как и группы прихваток выполняются накрест по девять и шесть швов в группе (четыре группы).

Швы выполняются к центру диска в один проход.

Сварочный ток подбирается в зависимости от толщины кромок диска.

После сварки каждой группы швов, колесо остужается до «комнатной» температуры.

По окончании сварки, швы визуально проверяются сварщиком на наличие крупных трещин в начале и конце швов, по необходимости заварить их.

## **6.6 Термическая обработка**

Для снятия внутренних напряжений и улучшения микроструктуры после сварки проводится отжиг при температуре 300°С в течении четырех часов, с последующим остыванием колеса вместе с печью до «комнатной» температуры.

## **6.7 Операции после сварки**

После отжига колесо извлекается из оснастки, визуально осматривается на наличие явных дефектов и отправляется в ОТК. Где при помощи визуально-измерительного контроля (ВИК) сварные швы проверяются на наличие поверхностных дефектов (трещин, пор, наплывов и т.д.). Не допускаются трещины, поры, наплывы, а также продавливание металла дисков и лопаток вовнутрь колеса. Все дефекты должны быть исправлены.

Далее колесо отправляется на:

- токарную обработку
- контроль размеров
- координатно-расточную обработку
- слесарную обработку (сверловку и резку резьб)
- контроль предыдущих операций
- покрытие колеса путем химического оксидирования

- контроль покрытия
- конечная сборка вентилятора
- контроль на соответствие чертежу

## 7 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Для проверки качества колеса вентилятора используется визуально-измерительный контроль (ВИК).

Это один из методов неразрушающего контроля оптического вида. Он основан на получении первичной информации о контролируемом объекте при визуальном наблюдении или с помощью оптических приборов и средств измерений. Это органолептический контроль, т.е. воспринимаемый органами чувств (органами зрения) РД 03-606-03 «Инструкция по визуально-измерительному контролю». Внешним осмотром (ВИК-ом) проверяют качество подготовки и сборки заготовок под сварку, качество выполнения швов в процессе сварки и качество готовых сварных соединений. Как правило, внешним осмотром контролируют все сварные изделия независимо от применения других видов контроля. Визуальный контроль во многих случаях достаточно информативен и является наиболее дешевым и оперативным методом контроля.

Визуальный метод контроля позволяет обнаруживать несплошности, отклонения размера и формы от заданных более 0,1 мм при использовании приборов с увеличением до 10 крат. Визуальный контроль, как правило, производится невооруженным глазом или с использованием увеличительных луп до 7 крат. В сомнительных случаях и при техническом диагностировании допускается применение луп с увеличением до 20 крат. Перед проведением визуального контроля поверхность в зоне контроля должна быть очищена от ржавчины, окалины, грязи, краски, масла, брызг металла, и других загрязнений, препятствующих осмотру. При визуально-измерительном контроле сварных швов зоной контроля является сварной шов и прилегающие к нему участки основного металла на ширине не менее 20 мм в каждую сторону от шва с двух поверхностей, если обе они доступны для осмотра. Визуальный контроль выполняется до проведения других методов контроля. Дефекты, обнаруженные при визуальном контроле, должны быть устранены до проведения контроля другими методами.

Измерения производятся с использованием приборов и инструментов:

- лупы измерительные;
- штангенциркули;
- линейки измерительные металлические;
- угольники;
- угломеры;
- щупы;
- шаблоны и др.

Визуальный контроль и измерения производятся:

- на стадии входного контроля материала для выявления поверхностных дефектов (трещин, расслоений, забоин, закатов, раковин, шлаковых включений и др.), а также отклонений геометрических размеров заготовок от проектных;

- на стадии подготовки деталей под сборку и сварку для подтверждения соответствия установленным требованиям конструктивных элементов разделки и чистоты кромок, и прилегающих поверхностей, отсутствия углового и поверхностного смещения, величины зазоров, количества, расположения и качества прихваток;

- по окончании сварки, либо на отдельных её этапах - для выявления в сварном соединении поверхностных дефектов и несплошностей (трещин, раковин, пор, свищей, подрезов, прожогов, наплывов, грубой чешуйчатости и западаний между валиками, не проваров и др.); а также отклонений геометрических размеров сварного шва от требований, установленных стандартами.

- на стадии технического диагностирования - для выявления отклонений размеров и формы конструкции от проектных; эксплуатационных дефектов основного металла и сварного шва (усталостных трещин, коррозионных язв, питтингов и др.).

ВИК является достаточно простым методом, тем не менее, может служить высокоэффективным средством для предупреждения и обнаружения

дефектов. Только после проведения визуального контроля и исправления недопустимых дефектов сварные соединения подвергают контролю другими физическими методами (рентгеновский контроль, ультразвуковой контроль, капиллярный контроль) для выявления внутренних и поверхностных дефектов.

Некоторые производители в целях экономии или некомпетентности игнорируют визуально-измерительный и другие методы неразрушающего контроля продукции или вспоминают о нём только на последней стадии сборки, либо уже непосредственно перед сдачей объекта (а это приводит к дополнительной потере времени и непредусмотренным расходам), когда контроль бывает технически неосуществим. Подобное отношение к контролю качества чаще всего приводит к аварийным ситуациям в процессе эксплуатации и способно привести даже техногенным катастрофам.

После конечной сборки вентилятора его испытывают при количестве оборотов в минуту на 15-20% больше рабочих.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1В22	Дворников Е.В.

<b>Институт</b>	<b>Кафедра</b>
Уровень образования	Направление/специальность
Бакалавр	Машиностроение

**Тема выпускной квалификационной работы:** Технология сборки и сварки рабочего колеса вентилятора.

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость применяемого оборудования для проведения сварочных работ, тарифные ставки рабочих, стоимость электроэнергии
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления по страховым взносам – 30% от ФОТ
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Обосновать выбор приобретаемого оборудования и материалов
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Привести затраты на приобретение оборудования и материалов
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Рассчитать трудозатраты, энергозатраты, затраты на материалы, эксплуатацию оборудования
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
-------------------------------------------------------------	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент	Баннова К.А.	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1В22	Дворников Е.В.		

## 8 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

### 8.1 Предпроектный анализ

Целью экономической части диплома является анализ процесса с экономической точки зрения.

В данном разделе производится учет всех технико-экономических факторов на каждой стадии проекта, оценивается эффективность разработки, анализируются возможные способы исполнения процесса сварки, а также рассчитывается эффективность производства по одному из способов.

#### 8.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Результаты исследования могут быть применены на объектах производства металлоконструкций из сплавов алюминия. Алюминиевые сплавы используются во многих отраслях промышленности. Сегментируем рынок потребления продукции из алюминиевых сплавов в зависимости от отрасли, размера компании и уровня потребления продукции. Карта представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Карта сегментирования по отраслям промышленности

Параметр		Отрасль			
		Авиационная	Машиностроение	Приборостроение	Химическая
Размер компании	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				
Уровень потребления продукции	Высокий				
	Средний				
	Низкий				

ПАО Сибур		ПАО «НАЗ им. В.П.Чкалова»		ОАО ТЭМЗ		ЗАО Сибкабель	
-----------	--	---------------------------	--	----------	--	---------------	--

Из таблицы видно, что основными сегментами являются крупные компании авиационной промышленности с высоким уровнем потребления



продукции из алюминиевых сплавов. Следовательно, эти компании являются наиболее заинтересованными в результатах исследования.

### 8.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Помимо ручной аргоно-дуговой сварки на переменном токе импульсной дугой разрешается применять сварку на переменном токе без импульсного режима горения дуги.

С помощью анализа конкурентных технических решений, проведем оценку сравнительной эффективности научной разработки и определим направление для ее реализации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i, \quad (1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Оценочная карта представлена в таблице 10

Таблица 10 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Спрос проекта	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,2
2. Удобство в применении	0,2	5	4	4	1	0,8	0,4
3. Возможности проекта	0,15	3	4	5	0,45	0,6	0,75
4. Универсальность	0,1	4	4	2	0,4	0,4	0,2
5. Эффективность применения	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4

Продолжение таблицы 10

Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность	0,1	2	5	3	0,3	0,7	0,4
2. Уровень проникновения на	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
3. Цена	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
4. Квалифицированные кадры	0,05	5	5	5	0,3	0,3	0,3
Итого	1	38	36	35	4,35	4,2	3,4
<p><i>Примечание:</i>  <math>B_{\phi}</math> – оценка профессиональных рисков при проведении работ;  <math>B_{кл}</math> – прогнозная оценка профессиональных рисков;</p>							

Исходя из полученных данных, можно судить, что технология с применением импульсной дуги, рассмотренная в дипломной работе, эффективнее, чем методы, применяемые конкурентами.

