

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные  
процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей в

машиностроении»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Сварка алюминиевых лопастей для градирни

Студент

В.Д. Козлов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2021

## Аннотация

Цель бакалаврской работы – повышение качества изготавливаемых лопастей и производительности труда при сборке и сварке кожуха лопасти. Для достижения поставленной цели выполнены следующие задачи: выбрать способ сварки; выбрать необходимое сварочное оборудование; разработать технологический процесс; предложить технические и организационные мероприятия обеспечивающие охрану здоровья и жизни рабочих; выполнить расчет экономической эффективности предложенных мероприятий.

Графическая часть содержит 6 листов формата А1. Пояснительная записка содержит 56 стр. формата А4, 9 рисунков, 16 таблиц.

Проведен анализ базовой технология сварки алюминиевых деталей лопастей вентилятора градирни, изучены требования к изделию, выявлены недостатки базовой технологии сборки и сварки, для их устранения предложено применить контактную шовную сварку. Подобраны режимы сварки и разработана типовая технология сборки и сварки. Выбрано оборудование. Для обеспечения защиты рабочих, участвующих в сварке от опасных вредных производственных факторов разработаны технические и организационные мероприятия. Показано, что экономический эффект от внедрения результатов бакалаврской работы в производство составит 76283,1 руб.

## **Abstract**

The purpose of the bachelor's work is to improve the quality of manufactured blades and labor productivity during the assembly and welding of the blade casing. To achieve this goal, the following tasks were performed: to choose a welding method; to select the necessary welding equipment; to develop a technological process; to propose technical and organizational measures to protect the health and life of workers; to calculate the economic efficiency of the proposed measures.

The graphic part contains 6 sheets of A1 format. The explanatory note contains 56 pages of A4 format, 9 figures, 16 tables.

The analysis of the basic welding technology of aluminum parts of the cooling tower fan blades is carried out, the requirements for the product are studied, the shortcomings of the basic assembly and welding technology are identified, and it is proposed to use contact seam welding to eliminate them. Welding modes are selected and a standard assembly and welding technology is developed. Equipment selected. To ensure the protection of workers involved in welding from dangerous harmful production factors, technical and organizational measures have been developed. It is shown that the economic effect of introducing the results of bachelor's work into production will amount to 76283.1 rubles.

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений .....	7
1.1 Изделие и его характеристика.....	7
1.3 Базовый технологический процесс изготовления лопасти .....	10
1.4 Анализ возможных способов сварки.....	13
1.5 Задачи работы .....	19
2 Технологический процесс роликовой сварки лопастей .....	21
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса .....	26
3.1 Технологическая характеристика объекта.....	26
3.2 Идентификация профессиональных рисков .....	27
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	29
3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	31
3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта .....	33
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии .....	35
4.1 Исходная информация для выполнения экономической .....	35
оценки предлагаемых технических решений .....	35
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования.....	37
4.3 Расчёт штучного времени.....	38
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии ..	41
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии .	45
4.6 Показатели экономической эффективности.....	48
Заключение .....	52
Список используемой литературы и используемых источников.....	53

## Введение

Для охлаждения оборотной воды на большинстве предприятий используют градирни. Градирня представляет собой башню, высотой, приблизительно 40-50 метров на верх которой подается нагретая вода из цеха, а внизу её находится бассейн, величина его диаметра достигает в отдельных случаях 30 метров. Подаваемая под напором наверх вода разбрызгивается и падая с высоты 30-40 метров охлаждается. Скапливающуюся в бассейне воду остужают до нужной температуры, и, по трубам, подведенным к бассейну, отсасывают обратно в цеха.

Аппараты воздушного охлаждения устанавливаются в градирнях и служат для более быстрого охлаждения падающей оборотной воды, поступающей из технологических цехов.

Так как эта вода может содержать примеси активных веществ (щелочь, кислоты и т. д.), а так же для устранения коррозии, лопасти изготавливают из алюминиевого сплава. Поскольку объем падающей воды большой, то нагрузка на лопасти вентиляторов велика, поэтому кожух лопасти насаживают на прочную ось из стали 09Г2С.

Поэтому работы направленные на совершенствование технологии изготовления лопасти считаются актуальными.

Технология сборки и сварки лопасти из отдельных деталей продлевает срок службы вентилятора, что влечет за собой экономическую выгоду для предприятия.

Особое внимание следует уделять качеству сборки и сварки.

Чтобы сохранился нужный угол атаки кожух лопасти при сварке не должен деформироваться. Если угол атаки одной лопасти будет на много

отличаться от угла атаки другой, то вентилятор в процессе работы будет раскачиваться. Так как аппарат воздушного охлаждения должен быть жестко закреплен на подвеске, то раскачивание вентилятора приведет к выходу из строя всего аппарата.

В настоящее время применяется технологический процесс сварки аргонодуговой ручной сварки лопастей. У данного технологического процесса можно выделить следующие недостатки. Низкая степень механизации и автоматизации, сварщику приходится вручную производить манипуляции горелкой. Это обуславливает зависимость качества соединения от добросовестности и квалификации сварщика. Необходимо использовать рабочего высокого разряда. Кроме того, скорость сварки при данной технологии невелика.

Поэтому целью проекта ставится – повышение качества изготавливаемых лопастей и производительности труда при сборке и сварке кожуха лопасти.