### 8.1.3 FAST – анализ

FAST – анализ состоит из шести стадий:

1. Выбор объекта FAST-анализа;
2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом;
3. Определение значимости выполняемых функций объектом;
4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования;
5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ;
6. Оптимизация функций, выполняемых объектом.

Стадия 1. Выбор объекта FAST-анализа.

В качестве предмета исследования выбран сварочный комплекс для сварки TRITON ALUTIG 200P AC/DC в режиме импульсного горения дуги.

Стадия 2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом.

Таблица 11 – Классификация функций, выполняемых объектом

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
1. Инверторный сварочный аппарат TRITON ALUTIG 200P AC/DC	1	Образует сварочную дугу, настройка параметров	X		
2. Универсальная горелка TIG WP26	1	Управление процессом	X		
3. Газовый баллон	1	Подача газа		X	
4. Редуктор	1	Регулирование подачи газа			X
5. Газовые шланги	1	Подвод газа к горелке		X	
6. Кабель соединительный 10 м	1	Подвод электроэнергии к источнику питания		X	
7. Зажим на деталь с кабелем 5 м	1	Крепление детали		X	
8. Кулер	1	Охлаждение			X

Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом.

Для оценки значимости функций будем использовать метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глуценко В.Ф., в основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции.

Для начала необходимо построить матрицу смежности функций, в которой определим более значимые из них.

Таблица 12 – Матрица смежности

	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Инверторный сварочный аппарат TRITON ALUTIG 200P AC/DC	=	>	>	>	>	>	>	>
2. Универсальная горелка TIG WP26	<	=	>	>	>	>	>	>
3. Газовый баллон	<	<	=	>	=	=	=	>
4. Редуктор	<	<	<	=	<	<	<	=
5. Газовые шланги	<	<	=	>	=	=	=	>
6. Кабель соединительный 10 м	<	<	=	>	=	=	=	>
7. Зажим на деталь с кабелем 5 м	<	<	=	>	=	=	=	>
8. Кулер	<	<	<	=	<	<	<	=

Примечание: «<» – менее значимая; «=» – одинаковые функции по значимости; «>» – более значимая

Преобразовываем матрицы смежности в матрицы количественных соотношений функций.

Таблица 13 – Матрица количественных соотношений функций

	1	2	3	4	5	6	7	8	Итого	Вес
1. Инверторный сварочный аппарат TRITON ALUTIG 200P AC/DC	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	11,5	0,1796875
2. Универсальная горелка TIG WP26	0,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	10,5	0,1640625
3. Газовый баллон	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1	1,5	8	0,125
4. Редуктор	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	5	0,078125
5. Газовые шланги	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1	1,5	8	0,125
6. Кабель соединительный 10 м	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1	1,5	8	0,125
7. Зажим на деталь с кабелем 5 м	0,5	0,5	1	1,5	1	1	1	1,5	8	0,125
8. Кулер	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	5	0,078125
								Σ	64	1

Примечание: 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=»

Определяем значимость функций путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям.

Инверторный сварочный аппарат TRITON ALUTIG 200P AC/DC  $11.5/64=0.1796875$ ; Универсальная горелка TIG WP26  $10,5/64=0,1640625$ ; Газовый баллон  $8/64=0,125$ ; Редуктор  $5/64=0,078125$ ; Газовые шланги  $8/64=0,125$ ; Кабель соединительный 10 м.  $8/64=0,125$ ; Зажим на деталь с кабелем 5 м.  $8/64=0,125$ ; Кулер  $5/64=0,078125$ .

Обязательным условием является то, что сумма коэффициентов значимости всех функций должна равняться 1.

Стадия 4 Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

Таблица 14 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество во деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, нормо-часов	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.	Итого, руб	Вес
1. Инверторный сварочный аппарат TRITON ALUTIG 200P AC/DC	1	Образует сварочную дугу, настройка параметров	20	5	6 000	1 000	3 000	10 000	0,075
2. Универсальная горелка TIG WP26	1	Управление процессом	1	2	9 000	2 000	4 000	15 000	0,112
3. Газовый баллон	1	Подача газа	30	5	10 000	2 000	4 000	16 000	0,119
4. Редуктор	1	Регулирование подачи газа	2	3	2 000	500	1 000	3 500	0,026
5. Газовые шланги	1	Подвод газа к горелке	5	4	5 000	1 000	2 000	8 000	0,06
6. Кабель соединительный 10 м	1	Подвод электроэнергии к источнику питания	5	2	3 000	800	1 500	5 300	0,04
7. Зажим на деталь с кабелем 5 м	1	Крепление детали	5	3	6 000	1 500	2 500	10 000	0,075
8. Кулер	1	Охлаждение	5	3	6 000	1 200	2 000	9 400	0,069

Задача данной стадии заключается в том, что с помощью специальных методов оценить уровень затрат на выполнение каждой функции.

Стадия 5 Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ.

Информация об объекте исследования, собранная в рамках предыдущих стадий, на данном этапе обобщается в виде функционально – стоимостной диаграммы (ФСД), рисунок 23.



Рисунок 23 – Функционально-стоимостная диаграмма объекта

Анализ, приведенный выше ФСД показывает явное наличие рассогласования по функциям 1, 4, 5, 6 к которым относятся инверторный сварочный аппарат TRITON ALUTIG 200P AC/DC, редуктор, газовые шланги, кабель соединительный 10 м. Необходимо провести работы по ликвидации данных диспропорций.

Стадия 6. Оптимизация функций, выполняемых объектом.

В качестве оптимизации данных функций можно выделить следующее:

- 1) оптимизация параметров надежности;
- 2) использование новых заготовок и материалов;
- 3) замена комплектующих на более дешевые отечественные аналоги;

4) унификации сборочных единиц и деталей.

В результате проведенного FAST-анализа были выявлены слабые стороны инверторный сварочный аппарат TRITON ALUTIG 200P AC/DC, редуктор, газовые шланги, кабель соединительный 10 м, оптимизация которой приведет к уменьшению стоимости проекта и увеличению его эффективности.

#### 8.1.4 SWOT-анализ

В этом разделе необходимо выявить сильные и слабые стороны научного проекта, а также возможности и угрозы для его дальнейшей реализации.

Первый этап – опишем сильные и слабые стороны проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта (таблица 3).

Таблица 15 – SWOT – анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие бюджетного финансирования. С2. Наличие опытного руководителя С3. Использование современного оборудования С4. Актуальность проекта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Развитие новых технологий Сл2. Высокая стоимость оборудования Сл3. Отсутствие квалифицированного персонала.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.		
Угрозы: У1. Появление новых технологий У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.		

Второй этап – выявим соответствие сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 4, 5, 6, 7.

Таблица 16- Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	+
	B2	+	0	+	+
	B3	+	-	+	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и возможности: B1C1, B1C2, B1C3, B1C4, B2C1, B2C3, B2C4, B3C1, B3C2, B3C3.

Таблица 17- Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	-	0
	B2	+	-	+
	B3	+	0	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: B1Сл1, B1Сл2, B2Сл1, B2Сл2, B2Сл3, B3Сл1, B3Сл3.

Таблица 18- Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	+	0	+	+
	У2	0	-	0	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и угроз: У1С1, У1С3, У1С4, У2С2, У2С4.

Таблица 19 - Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	+	0
	У2	0	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: У1Сл1, У1Сл2, У2Сл2, У2Сл3.



Выявив соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды, можно определить потребность в проведении стратегических изменений.

Третий этап – составим итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 8).

Таблица 20 – SWOT – анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>С2. Наличие опытного руководителя</p> <p>С3. Использование современного оборудования</p> <p>С4. Актуальность проекта</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Развитие новых технологий</p> <p>Сл2. Высокая стоимость оборудования</p> <p>Сл3. Отсутствие квалифицированного персонала.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>В1С1 -ускорение темпов разработки</p> <p>В1С2 – получение деталей с высокими эксплуатационными свойствами.</p> <p>В1С3 – получение качественных образцов</p> <p>В1С4 – интерес у многих компаний</p> <p>В2С1 – ускорение темпов разработки</p> <p>В2С3 – обеспечение качества</p> <p>В2С4 – высокий спрос на продукцию</p> <p>В3С1 – укрепление позиции на рынке, образование конкурентного преимущества</p> <p>В3С2 – поиск способов оптимизировать издержки</p> <p>В3С3 – снижение себестоимости</p>	<p>В1Сл1 – расширение линейки выпускаемой продукции</p> <p>В1Сл2 – аренда, а не покупка оборудования на первом этапе производства</p> <p>В2Сл1 - снижение цен на технологии импульсной сварки;</p> <p>В2Сл2 – максимальная загрузка оборудования для снижения себестоимости продукции</p> <p>В2Сл3 – повышение квалификации персонала, обучение, стажировки специалистов</p> <p>В3Сл1- сотрудничество с зарубежными профессорами и повышение квалификации персонала.</p> <p>В3Сл3 – привлечение к проекту студентов старших курсов для стажировки в компании</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление новых технологий</p> <p>У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p>	<p>У1С1 – развитие дополнительных направлений</p> <p>У1С3 - появление расширенной линейки продукции</p> <p>У1С4- повышение квалификации персонала т.к. тема актуальна и есть современное оборудование.</p>	<p>У1Сл1 - расширение области применения за счет развития новых технологий.</p> <p>У1Сл2 – поиск более дешевого аналогового оборудования отечественного производства</p> <p>У2Сл2 – аренда</p>

## Продолжение таблицы 20

	<p>У2С2– привлечение финансирования за счет хоз.договоров с заинтересованными в исследованиях предприятий</p> <p>У2С4 – поиск инвестиций у заинтересованных в разработке компаний</p>	<p>оборудования на первом этапе производства</p> <p>У2Сл3 – привлечение иногородних специалистов или выпускников ВУЗов</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, а реальных угроз, которые могут помешать реализации проекта выявлено не было, также возможности открывают хорошие перспективы для применения разработки в промышленности.

### 8.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения).

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (2)$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Значение  $B_{\text{сум}}$  позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации.

Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации представлена в таблице 21.

Таблица 21 – Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно–технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно–технического задела	5	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4.	Определена товарная форма научно–технического задела для представления на рынок	5	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	1
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	5	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	3
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	4
ИТОГО БАЛЛОВ		61	50

Таким образом, разработка считается перспективной, а знания разработчика выше среднего. Возможно привлечение в работу эксперта по проведению процедуры оценки уровня профессиональных компетенций сотрудников, осуществляющих контрольно-надзорные мероприятия.

## 8.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта [54].

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать [54].

Устав научного проекта бакалаврской работы имеет структуру, представленную ниже [54].

Цели и результат проекта. Информацию по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 22.

Таблица 22 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Авиационная	Получение технологии сварки алюминиевых сплавов
Машиностроение	
Приборостроение	
Химическая	

В таблице 23 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 23 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработка технологии для сборки и сварки рабочего колеса вентилятора с применением импульсного режима сварки
Ожидаемые результаты проекта:	Получение более качественных соединений с меньшими пластическими деформациями
Требования к результату проекта:	Требование:
	Выполнение поставленных задач
	Научное объяснение результатов экспериментов
	Заключение о результатах исследования

Организационная структура проекта. Информация об участниках проекта представлена в табличной форме (таблица 24).

Таблица 24 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
1	Князьков А.Ф., к.т.н., доцент кафедры ОТСП ИНК	Руководитель	Отвечает за реализацию, координирует деятельность участников проекта
2	Дворников ., бакалавр кафедры ОТСП	Исполнитель	Выполнение экспериментальной части

Ограничения и допущения проекта. Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 25 - Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	
3.1.1.Источник финансирования	—
3.2. Сроки проекта:	
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	—
3.2.2. Дата завершения проекта	30.05.2017 г.

В данном разделе были определены основные цели и ожидаемые результаты от разработок, обозначены сроки завершения проекта и назначены главные участники.

### 8.3 Планирование управления проектом

#### 8.3.1 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить линейный график выполнения проекта. Линейный график представляется в виде таблицы (таблица 26).

Таблица 26 - Распределение этапов работы

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение установки	

Продолжение таблицы 26

Практические исследования	9	Сварка контрольных образцов исследуемыми методами.	Студент
	10	Изучение результатов проведенной сварки	
Оценка полученных результатов	11	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	12	Выводы по цели	Научный руководитель, студент

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю.

### 8.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Работа над ВКР проводилась с 12 января 2017 года по 1 июня 2017 года. В итоге, при пятидневной рабочей неделе с учетом выходных и праздничных дней получается 99 рабочих дней.

Трудоемкость работ определяется по сумме трудоемкости этапов работ, оцениваемых экспериментальным путем в человеко-днях. Она носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов. Поэтому для определения ожидаемой продолжительности работ  $t_{ож}$  используется метод вероятностных оценок длительности работ. Он основан на использовании трех оценок

$$t_{ож} = \frac{t_{\min} + 4t_{нг} + t_{\max}}{6}, \quad (3)$$

где  $t_{\min}$  – кратчайшая продолжительность заданной работы (оптимистическая оценка),

$t_{\max}$  – самая большая продолжительность работы (пессимистическая оценка),

$t_{н.в.}$  – наиболее вероятная продолжительность работы.

Для оценки трудоемкости необходимо разработать перечень работ.

Выбор комплекса работ при разработке проекта производится в соответствии с ГОСТ 19.102-77 устанавливающего стадии разработки. Перечень комплекса работ приведен в таблице 13.

















Таблица 27 – Временные показатели проведения научного исследования

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Трудоемкость работ			Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
			$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{ож}}$	$t_p$	$t_k$
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	3	1,8	2	4
2	Выдача задания на тему	Руководитель	1	3	1,8	2	4
3	Постановка задачи	Руководитель	1	3	1,8	2	4
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель Студент	2	6	3,6	2	4
5	Поиск и изучение материалов по теме	Студент	7	14	9,8	10	20
6	Анализ существующего опыта	Студент	4	8	5,6	6	10
7	Подбор нормативных документов	Студент	4	8	5,6	6	10
8	Согласование полученных данных с руководителем	Руководитель Студент	2	12	6	3	6
9	Разработка технологической документации	Студент	3	6	4,2	4	7
10	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	2	4	2,8	3	6
12	Работа над выводом	Студент	1	4	2,2	3	6
13	Составление пояснительной записки	Студент	1	4	2,2	3	6
Руководитель							12
Студент							87

Таким образом, общая длительность работ в календарных днях (руководителя – 12 дн., инженера – 87 дн., совместной работы – 10 дн.) равна 99 дн. На основании таблицы 16 строим календарный план-график, который отражает длительность исполнения работ в рамках проектной деятельности (таблица 17).

Таблица 28 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				март			апрель			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4											
2	Выдача задания на тему	Руководитель	4											
3	Постановка задачи	Руководитель	4											
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель Студент	4											
5	Поиск и изучение материалов по теме	Студент	20											
6	Анализ существующего опыта	Студент	10											
7	Подбор нормативных документов	Студент	10											
8	Согласование полученных данных с руководителем	Руководитель Студент	6											
9	Разработка технологической документации	Студент	7											
10	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	6											
12	Работа над выводом	Студент	6											
13	Составление пояснительной записки	Студент	6											

 – студент;  – руководитель.

## 8.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Определение затрат производится путем составления сметы затрат на разработку технологического процесса. Смета затрат состоит из прямых и накладных расходов, которые включают в себя следующие статьи:

статья 1 – материальные затраты НТИ;

статья 2 – затраты на специальное оборудование для научных работ;

статья 3 - основная заработная плата исполнителей темы;

статья 4 – дополнительная заработная плата исполнителей темы;

статья 5 – отчисления во внебюджетные фонды;

статья 6 - накладные расходы.

### 8.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Перечень стоимости сварочного оборудования и материалов необходимых для данной разработки приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм	Кол-во	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб.
Универсальная горелка TIG WP26	шт	1	3020	3020
Газовый баллон	шт	1	8000	8000
Редуктор	шт	1	1500	1500
Газовые шланги	шт	1	1000	1000
Кабель соединительный 10 м	шт	1	2700	2700
Зажим на деталь с кабелем 5 м	шт	1	300	300
Кулер	шт	1	450	450
Сварочная проволока	кг	5	200	2000
Алюминиевые сплавы	кг	10	500	5000
Итого				19470

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

#### 8.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данном разделе рассмотрены затраты на приобретение специального оборудования (сварочного и компьютерного). Стоимость оборудования указана в таблице 30.

Таблица 30 – Стоимость специального оборудования

Наименование	Кол-во	Цена ед., руб.	Сумма, руб.
Инверторный сварочный аппарат TRITON ALUTIG 200P AC/DC	1	66800	66800
Затраты на доставку и монтаж	1	10020	10020
Итого			76820

Затраты на доставку и монтаж составляют 15% от общей цены оборудования.

$$C_{д.м.} = 0,15 \cdot C_{ОБЩ} = 0,15 \cdot 66800 = 10020 \text{ руб.} \quad (4)$$

где  $C_{д.м.}$  – затраты на доставку и монтаж, руб,

$C_{ОБЩ}$  – затраты на оборудование, руб.