# 1 Анализ исходных данных и известных технических решений

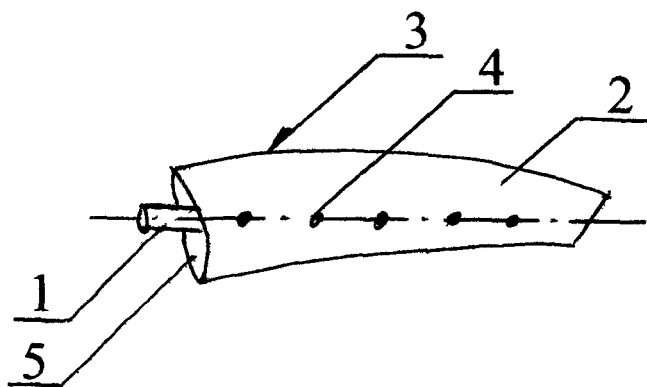
## 1.1 Изделие и его характеристика

Объектом проектирования является лопасть вентилятора аппарата воздушного охлаждения оборотной воды, рисунок 1. Применяется данное устройство в градирнях, рисунок 2. Вентилятор предназначен для воздушного охлаждения воды, находящейся в бассейне градирни [7].

Вентилятор полностью изготавливается из нержавеющей сталей, двигатель вентилятора покрыт кожухом из нержавеющей стали, аппарат работает в агрессивной среде, рисунок 3.

На крутящийся вал двигателя крепятся 6 лопастей. Каждая лопасть собирается из отдельных частей. Длина лопасти 974 мм, ширина 443 мм. Масса лопасти 17,3 кг. Толщина мах 66 мм. Срок службы 5 лет.

Сварка аргонодуговая по ГОСТ 14806-80, электрод ЭВЛ диаметром 3 мм, аппарат УДГ-301.



1 — ось; 2 — кожух; 3 — сварной шов; 4 — заклепки; 5 — заглушка

Рисунок 1 - Общий вид лопасти

Изломы, перегибы, вмятины на поверхности лопасти не допускаются. Лопасти крепятся к вращающейся оси вентилятора. Вентиляторы

устанавливаются над бассейном.



Рисунок 2 - Градирни ТЭЦ ВАЗа

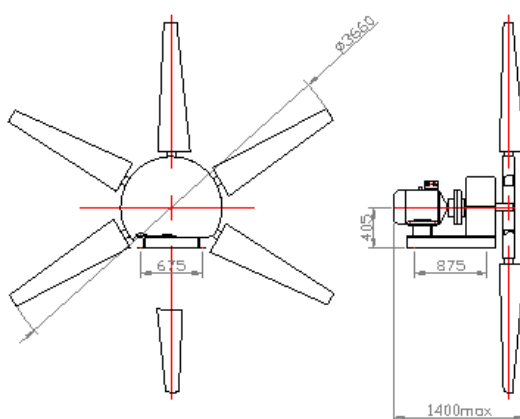


Рисунок 3 - Вентилятор для охлаждения воды в градирне  
Основными частями лопасти являются кожух и ось. Для кожуха лопасти



используется сплав АМцМЗ. Особо следует отметить, что деформируемые алюминиевые сплавы, и в частности, сплав АМцМЗ не подвержены охрупчиванию при отрицательных температурах. Содержание химических элементов в сплаве, смотри таблица 1. Механические свойства сплава – таблица 2.

Таблица 1 - Химический состав сплава АМцМЗ [3]

Мп	Fe	Si	Сн	Zn	Ti	Mg
1,0-1,6	0,7	0,6	0,2	0,1	0,2	0,05

Таблица 2 - Механические свойства сплава АМцМЗ [3]

$\sigma_{\text{в}}, \text{кг/мм}^2$	$\sigma_{0,2}, \text{кг/мм}^2$	$\delta, \text{в}\%$	$\psi, \text{в}\%$	$\tau_{\text{ср}}, \text{кг/мм}^2$
13	5	23	70	8

Для оси вентилятора используется сталь 09Г2С по ГОСТ 19281-89. Содержание химических элементов в стали, смотри таблица 1. Механические свойства сплава – таблица 2.

Сталь 09Г2С предназначена для аппаратов и воздухооборников в химическом и нефтяном машиностроении, работающих под давлением и при температурах от -70 до +475 °С; деталей экскаваторов, листовых сварных конструкций в каткостроении, деталей в вагоностроении, различных металлоконструкций и ответственных деталей [2].

Таблица 3 - Химический состав стали 09Г2С [3]

Содержание элементов, в %					
С	Si	Мп	Cr	Ni	Сн
0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	<0,30	<0,30	<0,30

Таблица 4 - Механические свойства стали 09Г2С [3]

Толщина проката, мм	$\sigma_B$ , кг/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{0,2}$ кг/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , в%	$\alpha_H$ , при t испытания		
				+20	-40	-70
>80 до 160	27	44	21	6	3,5	3

Сталь пластичная, относится к группе хорошо свариваемых сталей.

### 1.3 Базовый технологический процесс изготовления лопасти

Заготовительные операции:

Изготовление кожуха лопасти:

- изготавливают шаблон, рисунок 4, для подрезки торцов по длине 902 мм;
- размечают стороны кожуха по шаблону;
- вырезают заготовку, рисунок 5, по разметке электроножницами  $\delta_p=3,0$  мм,  $l_p=2$  мм;
- напильником и шлифмашинкой с фрезой зачищают заусенцы;
- правят кромки среза на слесарной плите;
- размечают заготовку под гибку;
- плоскость лопасти формируют штампом на прессе П 311;
- перегиб гнут на прессе П 6330, используя специальный штамп;
- на сверлильном станке сверлят 5 сквозных отверстий  $\varnothing 16,2$  мм для заклепок.