В данном разделе были определены общая стоимость специального оборудования для выполнения проекта, она составила 66800 руб., плюс затраты на доставку и монтаж 10020 руб., общие затраты в этом случае равны 76820 руб.

Амортизационные отчисления определим по формуле:

$$C_A = \sum_{i=1}^n \frac{Ц_B \cdot H_A \cdot g \cdot t}{\Phi_{ЭФ}}, \quad (5)$$

где  $n$  – количество видов единиц оборудования,

$Ц_B$  – балансовая стоимость  $i$ -го вида оборудования,

$H_A$  – норма годовых амортизационных отчислений для оборудования,

$g$  – количество единиц  $i$ -го вида оборудования,

$t$  – время работы  $i$ -го вида оборудования, час,

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

Эффективный фонд времени работы оборудования определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{эф}} = D \cdot H_3, \quad (6)$$

где  $D$  – количество рабочих дней в году,

$H_3$  – норматив среднесуточной загрузки.

$$\Phi_{\text{эф}} = 246 \cdot 8 = 1968 \text{ час.}$$

В нашем случае при разработке использовалось две единицы оборудования – компьютер и сварочный аппарат. Балансовая стоимость сварочного аппарата -  $C_B = 66800$  руб. Количество сварочных аппаратов  $g = 1$ . Время работы за сварочным аппаратом  $t = 8$  часов. Норма годовых амортизационных отчислений для сварочного аппарата  $H_A = 20\%$ .

Тогда амортизационные отчисления на разработку проекта составят:

$$C_A = \frac{76820 \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot 8}{1968} = 63 \text{ руб.}$$

В данном разделе были определены амортизационные отчисления со сварочного аппарата TRITON ALUTIG 200P AC/DC.

#### 8.4.3 Расчет фонда заработной платы

Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно-должностным окладом [54]. Для техника (дипломника) месячный оклад составляет  $Z_{\text{от}}=7000$  руб/мес, для руководителя (доцента с ПКГ ППС 3) -  $Z_{\text{от}}=26300$  руб/мес.

Заработная плата рассчитывается по формуле 1 [54]:

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (7)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле 2 [54]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (8)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневную заработную плату можно рассчитать по формуле 9, [54]:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}}}{T}, \quad (9)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$T$  – количество рабочих дней в месяце. Принимаем 6- дневную рабочую систему, значит  $T=26$  дней.

Месячный должностной оклад работника [54]:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot k_p, \quad (10)$$

где  $Z_{\text{б}}$  – базовый оклад, руб.;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Теперь рассчитываем месячную заработную плату работников проекта:

$$Z_{\text{мт}} = 7000 \cdot 1,3 = 9100 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{мп}} = 26300 \cdot 1,3 = 34190 \text{ руб.}$$

Определяем среднедневную заработную плату:

$$Z_{\text{дн.т}} = \frac{9100}{26} = 350 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{дн.п}} = \frac{34190}{26} = 1315 \text{ руб.}$$

Основную заработную плату определим с допущением, что на данный проект его работники затратили 99 полных рабочих дней (8 часов в день):

$$Z_{\text{осн.т}} = 350 \cdot 99 = 34650 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{осн.п}} = 1315 \cdot 99 = 130185 \text{ руб.}$$

Результаты расчета фонда заработной платы представлены в таблице 31.

Таблица 31 - Фонд заработной платы

Исполнитель	Число исполнителей	Трудоёмкость выполнения работы Тисп, д	Зарботная плата по тарифной ставке руб./мес.	Среднедневная зарботная плата, руб	Основная зарботная плата исполнителя ЗПосн, руб.	Месячный должностной оклад, руб
Дипломник (техник)	1	99	7000	350	34650	9100
Руководитель (доцент)	1	99	26300	1315	130185	34190
Итого:	2	198			164835	

В данном разделе были определены затраты на фонд заработной платы, который равен 164835 рублей.

#### 8.4.4 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная зарботная плата рассчитывается исходя из 10-15 % от основной зарботной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы [54]:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} , \quad (11)$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная зарботная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарпфаты;

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

Принимаем коэффициент дополнительно зарпфаты равным 0,1 и получаем:

$$Z_{\text{доп.т}} = 0,1 \cdot 34650 = 3465 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доп.п}} = 0,1 \cdot 130185 = 13019 \text{ руб.};$$

В данном разделе был сделан расчет дополнительной зарботной платы. Итоговая сумма дополнительной зарботной платы участников проекта равна 16484 рублей.

#### 8.4.5 Расчет отчислений во внебюджетные фонды

Также необходимо рассчитать отчисления во внебюджетные фонды (социальные нужды) по формуле 12 [54]:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (12)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Принимаем  $k_{\text{внеб}}=0.302$ .

Отчисления с основной заработной платы:

$$C_{\text{внеб.т}}=0,302 \cdot 164835=49780 \text{ руб.}$$

Отчисления с основной дополнительной заработной платы:

$$C_{\text{внеб.п}}=0,302 \cdot 16484=4978 \text{ руб.}$$

В данном разделе был сделан расчет отчислений во внебюджетные фонды. Итоговая сумма отчислений равна 54758 рублей.

#### 8.4.6 Расчет накладных расходов

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot \left(\frac{C_{\text{мат}}}{7}\right), \quad (13)$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Накладные расходы составляют 16 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле 13 [54]:

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов. Принимаем  $k_{\text{накл}}=0.16$ .

$$C_{\text{накл.т}}=0,16 \cdot (19470+63+164835+16484+54758)/7=5843 \text{ руб.}$$

В данном разделе был сделан расчет накладных расходов.



### 8.4.7 Формирование бюджета затрат НИИ

Расчет сметы затрат на разработку приведены в таблице 32.

Таблица 32 – Смета затрат на разработку технологического процесса

Статья затрат	Сумма затрат, руб.
Материальные затраты НИИ	19470
Амортизационные отчисления	63
Основная заработная плата	164835
Дополнительная заработная плата	16484
Отчисления во внебюджетные фонды	54758
Накладные расходы	5843
Итого	261453

В данном разделе были определены основные источники расходов для реализации данного проекта. Всего потребуется 261453 рублей.

### 8.5 Определение ресурсной финансовой и бюджетной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. В нашем исследовании мы можем рассчитать интегральный показатель ресурсоэффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом [54]:

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i, \quad (14)$$

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i$  – бальная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, которая приведена ниже. В текущем исследовании применялась ручная аргонно-дуговая сварка на переменном токе импульсной дугой.

В качестве аналогов рассмотрим ручную сварку на переменном токе (аналог 1) и ручную дуговую сварку постоянном токе обратной полярности (аналог 2).

Таблица 33 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Сложность постановки эксперимента	0.4	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации	0.1	4	3	2
3. Энергосбережение	0.15	4	3	3
4. Безопасность	0.15	5	4	4
5. Стоимость эксперимента	0.2	3	3	5
Итого	1			

По формуле 14 и данным таблицы 33 рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности.

$$I_m^p = 0.4 \cdot 5 + 0.1 \cdot 4 + 0.15 \cdot 4 + 0.15 \cdot 5 + 0.2 \cdot 3 = 4,35;$$

$$I_m^{a1} = 0.4 \cdot 4 + 0.1 \cdot 3 + 0.15 \cdot 3 + 0.15 \cdot 4 + 0.2 \cdot 3 = 3,55;$$

$$I_m^{a2} = 0.4 \cdot 4 + 0.1 \cdot 2 + 0.15 \cdot 3 + 0.15 \cdot 4 + 0.2 \cdot 5 = 3,85.$$

Из расчётов наглядно видна ресурсоэффективность технологического процесса ручной аргонно-дуговой сварки на переменном токе импульсной дугой, по сравнению с другими способами сварки.

## **Выводы**

Проведен технико–экономический анализ усовершенствования технологии сварки ручной аргонно-дуговой сварки на переменном токе импульсной дугой алюминиевых сплавов.

В результате проведенного FAST-анализа были выявлены слабые стороны инверторный сварочный аппарат TRITON ALUTIG 200P AC/DC, редуктор, газовые шланги, кабель соединительный 10 м, оптимизация которой приведет к уменьшению стоимости проекта и увеличению его эффективности.

В качестве оптимизации данных функций можно выделить следующее:

- 1) оптимизация параметров надежности;
- 2) использование новых заготовок и материалов;
- 3) замена комплектующих на более дешевые отечественные аналоги;
- 4) унификации сборочных единиц и деталей.