Изготовление оси:

- на токарном станке из заготовки - прутка  $\varnothing=60$  мм,  $l=660$  мм снимают фаски, и у основания (место, где ось будет крепиться к аппарату) протачивают канавку шириной 80 мм, глубина 2,5 мм;
- на фрезерном станке снимают с двух сторон часть диаметра, образуя при этом винтовые поверхности, заданные уравнениями:  $X=20\sin\alpha$ ,  $Y=20\cos\alpha$ ,

$Z=50\alpha$  верхняя;

$X=26\sin\alpha$ ,  $Y=26\cos\alpha$ ,  $Z=50\alpha$  нижняя;

- углы  $\alpha$  задаются по длине 360 мм в пяти точках через 90 мм;

- на сверлильном станке сверлят 5 отверстий  $\varnothing 16,1$  мм на винтовой поверхности.

Заглушку и дно вырезают по шаблону из листа АМц.

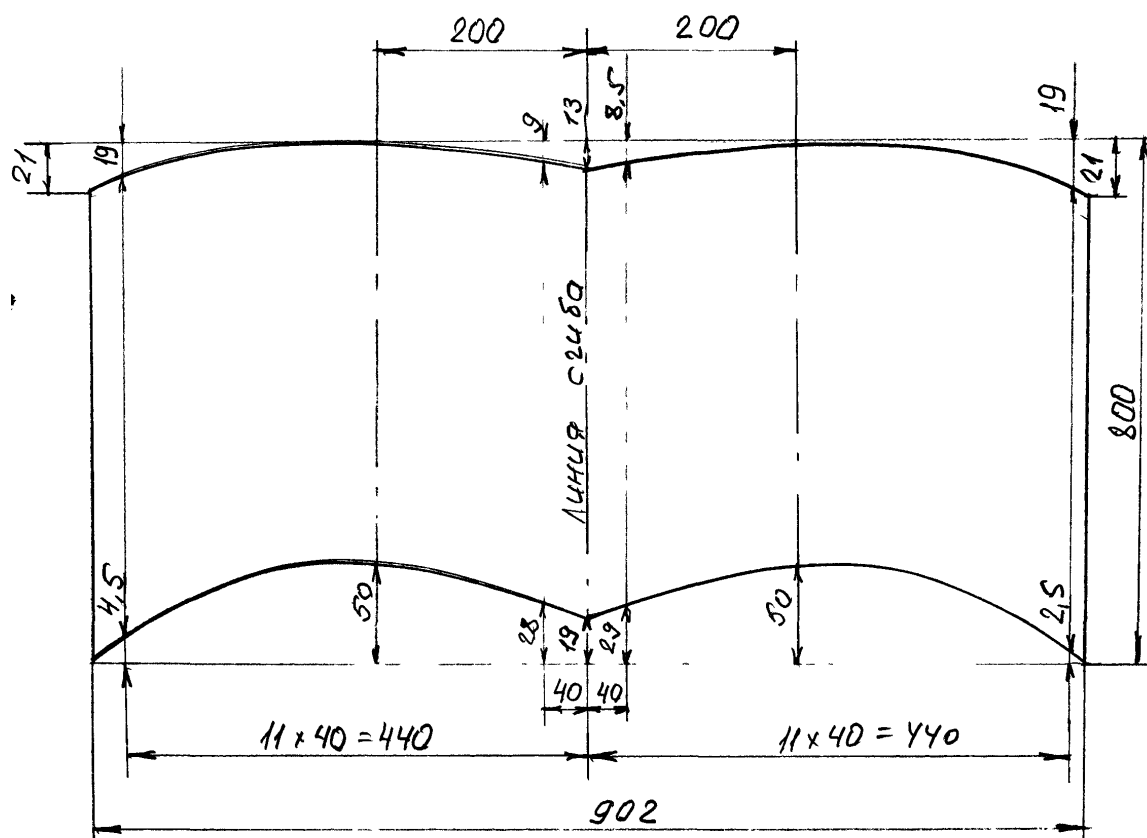


Рисунок 4 - Развертка лопасти

Сборочные и сварочные операции.

Наждачной бумагой зачищают кромки на ширине 20 мм от окисной пленки, зачищают сварочную проволоку, обезжиривают ацетоном.

При сборке укладывают кожух в стапель так, чтобы края кожуха прижимались к упорам на стапеле. Вставляют внутрь кожуха ось так, чтобы отверстия в кожухе совпадали с отверстиями в оси. Сжимают все стапелем. В