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, а реальных угроз, которые могут помешать реализации проекта выявлено не было, также возможности открывают хорошие перспективы для применения разработки в промышленности.

Сделан расчет бюджета научного исследования в который вошли расходы на материалы и оборудование, а также сумма заработной платы участников проекта. Итоговый бюджет проекта составляет 261453 руб.

По оценке ресурсоэффективности проекта, можно сделать выводы, что она выше для технологического процесса ручной аргонно-дуговой сварки на переменном токе импульсной дугой, по сравнению с другими способами сварки.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА**  
**«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Дворников Е.В.

Институт	Электронного обучения	Кафедра	Оборудования и технологии сварочного производства
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	15.03.01. «Машиностроение»

Тема выпускной квалификационной работы: Технология сборки и сварки рабочего колеса вентилятора.

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

*Описание рабочего места на предмет возникновения:*

- потенциально вредных и опасных факторов производственной среды;
- негативного воздействия на окружающую среду;
- чрезвычайных ситуаций;

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

*1. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности*

- приводятся данные по значениям напряжения используемого оборудования, классификация помещения по электробезопасности, допустимые безопасные для человека значения напряжения, тока и заземления (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); перечисляются СКЗ и СИЗ;
- приводится классификация пожароопасности помещений, указывается класс пожароопасности вашего помещения, перечисляются средства пожаробнаружения и принцип их работы, средства пожаротушения, принцип работы, назначение (какие пожары можно тушить, какие – нет), маркировка;

*2. Охрана окружающей среды:*

*Организация безотходного производства (приводится перечень отходов, перечисляются методы улавливания, переработки, хранения и утилизации образовавшихся на производстве промышленных отходов).*

*3. Защита в чрезвычайных ситуациях:*

- приводятся возможные для предприятия ЧС;
- разрабатываются превентивные меры по предупреждению ЧС;
- разработка мер по повышению устойчивости объекта к наиболее вероятной ЧС,

<i>разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</i>
<i>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе);</i>
<b>Перечень графического материала:</b> <i>План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
------------------------------------------------------	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сопруненко Э.Е.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Дворников Е. В.		

## 9 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### 9.1 Анализ сварочного производства

Объектом исследования является сборка и сварка, ручной аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом рабочего колеса вентилятора с применением режима импульсной сварки.

Используемое оборудование на рабочем месте (сварщика): установка для сварки TRITON ALUTIG 200P AC/DC, оснастка для сборки и сварки рабочего колеса вентилятора. Рабочее место сварщика расположено на закрытом участке сварки. Томская область г. Томск АО “НПЦ” Полус”.

В данном разделе на основе имеющихся данных о технологическом процессе и оборудовании, о имеющих веществах и материалах в рабочих зонах, о специфике работы (помещение) были идентифицированы следующие вредные и опасные производственные факторы:

- поражение электрическим током;
- ожог электродом, дугой или каплями расплавленного металла;
- ультрафиолетовое излучение;
- пожаровзрывоопасность;
- электромагнитное излучение сварочной установки;
- недостаточная освещенность;
- повышенная загазованность на рабочем месте.

Также по результатам комплексной оценки рабочего места на наличие ВиОПФ (вредных и опасных производственных факторов) были предложены мероприятия, направленные на снижение либо устранение опасных и вредных факторов; предложены мероприятия противопожарной профилактики; изучено воздействие рассматриваемого производственного объекта и процесса на окружающую среду. И в завершении были рассмотрены ЧС, возможные для данного случая.

### **9.1.1 Электромагнитное излучение сварочной установки**

Электрические поля токов промышленной частоты должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.002-84; магнитные поля — предельно допустимым уровням магнитных полей частотой 50 Гц, утвержденных Минздравом.

Напряженность электромагнитных полей зависит от конструкции и мощности сварочного оборудования, конфигурации свариваемых изделий. Характер их влияния на организм определяется уровнем и длительностью воздействия. Как правило, при ручной дуговой сварке напряженность магнитного поля незначительна (до 300 А/м), при полуавтоматической и автоматической сварке изделий больших толщин достигает более значительных величин, однако не превышает предельно допустимых уровней.

Предельно допустимый уровень напряженности воздействующего ЭП устанавливается равным 25 кВ/м.

Пребывание в ЭП напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

Пребывание в ЭП напряженностью до 5 кВ/м включительно допускается в течение рабочего дня.

При напряженности ЭП свыше 20 до 25 кВ/м время пребывания персонала в ЭП не должно превышать 10 мин.

### **9.1.2 Ультрафиолетовое излучение**

Основным источником ультрафиолетового излучения на рабочем месте является сварочная дуга. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию.

Согласно нормам СанПиН 2.2.4.3359-16 “Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах”, устанавливаются временные допустимые величины ультрафиолетового излучения на постоянных и непостоянных рабочих местах от

производственных источников с учетом спектрального состава излучения для областей:

- длинноволновой – 400-315 нм – УФ-А;
- средневолновой – 315-200 нм – УФ-В;
- коротковолновой – 280-200 нм – УФ-С

Допустимая интенсивность облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более 0,2 м<sup>2</sup> и периода до пяти минут, длительности пауз между ними не менее 30 минут и общей продолжительности воздействия за смену до 60 минут не должна превышать:

- 50 Вт/м<sup>2</sup> – для области УФ-А;
- 0,05 Вт/м<sup>2</sup> – для области УФ-В;
- 0,001 Вт/м<sup>2</sup> – для области УФ-С;

Допустимая интенсивность ультрафиолетового облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более 0,2 м<sup>2</sup> (лицо, шея, кисти рук и так далее), общей продолжительности воздействия излучения, равной 50% рабочей смены и длительности однократного облучения свыше пяти минут и более не должна превышать:

- 10 Вт/м<sup>2</sup> – для области УФ-А;
- 0,01 Вт/м<sup>2</sup> – для области УФ-В;

Излучение в области УФ-С при указанной продолжительности не допускается.

При использовании специальной одежды и средств защиты лица и рук, не пропускающих излучение (спилк, кожа, ткани с пленочным покрытием и тому подобное), допустимая интенсивность облучения в области УФ-В + УФ-С (200-315 нм) не должна превышать 1Вт/м<sup>2</sup>.

В случае превышения допустимых интенсивностей облучения должны быть предусмотрены мероприятия по уменьшению интенсивности излучения источника или защите рабочего места от облучения (экранирование), а также по дополнительной защите кожных покровов работающих.



### 9.1.3 Освещение рабочего места.

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы.

Сварочный участок должен иметь освещение в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах». Устройство электроосвещения должно соответствовать требованиям «Правил устройства электроустановок».

Сварочные работы относятся к VII разряду зрительных работ - работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах. Норма совместного освещения при верхнем или комбинированном освещении КЕО  $e_H$  – 1,8 %. Норма искусственного освещения при системе общего освещения – 200 лк.

Для освещения сварочного участка следует применять газоразрядные источники света низкого и высокого давления (лампы люминесцентные, ДРЛ, металлогалогенные).

#### 9.1.4.1 Расчет системы общего люминесцентного освещения

Произведем расчеты количества и мощности светильников, установленных в помещении. При расчете системы искусственного общего равномерного освещения для горизонтальной рабочей поверхности применим метод использования коэффициента светового потока.

Расчет искусственного освещения проведен для помещения с указанными габаритами: длина  $A = 5$  м, ширина  $B = 4$  м, высота  $H = 2.5$  м, высота рабочей поверхности  $h_{рп} = 0.8$  м, требуется создать освещенность  $E = 400$  лк, коэффициент отражения стен  $\rho_c = 30$  %, потолка  $\rho_n = 70$  %, коэффициент запаса  $K_3 = 1.5$ , коэффициент неравномерности  $Z = 1.1$ .

Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения:

Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами, м:

$H$  – высота помещения;

$h_c$  – расстояние светильников от перекрытия (свес);

$h_n = H - h_c$  – высота светильника над полом, высота подвеса;

$h_p$  – высота рабочей поверхности над полом;

$h = h_n - h_p$  – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью.

$L$  – расстояние между соседними светильниками или рядами.

$l$  – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

Примем  $h_c = 0.05$  м, тогда

$$h_n = H - h_c, \quad (15)$$

$$h_n = 2.5 - 0.05 = 2.45 \text{ м},$$

$$h = h_n - h_p, \quad (16)$$

$$h = 2.45 - 0.8 = 1.65 \text{ м},$$

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является табличная величина  $\lambda = L/h$ . Для нашего светильника она равна 1.1.

Расстояние между светильниками  $L$  определяется как :

$$L = \lambda h, \quad (17)$$

$$L = 1.1 \times 1.65 = 1,8 \text{ м},$$

Примем расстояние между светильниками 1,8 м

Тогда:

$$l = L/3, \quad (18)$$

$$l = 1.8 / 3 = 0,6 \text{ м},$$

Устанавливаем 2 светильника типа АОД -2-40 мощностью 40 Вт (с длиной 0,945м), при этом расстояние между светильниками составит около 2 м. Изображаем план помещения и размещения на нем светильников (рисунок 24). Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении  $N = 4$ .

Находим индекс помещения:

$$i = \frac{S}{2 \times (a+b)}, \quad (19)$$
$$i = \frac{20}{2 \times (5+4)} = 1.1,$$

Коэффициент использования светового потока находим по таблице:

$$\eta = 46$$

Определяем световой поток лампы:

$$\Phi = \frac{E \times k \times S \times Z}{S \times \eta}, \quad (20)$$
$$\Phi = \frac{400 \times 20 \times 1.5 \times 1.1 \times 100}{20 \times 46} = 1435,$$

$\Phi$  – световой поток лампы;

$E$  – освещенность, лк;

$k$  – коэффициент запаса;

$S$  – освещаемая площадь, м<sup>2</sup>;

$z$  – коэффициент неравномерности;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока.

По табл. Выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛД – 40 Вт с потоком 2500 лм.

Необходимый поток светильника не выходит за пределы диапазона.

От –10% до + 20%

Определяем электрическую мощность осветительной системы:

$$P = N \times P_{л}, \quad (21)$$
$$P = 4 \times 40 = 160 \text{ Вт},$$

$P_{л}$  – мощность одной лампы, Вт;

$N$  – общее число ламп.

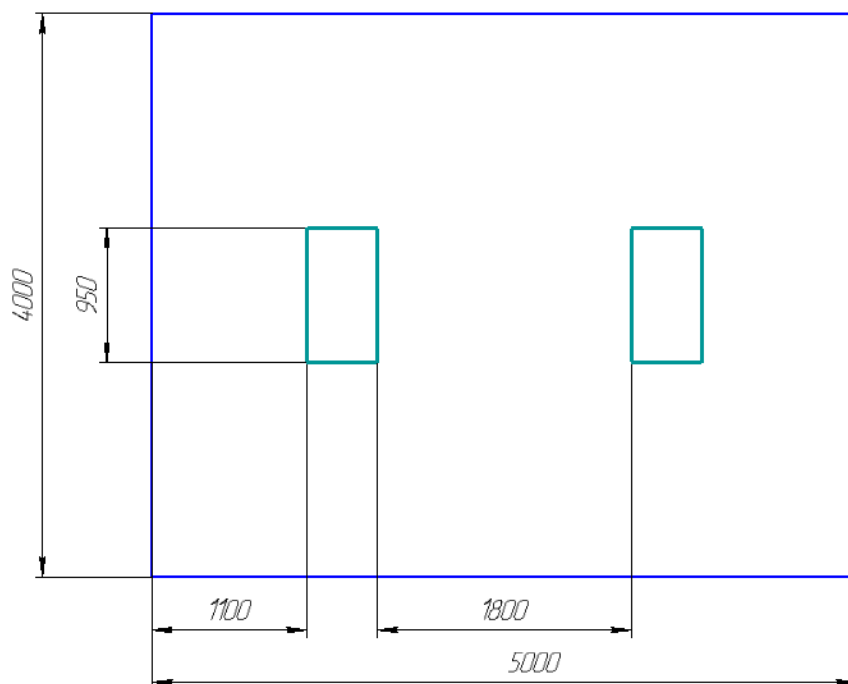


Рисунок 24 – план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

#### 9.1.4 Вредные вещества в воздухе рабочей зоны

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке алюминиевых сплавов, являются: озон, соединения вольфрама, оксид магния, оксид алюминия. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений не должна превышать величин, указанных в таблице 6.3.

Таблица 34 - Классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей

Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Агрегатное состояние
Вольфрам	6	4	аэрозоли
Оксид алюминия (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	6	4	аэрозоли
Озон (O <sub>3</sub> )	0,1	1	Пары или газы

Очистка воздуха от пыли (аэрозолей) осуществляется с помощью специального оборудования различных конструкций в зависимости от размеров частиц пыли: грубая очистка (10 ... 50 мкм), среднее (более 1 мкм) и тонкие (менее 1 мкм). Для этого применяются циклоны и пылеосадительные камеры, принцип действия которых основан на использовании сил тяжести и инерции; волокнистые (тканевые) и рукавные, изготовлены из натуральных материалов (хлопок, лен, шерсть) и синтетических (полиамидные, полипропиленовые и другие волокна); ротационные пыле образователями (в виде радиальных вентиляторов); электрофильтры, улавливающие аэрозоли за счет подзарядки их частиц в электрическом поле и дальнейшем осаждения.

Для улавливания сварочных аэрозолей в системах вентиляции и фильтровентиляционных агрегатах применяются электростатические, тканевые, бумажные и комбинированные фильтры.

### **9.1.5 Электробезопасность**

При сварочных работах электробезопасность обеспечивается выполнением требований должностных инструкций для сварщиков, инструкций по эксплуатации сварочного оборудования, требований соответствующих разделов правил устройства электроустановок, правил технической эксплуатации электроустановок потребителей.

К сварочным работам допускаются сварщики, прошедшие специальную подготовку, имеющие удостоверение на право производства сварочных работ и удостоверение на группу по электробезопасности не ниже II.

Основной защитой от напряжения опасной величины, появляющегося на корпусах источников сварочного тока, является заземление (зануление) этих корпусов. Большинство электроприемников, в том числе и сварочные установки, получают электроэнергию от сетей 220/380 В с заземленной нейтралью трансформатора или генератора, и к этой нейтрали присоединяется четвертый провод сети, называемый нулевым, который присоединен к металлическим корпусам распределительных устройств

и электрических аппаратов. К этому проводу также присоединяются корпуса источников сварочного тока. Для этого на корпусе источника сварочного тока должен быть специальный болт, к которому присоединяется четвертая жила кабеля, называемая нулевой. На другом конце кабеля, присоединяемом к сети, эта жила соединяется с корпусом выключателя, силовой сборки и т. п.

Выключателем может быть рубильник, автоматический выключатель и другие электрические аппараты.

В двухпроводной сети 220 В защита от опасного напряжения осуществляется также присоединением источника сварочного тока к нулевому проводу сети, который в этом случае является и рабочим, так как проводов только два.

На отдельных участках сети могут быть нулевые рабочие и нулевые защитные проводники. В таких случаях нулевой защитный проводник нужно присоединять к металлическому корпусу источника сварочного тока, а нулевой рабочий проводник — к цепи питания источника сварочного тока.

Источники сварочного тока могут присоединяться к силовым сетям напряжением не более 660 В.

Для подвода тока к сварочной дуге должен применяться специальный сварочный гибкий провод (кабель) с резиновой изоляцией и в резиновой оболочке, сечение которого должно соответствовать максимальному сварочному току.

Запрещается применение проводов в изоляции или в оболочке из полимерных материалов, распространяющих горение.

Присоединение источника сварочного тока к сети должно осуществляться через отключающий и защитный электрические аппараты. Эти аппараты могут быть объединены в одном, содержащем защиту от тока короткого замыкания. Длина гибкого кабеля, соединяющего переносной (передвижной) источник сварочного тока с включающим аппаратом сети, должна быть не более 15 м. Передвижные сварочные установки на время их передвижения должны быть отсоединены от сети.

При проведении сварочных работ в закрытом помещении должен быть предусмотрен отсос сварочных аэрозолей непосредственно вблизи сварочной дуги. Должны быть установлены фильтры в вентиляционных устройствах помещений для электросварочных работ, исключающие выброс вредных веществ в окружающую среду.

Присоединение к сети и отсоединение от сети источников сварочного тока и наблюдение за их исправным состоянием при эксплуатации должен выполнять электротехнический персонал предприятия, где числится данная сварочная установка, с группой по электробезопасности не ниже III, а также электросварщик, если он прошел обучение и сдал экзамен на получение удостоверения на группу III по электробезопасности.

Измерение сопротивления изоляции электросварочных установок производится после длительного перерыва в их работе, после перестановки оборудования, но не реже одного раза в шесть месяцев.

Ответственность за эксплуатацию сварочного оборудования, выполнение графика технического обслуживания и ремонта, безопасное ведение сварочных работ определяется должностными инструкциями и утверждается руководителем предприятия.