отверстия вставляют две технологические заклепки

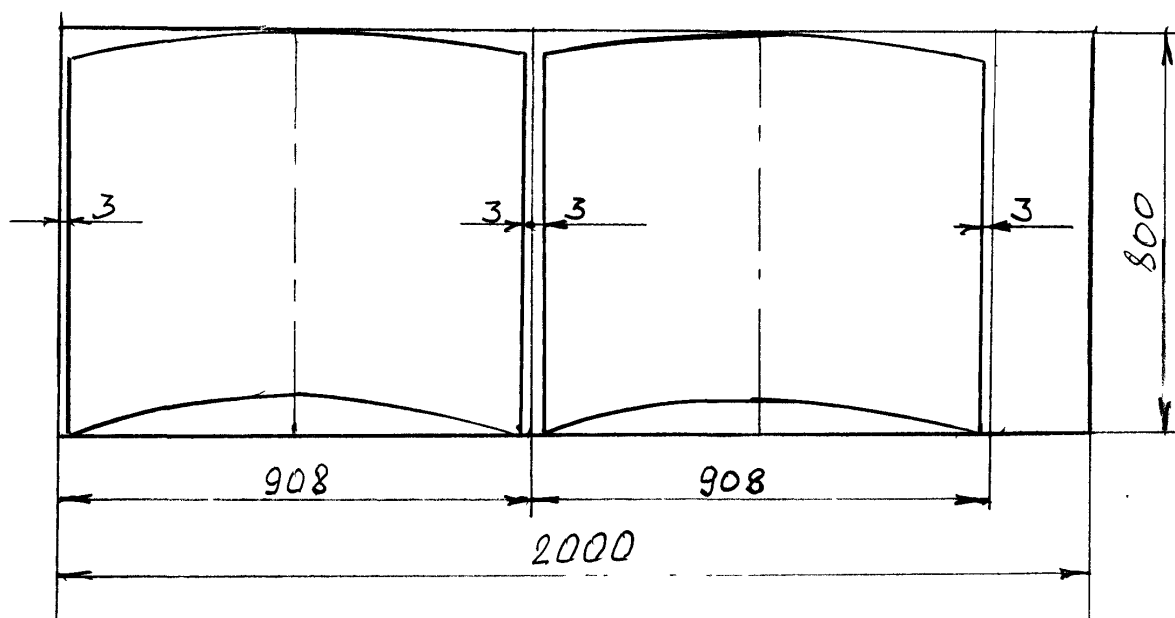


Рисунок 5 - Схема раскроя листа из АМцМ-3.

Сжимающую часть стапеля, вместе с зажатым в неё кожухом, поворачивают на  $90^\circ$  так, чтобы сжатые кромки были повернуты вверх.

Производят прихватку РАрДС, электрод ЭВЛ диаметром 3 мм,  $I_{св} = 80-90$  А, проволока сварочная АМц, диаметр проволоки 2 мм. Расход аргона 8-9 л/мин. Аппарат УДГ-301.

Вынимают все из стапеля, вынимают из кожуха технологические заклепки и ось, кожух ставят на специальные козлы и заваривают протяженный шов. Сварка в нижнем положении по ГОСТ 14806-80  $l_{ш}=2,0$  м, электрод ЭВЛ диаметром 3 мм,  $I_{св}=80-110$  А, проволока сварочная АМц диаметром 2 мм. Расход аргона 8-9 л/мин. Аппарат УДГ-301.

Приваривают дно и заглушку. Сварка по ГОСТ 14806-80  $l_{ш}=3$  мм,  $l_{ш}=0,8$  м, электрод ЭВЛ диаметром 3 мм,  $I_{св}=80-110$  А, проволока сварочная АМц диаметром 2 мм, расход аргона Аппарат УДГ-301.

Перерыв между операциями "зачистка" и "сварка" не более 24х часов. Швы варят с плавным переходом, контролируя геометрические размеры.

После сварки ось вставляют в кожух, в отверстия вставляют заклепки. Клепку производят на машине П 6330. Усилие до 1000 кгс/см<sup>2</sup>.

Швы зачищают с плавным переходом шлифмашинкой и обезжиривают.

Операции контроля качества.

Качество изготавливаемых изделий напрямую зависит от правильного исполнения каждой операции, поэтому необходим тщательный контроль по всем производственным операциям и своевременное устранение обнаруженных дефектов.

Общие указания по операционному контролю предусмотрены регламентами.

Качество сварных соединений контролируют наружным осмотром, механическими испытаниями, металлографическим исследованием, цветной дефектоскопией и ультразвуковым контролем [19, 20].

Лопастей подвергают динамической балансировке по 6 штук, см. рис. 1.3. Необходимое соотношение весов добиваются наплавкой металла внутрь наиболее легкой лопасти.

#### **1.4 Анализ возможных способов сварки**

Способность материала к образованию качественного сварного соединения называют свариваемостью, которая определяется внешними и внутренними факторами. К ним помимо химического состава относятся технология сварки (режимы), жесткость сварного узла, а также комплекс требований, предъявляемых к сварному соединению условиями эксплуатации. (ГОСТ 29273-92, ИСО 581-80) [5].

Алюминиевые сплавы обладают высокими значениями электропроводности, теплопроводности, а также скрытой теплоты плавления. Трудность сварки этих сплавов заключается в наличии на их поверхности

тугоплавкой оксидной пленки, которая препятствует сплавлению металла сварочной ванны с основным металлом и, кроме того, остается в шве в виде неметаллических включений.

Для сварки и наплавки деталей и конструкций из чистого алюминия применяют электроды ОЗА-1 [11]. Сварку ведут постоянным током на обратной полярности с предварительным подогревом в зависимости от толщины свариваемых листов. При толщине листов 6-8 мм нагрев ведут до температуры 200°C, а при толщине листов 8-16 мм - до температуры 350-400°C.

Электроды перед употреблением просушивают при температуре 150-200 °С в течение 2 часов. Разделку кромок производят при толщине металла свыше 20 мм, в этом случае сварку выполняют с двух сторон при зазоре между листами 0,5-1 мм. Заварку литья и наплавку алюминиево-кремнистых сплавов производят электродами ОЗА-2. Требования подогрева по толщине металла такие же, что и при сварке чистого алюминия. Электроды перед сваркой рекомендуется просушивать при температуре 150-200 °С в течение 2 ч.

Преимущества: простота способа.

Недостатки: большие сварочные деформации, дороговизна электродов, большое количество пор, шлаковых включений.

Автоматическая сварка по флюсу.

«Автоматическую сварку алюминия выполняют не под флюсом, а открытой дугой по слою флюса. Это обусловлено тем, что флюсы для сварки алюминия обладают высокой электропроводностью и в расплавленном состоянии легко шунтируют дугу и нарушают устойчивость ее горения» [14].

«Для сварки алюминия и его сплавов, не содержащих магния, применяют флюс АН-А1 и электродную проволоку, по составу идентичную основному металлу. Флюс АН-А1 состоит из 50%  $KCl$ ; 20%  $NaCl$ ; 30%  $Na_3AlF_6$ » [14].