При наличии на предприятии должности главного сварщика или главного механика данная ответственность возлагается на них. Электросварочное оборудование закрепляется за электросварщиком под роспись.

### **9.1.6 Пожарная безопасность**

Меры пожарной безопасности и безопасных условий труда определяются исходя из конкретных условий проведения работ, при условии строгого исполнения действующих норм и правил по пожарной безопасности и охране труда.

К выполнению огневых работ допускаются лица не моложе 18 лет, успешно сдавшие зачет по пожарно-техническому минимуму, имеющие

удостоверение на право проведения соответствующих огневых работ и талон по технике пожарной безопасности с отметкой о сдаче зачетов по пожарно-техническому минимуму.

Газоэлектросварочные работы на постоянных местах (в мастерских) проводятся после выполнения всех требований по оборудованию помещений в соответствии с выше перечисленными документами:

- для помещений (мастерских) газопламенной обработки металлов:
- полы помещений должны быть негоряемыми и нескользкими;
- помещение обеспечивается общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией;
- отделка стен и потолков должна исключать возможность загорания и распространения пожара;
- на каждое стационарное рабочее место должно быть отведено не менее 4 м<sup>2</sup>, помимо площади, занимаемой оборудованием и проходами, а при работе в кабине — не менее 3 м<sup>2</sup>. Проходы должны иметь ширину не менее 1 м;
- рабочие места должны быть оснащены экранами и ширмами из негорючего материала;
- рабочее место должно быть оборудовано местной вытяжной вентиляцией;
- на рабочем месте должны быть первичные средства пожаротушения, ведро с водой и кошма и вывешены инструкции по технике безопасности при проведении газопламенных работ;
- баллоны с горючими газами и кислородом должны быть установлены вне помещения мастерской в негоряемых шкафах, имеющих вентиляционные отверстия;
- шкафы с баллонами устанавливаются возле глухой стены мастерской на расстоянии не менее 8 м от дверных и оконных проемов для групповых баллонных установок и не менее 0,5 м — для индивидуальных баллонных установок. При размещении индивидуальных баллонных установок внутри



помещения мастерской, баллоны должны находиться на расстоянии от сварочного поста не менее 5 м вне проходов и выходов из мастерской;

- хранение баллонов с горючими газами и кислородом осуществлять в соответствии с Инструкцией по мерам пожарной безопасности для складов горючих газов;

Газоэлектросварочное оборудование должно содержаться в чистоте, периодически проверяться на исправность.

Годность оборудования к эксплуатации определяется руководителем работ перед началом работы и по графикам, разработанным в соответствии с технологическим регламентом.

Разрешение на проведение газоэлектросварочных работ в мастерских выдается администрацией предприятия один раз в год после проверки выполнения всех мероприятий по обеспечению пожарной безопасности процесса производства.

Временные огневые работы на территории и в помещениях цехов, складов, административных помещениях разрешается проводить только по наряду-допуску руководителя данного подразделения (приложение 1), а в цехах и на складах, где применяются или хранятся легковоспламеняющиеся и горючие жидкости разрешение на производство огневых работ выдает ответственный за пожарную безопасность всех объектов фирмы или лицо, его замещающее, после выполнения всех мероприятий, обеспечивающих пожарную безопасность данного помещения.

Место проведения огневых работ необходимо обеспечить средствами пожаротушения (огнетушитель или ящик с песком, лопата и ведро с водой).

В случае проведения огневых работ в зданиях, сооружениях или других местах при наличии вблизи или под местом этих работ сгораемых конструкций последние должны быть надежно защищены от возгорания металлическими экранами или политы водой, а также должны быть приняты меры против разлета искр и попадания их на сгораемые конструкции, нижележащие площадки и этажи.

Временные места огневых работ необходимо очищать от сгораемых материалов или защищать листами негорючего материала в радиусе 5 м.

При проведении сварочных и других огневых работ (бензорезных, паяльных и т.п.) запрещается:

- приступать к работе при неисправной аппаратуре;
- производить сварку, резку или пайку свежеекрашенных поверхностей конструкций и изделий до полного высыхания краски;
- пользоваться при огневых работах одеждой и рукавицами со следами масел и жиров, бензина, керосина и других горючих жидкостей;
- хранить в сварочных кабинах одежду, горючую жидкость и другие легковоспламеняющиеся материалы;
- допускать к работе учеников и рабочих, не сдавших испытаний по сварочным и газопламенным работам и без предварительной проверки их знаний правил пожарной безопасности;
- допускать соприкосновение электрических проводов с баллонами со сжатыми, сжиженными или растворенными газами (провода должны располагаться на расстоянии не менее 1 м от баллонов с ГГ);
- производить сварку, резку, пайку или нагрев открытым огнем аппаратов и коммуникаций, заполненных горючими и токсичными веществами, а также находящихся под давлением негорючих жидкостей, газов и паров и воздуха или под электрическим напряжением.

Лица, занятые на огневых работах, в случае пожара или загорания обязаны немедленно вызвать пожарную охрану (ДПД) и принять меры к ликвидации загорания или пожара имеющимися средствами пожаротушения.

Лицо, ответственное за проведение огневых работ (выдавшее наряд-допуск), обязано проверить наличие на рабочем месте средств пожаротушения, а после окончания работы осмотреть рабочее место, нижележащие площадки и этажи и обеспечить принятие мер, исключающих возможность возникновения пожара. Периодическая проверка места огневых работ проводится в течение 3-5 часов после окончания работы.

Огневые работы должны немедленно прекращаться по первому требованию представителя инспекции Государственного надзора.

При проведении газосварочных работ необходимо соблюдать следующие требования пожарной безопасности:

- к месту сварочных работ баллоны доставляются на специальной тележке. Переноска баллонов на плечах и руках запрещена.

- баллоны, устанавливаемые в помещениях, должны находиться на расстоянии не менее 1 м от радиаторов отопления, а от места сварки и источников тепла с открытым огнем — 5 м.

Запрещается:

- отогревать замерзшие детали сварочного оборудования открытым огнем, а также пользоваться инструментом, могущим образовать искры при ударе;

- допускать соприкосновение кислородных баллонов, редукторов и другого сварочного оборудования с различными маслами, а также промасленной одеждой и ветошью;

- курить и пользоваться открытым огнем на расстоянии менее 10 м от баллонов с газами;

- производить продувку шланга для горючих газов кислородом и кислородные шланги горючими газами, а также взаимозаменять шланги при работе, пользоваться шлангами, длина которых более 30 м;

- перекручивать, заламывать или зажимать газоподводящие шланги;

- производить сварку в подвальных и цокольных этажах;

- устанавливать баллоны с газом на путях эвакуации.

## **9.2 Охрана окружающей среды**

При расчетах выбросов загрязняющих веществ в атмосферу следует руководствоваться; законом РФ «Об охране окружающей природной среды»; ГОСТ 17.2.3.02-2014 «Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями».

Предельно допустимым выбросом считается суммарный выброс загрязняющего вещества в атмосферу от всех источников данного предприятия, определенный с учетом перспектив развития предприятия и характера рассеивания выбросов в атмосфере. Выбросы загрязняющего вещества из всех источников (с учетом фоновых концентраций того же вещества) не должны создавать приземную концентрацию, превышающую предельно допустимую концентрацию в воздухе ближайших населенных пунктов (или ПДК для растительного и животного мира, установленную в данном районе, если ее значение меньше ПДК в воздухе).

Для снижения загрязнения атмосферы выбросами промышленной пыли необходимо осуществлять мероприятия по сокращению их потерь, указанные в таблице 35.

Таблица 35 – Мероприятия для снижения загрязнения атмосферы выбросами

Наименование мероприятия	Сокращение потерь, %
Установка фильтрующих элементов на выходе из вентиляции предприятия	50 - 60
Замена плазменной резки алюминия на улице, на гидроабразивную резку	10 - 20

Для достижения норм ПДС загрязняющих веществ со сточными водами необходимо осуществлять мероприятия по уменьшению количества сбрасываемых сточных вод и повышению глубины их очистки.

Уменьшение количества сбрасываемых сточных вод может быть обеспечено за счет повторного использования очищенных сточных вод на производственные нужды и сокращения общего потребления воды для этих целей. Должен осуществляться постоянный надзор за герметичностью технологического оборудования, фланцевых соединений, съемных деталей, люков и т.п.

После установления норм ПДВ (ВСВ) загрязняющих веществ в атмосферу на предприятии должен быть организован контроль за их соблюдением, который должен проводиться в соответствии с требованиями ОНД-90 «Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы».

К числу основных веществ, загрязняющих производственные сточные воды, относятся эмульсии для механической обработки металлов.