«Автоматическую сварку по флюсу металла толщиной 4-35 мм

выполняют в один слой без разделки кромок с одной или с двух сторон. При использовании в процессе сварки сдвоенной электродной проволоки достигается более высокая стойкость металла шва против образования пор» [11]. Сварку односторонних швов производят на съемной стальной подкладке. Сварку первого слоя двустороннего шва выполняют также на подкладке. При сдвоенной электродной проволоке сварку можно вести на весу. Сварку выполняют постоянным током обратной полярности без подогрева [27, 28].

Преимущества: высокая производительность процесса.

Недостатки: поверхностная пористость в результате газонасыщения перегретого металла, крупнозернистая структура.

Аргоно-дуговая сварка

Способ сварки в среде защитных газов является сравнительно новым, однако он уже получил широкое применение при сварке алюминиевых сплавов.

В качестве защитных газов применяют аргон газообразный чистый марки А или Б по ГОСТ 10157-62, реже гелий сорта ВЧ по МРТУ 51-04-23—64 или смеси этих газов.

Сварка в защитных газах осуществляется неплавящимся (вольфрамовым) или плавящимся электродом [30].

Аргоно-дуговая сварка неплавящимся (вольфрамовым) электродом в химическом машиностроении производится в основном на переменном токе с использованием установок типа УДАР-300-1 и УДАР-500, выпускаемых серийно заводами электросварочного оборудования.

«Горелки ГРАД-200 и ГРАД-400 к установкам типа УДАР поставляются комплектно с керамическими соплами и водяным охлаждением. Применяют сварочные горелки и других типов, причем большинство из них имеют водяное охлаждение» [16].

«Установка УДАР-300-1 позволяет производить ручную аргоно-дуговую сварку алюминиевых сплавов толщиной от 0,8 до 8 мм во всех пространственных положениях при силе тока от 50 до 300 А. Для ручной сварки алюминиевых сплавов толщиной более 8 мм используют установки типа УДАР-500, позволяющие применять силу тока до 500 А» [16].

«Наиболее широкое применение ручная аргоно-дуговая сварка неплавящимся электродом находит при толщине свариваемых деталей 4-12 мм. При выполнении ручной аргоно-дуговой сварки конструкций из алюминиевых сплавов толщиной менее 6 мм встречаются известные трудности, связанные с возникновением значительных деформаций. Поэтому для крупных конструкций выполненных ручной сваркой, применение алюминиевых сплавов толщиной менее 4 мм ограничивается. В последние годы начинает находить применение ручная аргоно-дуговая сварка неплавящимся электродом алюминиевых сплавов толщиной более 12 мм. При этом сварочный ток достигает 450-500 А. Для такого режима используют вольфрамовые электроды диаметром 7-8 мм. Увеличение свариваемых толщин, а следовательно, силы тока и диаметра вольфрамовых электродов приводит к необходимости создания специальных источников тока и сварочных горелок, тяжелых и неудобных в работе» [14].

При сварке конструкций из алюминиевых сплавов в среде защитных газов в металле швов могут быть дефекты. К наиболее распространенным дефектам следует отнести пористость и включения (окисные, нитридные, включения вольфрама).

Образование пор вызвано главным образом выделением водорода в процессе охлаждения и кристаллизации сварочной ванны. Источниками водорода могут быть основной металл, защитный газ, всегда содержащий



определенные количества паров воды, и влага, активно адсорбируемая поверхностями сварочной проволоки и свариваемого сплава. Кинетика процессов накопления газа в сварочной ванне при нагреве (растворение) и выделении его при остывании и кристаллизации (дегазация) непосредственно связана с конкретными условиями сварочного процесса [16].

Неблагоприятными дефектами сварных соединений алюминиевых сплавов, на которые в ряде случаев еще не обращают должного внимания, являются окисные включения и, по видимому, включения нитридного характера, не имеющие округлой формы и поэтому являющиеся существенными концентраторами напряжений в швах. Такие включения обычно сопровождаются газовыми порами и иногда приводят к образованию трещин [15].

«Источниками таких включений могут быть окисные пленки с поверхностей соединяемых деталей и проволоки, вследствие плохой подготовки их перед сваркой, или плены, попадающие в основной металл и проволоку в процессе металлургического производства. Образование окисных и нитридных включений возможно и в процессе сварки, когда нарушается газовая защита» [13].

«Для аргоно-дуговой сварки в среде защитных газов в химическом аппаратостроении применяют сварочную проволоку диаметром от 0,8 до 5 мм, поставляемую по ГОСТ 7871-63 и техническим условиям (АМг61)» [30].

Преимущества: высокая стабильность процесса сварки, высокое качество поверхности шва, универсальность способа.

Недостатки: необходима тщательная подготовка основного и присадочного материалов, точность при сборке.

Выбор марки сварочной проволоки производят в зависимости от марки свариваемого сплава, таблица 5.

Таблица 5 – Проволока для сварки алюминия

Марка свариваемого сплава	Марки сварочной проволоки и прутков
АД1	Св. АД1
АМцМЗ	Св. АМц
АМгЗ	Св. АМг5
АМг5	Св. АМг5, АМг61
АМг6	Св. АМг6, АМг61
АМг61	АМг61

«Диаметр сварочной проволоки или присадочных прутков выбирают в зависимости от толщины свариваемых материалов. Применение рекомендованных марок присадочной проволоки обеспечивает получение прочностных свойств сварных соединений, близких к свойствам основного металла до сварки. Metallургическими заводами-поставщиками проволока поставляется в бухтах с нейтральной смазкой. В таком состоянии срок хранения сварочной проволоки обычно не оговаривают» [30].

Перед сваркой проволоку или прутки подвергают химической обработке. Способ обработки поверхности сварочной проволоки и ее состояние перед сваркой оказывают значительное влияние на содержание водорода, пористость и механические свойства металла шва и сварных соединений алюминиевых сплавов [11].

«Перспективными способами очистки сварочной проволоки являются электрохимическая и химическая полировка. Однако промышленного применения в химическом машиностроении эти способы до настоящего времени не нашли. В практике работы судостроительных заводов наиболее

широко распространенным способом обработки поверхности сварочной проволоки является травление в растворе щелочи с последующим осветлением в растворе азотной кислоты» [6].

Особенности контактной точечной сварки заключаются в том, что нагрев и приложенное усилие сосредоточены в определенном месте, т.е. в точке, через которую проходит сварочный ток. Соединение, полученное этим способом при правильном выборе режимов, имеет характерные вмятины от электродов [13]. Контактная точечная сварка обладает рядом преимуществ по сравнению с другими способами соединения изделий сваркой:

1. высокая скорость сварки
2. незначительный расход вспомогательных материалов
3. не требуется высокая квалификация оператора
4. возможность сварки металла малых толщин
5. легкость в механизации и автоматизации процесса сварки

Шовная сварка является разновидностью контактной сварки, при которой нагрев и приложенное усилие сосредотачиваются выборочно или по всему периметру свариваемого изделия, что обеспечивает получение сварного шва. Шовная сварка используется для получения детали с герметичными соединениями. Недостатки этого способа – невозможность сварки отдельных узлов, специальная форма электродов. Учитывая, что перечисленные способы контактной сварки по производительности превосходят дуговые методы, останавливаем свой выбор на роликовой сварке, с учетом того, что нам необходимо герметичное соединений [8].

## **1.5 Задачи работы**

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных процессов при изготовлении лопастей аэтилятора

градирни. Во введении сформулирована цель – повышение качества изготавливаемых лопастей и производительности труда при сборке и сварке кожуха лопасти.

Анализ базового технологического процесса сварки лопастей градирни показал, что у него есть минусы. Главный из которых – при большой длине сварочного шва необходимость выполнять манипуляции сварочной горелкой вручную, при этом еще необходимо синхронно с перемещением горелки второй рукой подавать присадочную проволоку.

Анализ возможных вариантов сварки лопасти показал, что подходящим вариантом является роликовая контактная шовная сварка.

Таким образом, для достижения поставленной в проекте цели необходимо решить следующие задачи: разработать технологический процесс роликовой шовной сварки лопастей градирни; подобрать необходимое оборудование; предусмотреть мероприятия для защиты жизни и здоровья производственного персонала, принимающего участие в сварке лопастей; произвести экономическую оценку мероприятий технического характера.

## 2 Технологический процесс роликовой сварки лопастей

В качестве проектной технологии нами выбрана технология шовной роликовой сварки. Сначала выбираем материал электрода. Для сварки легких сплавов можно применить электрод из хромокадмиевой бронзы, например БрХКд [22]. Основу здесь составляет медь, кроме того, введены следующие компоненты: 0,9...1,2 Cd; 0,07...0,12Ag; 0,2...0,4 Cr; 0,2...0,35 Sn.

Затем определяемся с параметрами режима сварки. Для процесса шовной роликовой сварки необходимым условием получения герметичного шва является пересечение литой зоны сварочных ядер [15]. Возможны следующие варианты получения герметичных сварных соединений шовной сваркой: непрерывное пропускание тока и непрерывное вращение роликов, рисунок 6; пропускание тока импульсами при непрерывном вращении роликов, рисунок 7; остановка вращения роликов на время пропускания импульса, рисунок 8.

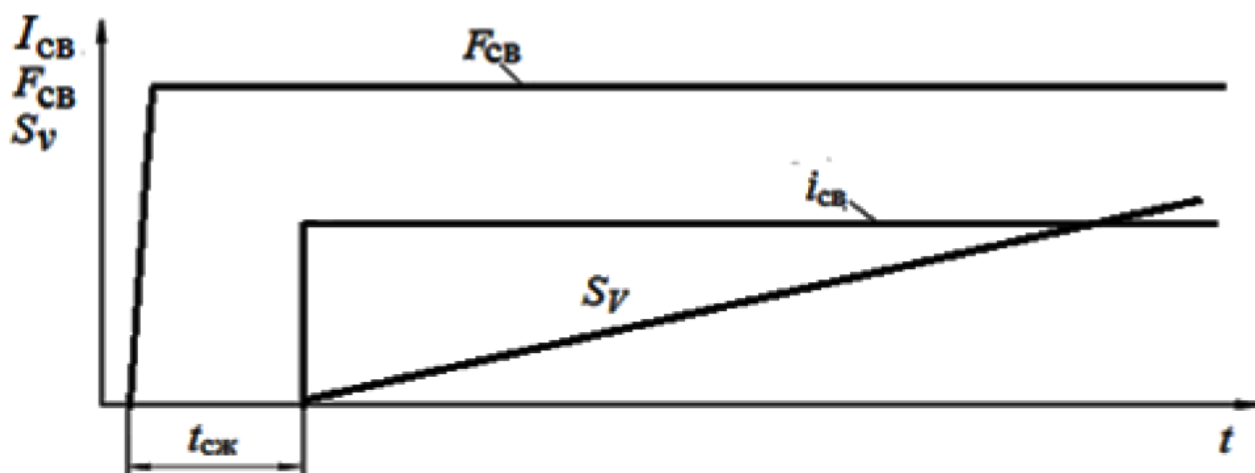


Рисунок 6 – Сварка при непрерывном вращении роликов и пропускании тока

Наиболее часто применяют сварку при непрерывном вращении роликов отдельными импульсами сварочного тока. Наличие в технологическом цикле сварки паузы между импульсами обеспечивает увеличение срока службы

роликов за счет их частичного охлаждения в момент паузы. Также уменьшается размер зоны термического влияния за счет охлаждения детали в момент паузы.