Нормы ПДС этих веществ со сточными водами должны устанавливаться в разрешениях на специальное водопользование на основании лицензии и договора пользования водным объектом в соответствии с Водным кодексом РФ.

В целях обеспечения готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии необходимо планировать и осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий.

На каждом производственном участке должна находиться аптечка с необходимым запасом медикаментов и перевязочных материалов по установленному перечню, согласованному с медицинскими службами.

Весь производственный персонал должен быть обучен способам оказания первой помощи, пострадавшим при несчастных случаях.

Для борьбы с паводковыми водами необходимо заготовить запас инструмента и инвентаря (лопаты, мешки с песком, лодки и т.п.). Период прохождения весеннего паводка уточняется в местных отделениях гидрометеорологической службы.

При проведении сварочных работ отходами являются:

- металлолом черных и цветных металлов и сплавов;
- отработанные абразивные круги;
- мусор от уборки территории;
- сварочный шлак;
- промасленная ветошь, картон, полиэтиленовая упаковка и др.

Сбор отходов производится:

- в специальные контейнеры;

-на специальные площадки для крупногабаритных отходов (металлолом);

-на территориях предприятия;

-в иные места (помещения) для временного хранения отходов

В контейнеры исключается попадание атмосферных осадков и запрещается раздувание отходов. На территории предприятия устраивают специальные бетонированные или асфальтированные площадки для размещения контейнеров. Площадка должна быть с водонепроницаемым покрытием. Подъезды к местам, где установлены контейнеры, должны освещаться и иметь дорожные покрытия с учетом разворота машин и выпуска стрелы подъема контейнеровоза или манипулятора. Для предотвращения засорения территории резервуарного парка отходами устанавливаются урны емкостью не менее 10 л. У каждого входа в производственные и административные здания должно быть расположено не менее 1 урны. Места размещения урн на территории предприятия определяются руководством в зависимости от интенсивности использования территории.

Для хранения отходов, обладающих пожароопасными свойствами (отработанные масла, ветошь, масляные фильтры) организуются специальные места хранения (обособленное помещение, выполненное из металлических листов), исключающие возможность самопроизвольного возгорания.

Перемещение отходов на территории предприятия должно соответствовать санитарно-эпидемиологическим требованиям, предъявляемым к территориям и помещениям промышленных предприятий. При перемещении отходов в закрытых помещениях следует использовать автопогрузчики.

### **9.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. К ним относятся: высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы сильнодействующих ядовитых веществ, высокие

дозы облучения, производственные шумы и вибрации и многое другое могут приводить к нарушению жизнедеятельности человека.

К возможным чрезвычайным ситуациям на предприятии можно отнести:

- пожар;
- террористический акт;
- метеорологические (крупный град, морозы, шквалы)

При написании выпускной квалификационной работы, была выявлена возможная ЧС, это пожар, аргон – негорючий газ, но хранится в баллоне под давлением, следовательно, при нагревании происходит повышение давления, что может привести к взрыву.

Пожарная безопасность - состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных его факторов и обеспечивается защита материальных ценностей.

Противопожарная защита - это комплекс организационных и технологических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожаров.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

С целью предотвращения пожаров необходимо:

- уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети;
- заканчивать огневые работы за час до конца смены;
- курить только в отведенных для курения местах;

– в случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по внутренней телефонной связи предприятия “НПЦ” Полюс (3-63) или по телефону «01», сотовый «010» пожарную службу;

Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

#### **9.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Требования по охране труда при работе на сварочных участках определяются законом, «Законом о промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 N116-ФЗ, другими действующими законодательными актами РФ и субъектов РФ, правилами, решениями и указаниями органов государственного надзора, Министерства и ведомства (компании).

Ответственность за соблюдение требований промышленной безопасности, а также за организацию и осуществление производственного контроля несут руководитель эксплуатирующей организации и лица, на которых возложены такие обязанности в соответствии с должностными инструкциями.

Декларация промышленной безопасности опасных производственных объектов должна содержать требования к промышленной безопасности на сварочных участках.

К работам допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие в установленном порядке инструктаж, подготовку, не имеющие медицинских противопоказаний при работе на опасных производственных объектах.

Инструкции по охране труда разрабатываются руководителями цехов, участков, лабораторий и т.д. в соответствии с перечнем по профессиям и видам работ, утвержденным руководителем предприятия.



При подготовке сборочно-сварочных работ, инженеру сварочного производства необходимо руководствоваться следующими документами:

- Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 21 июня 2016 г. N 81 «Об утверждении СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»

- Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 23 декабря 2014 г. N 1101н "Об утверждении Правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ

- Свод правил СП 52.13330.2011 "СНиП 23-05-95\*. Естественное и искусственное освещение". Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 27 декабря 2010 г. N 783) (с изменениями и дополнениями)

- Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. N 390 "О противопожарном режиме" (с изменениями и дополнениями)

- ГОСТ 12.4.026-2001 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний

- Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 21 июня 2016 г. N 81 «Об утверждении СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»

- Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.003-2015 "Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июня 2016 г. N 602-ст)

- Государственный стандарт СССР ГОСТ 12.1.005-88 "Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" (утв. постановлением Госстандарта СССР от 29 сентября 1988 г. N 3388) (с изменениями и дополнениями)

- Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.1.019-2009 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2009 г. N 681-ст)

- Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.1.009-2009 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2009 г. N 682-ст)

- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" (зарегистрированы в Минюсте России 10.06.2003, регистрационный N 4673.).

- Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.003-2014 "Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2014 г. N 2146-ст)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе была разработана технология сборки и сварки рабочего колеса вентилятора с применением аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом на переменном токе прямоугольной формы импульсным режимом. Для этих целей, на основе особенностей сварки алюминиевых сплавов, была подобрана сварочная установка TRITON ALUTIG 200P AC/DC, удовлетворяющая необходимым требованиям. Опираясь на методические указания, инструкции к сварочной установке, а так же практические навыки сварщика, были подобраны режимы и параметры сварки.

Разработана технология сборки на прихватках и сварки рабочего колеса вентилятора, позволяющая уменьшить перегрев металла рабочего колеса, уменьшить пластические деформации и сократить время охлаждения изделия. Данная технология применима для предприятий, выпускающих электровентиляторы, так как в масштабах партий сокращает время изготовления рабочего колеса.

С применением импульсного тока прямоугольной формы, за счёт концентрированного введения тепла, было увеличено проплавление и уменьшена область нагрева, что снизило вероятность прожога или выдавливания металла с обратной стороны. Применение данного режима сварки возможно на всех предприятиях по изготовлению металлоконструкций из сплавов алюминия.

В финансовой части выпускной квалификационной работы рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, угроз, которые могут помешать реализации проекта, не выявлено. С экономической точки зрения проект имеет хорошие перспективы для применения на производстве.

Также были рассмотрены вопросы социальной ответственности.

Материалы данной выпускной квалификационной работой приняты для рассмотрения на предмет практического применения в производственных условиях.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сварка в машиностроении: Справочник, в 4-х т./ Под. ред. Г. А. Николаев и др.- М.: Машиностроение, 1978.
- 2 Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки / Под. ред. А. И. Акулов - М.: Машиностроение, 2003- 560 с.
- 3 Геворкян В. Г. Основы сварочного дела.- М. : Высшая школа, 1985.- 168с.
- 4 Томас К.И. Технология сварочного производства: учебное пособие / К.И. Томас, Д.П. Ильщенко; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 247 с..
- 5 Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки / Под. ред. А. И. Акулов - М. : Машиностроение, 1977.- 560 с.
- 6 Теория сварочных процессов / Под. ред. В. В. Фролов - М. : Высшая школа, 1988.- 559 с.
- 7 Справочник сварщика ./ Под. ред. В. В. Степанов.- М. : Машиностроение, 1978.
- 8 Азаров Н. А. Производство сварных конструкций – Томск: Изд. НИ ТПУ, 2002.- 96 с.
- 9 Браткова О. Н. Источники питания сварочной дуги.- М. : Высшая школа, 1985.- 168с.
- 10 Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка.- М.: Высшая школа, 1988–208с.
- 11 Справочник по сварке. / Под. ред. В.А. Винокурова.- М: Машиностроение, 1970.
- 12 Оборудование для дуговой сварки / под. ред. В.В. Смирнова.- Л.: Энергоатомиздат-1986.
- 13 Дедюх Р. И. Расчёт режимов дуговой сварки – Томск: Изд. НИ ТПУ 1983.- 18с.
- 14 Китаев А.М., Китаев Я.А. Справочная книга сварщика -М.: Машиностроение, 1985.