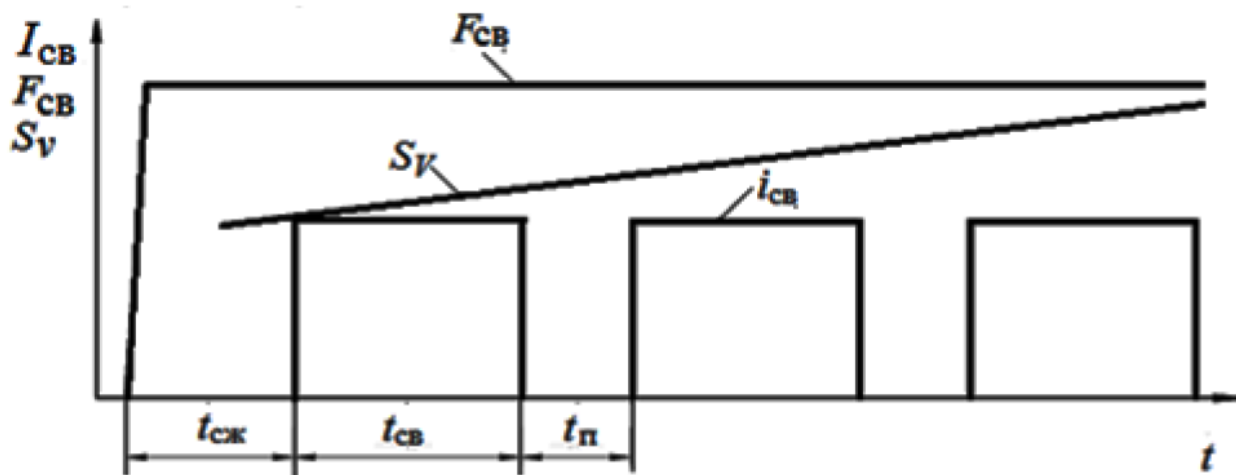


Рисунок 7 – Сварка при непрерывном вращении роликов и пропускании тока импульсами

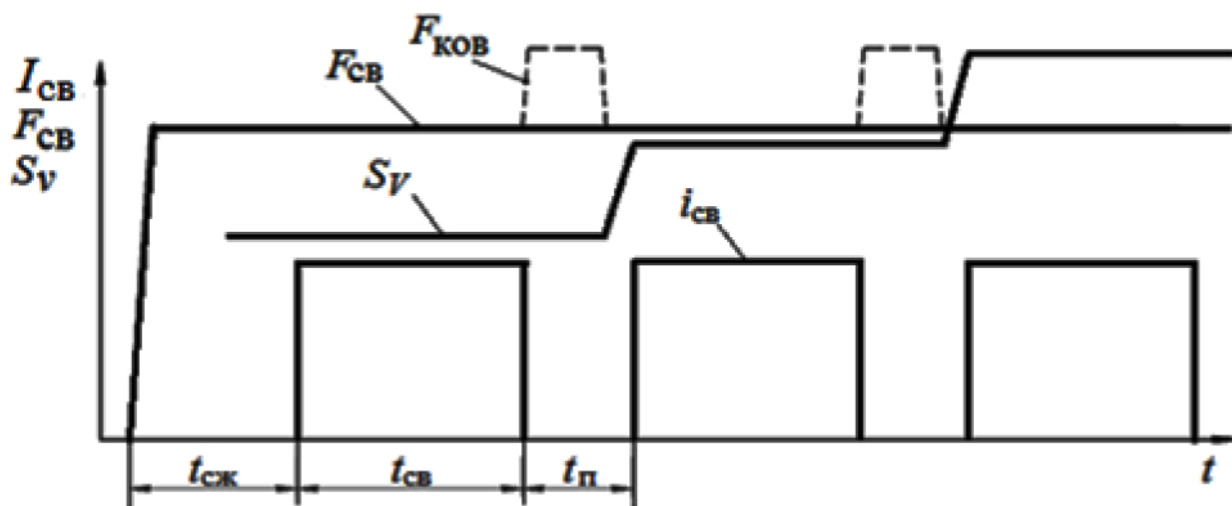


Рисунок 8 – Сварка при пульсирующем вращении роликов и пропускании тока импульсами

Непрерывное пропускание тока при непрерывном вращении роликов обеспечивает высокую производительность, но хуже качество сварного соединения и меньше срок службы роликовых электродов.

При сварке деталей больших толщин применяют вариант при

пульсирующем вращении роликов и пропускании тока импульсами. При этом обеспечивается охлаждение роликовых электродов и появляется дополнительная технологическая возможность – приложение ковочного усилия.

Выбираем вариант с непрерывным вращением роликовых электродов и пропусканием тока импульсами.

Далее определяемся с численными значениями параметра режима сварки. Применительно к выбранному варианту шовной сварки к параметрам режима относим усилие сжатия, время паузы, время импульса, сила сварочного тока, ширина ролика, скорость сварки [31].

Диаметр роликов принимаем 150 мм, ширину 3,6 мм [8].

Для определения усилия сжатия роликов необходимо воспользоваться величиной удельного давления. При данном диаметре роликов и их ширине усилие сжатия составит 3,3 кН [32].

Сила сварочного тока 32 кА. Время импульса 0,05 сек, время паузы 0,05 сек.

При расчете скорости точечной сварки необходимо учитывать шаг точек, их перекрытие время импульса и время паузы [8, 33].

$$V_{CB} = 0,06 \cdot t_{III} / (t_{CB} + t_{II}) \quad (1)$$

$$V_{CB} = 0,06 \cdot 5 / (0,05 + 0,05) = 3 \text{ мм/сек.}$$

Перечисленные в базовом технологическом процессе операции подготовки, разметки, прихватки и пр. неизменны, за исключением операции сварки протяженного шва.

Сварку протяженного шва лопасти производим на машине, рисунок 9. Производим подготовку, сборку лопасти, прихватку. Операция подготовки, сборки и прихватки не претерпевает изменений по сравнению с базовой.

Собранные лопасти подаем на роликовые электроды сварочной машины. Производим сварку по периметру. Силу тока принимаем 32000 А, напряжение на вторичном контуре сварочной машины – 5 В. Скорость сварки 180 мм/мин.

Затем привариваем заглушки, данная операция также полностью совпадает с операцией базовой технологии. И выполняем контрольные операции. Последовательность операций контроля также совпадает с применяемыми операциями базового техпроцесса.

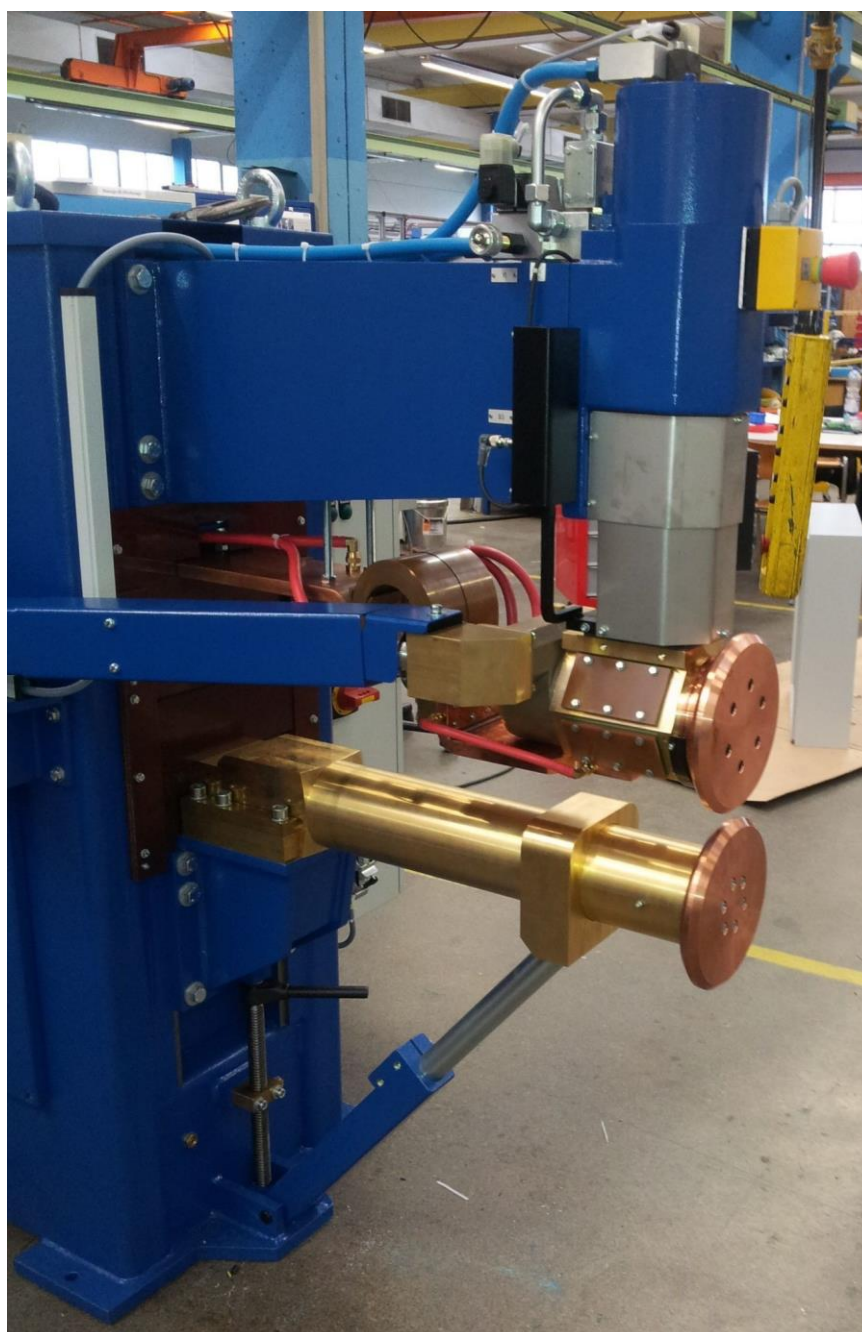


Рисунок 9 – Машина для шовной сварки PMS 44-6



Приведенная на рисунке 9 машина для шовной контактной сварки запитана от трехфазной сети 380 В. Максимальная сила тока в процессе выполнения сварного соединения достигает 46 кА. У нас сила тока согласно рекомендациям [8] 32 кА. Максимальная сварочная мощность машины 300 кВа.

Усилие сжатия может достигать 1200 кН. При этом машина укомплектована электронным устройством определяющим силу сжатия. Цилиндр сжатия конструктивно выполнен так, что компенсирует крутящий момент, возникающий при вращении электродов.

Общее количество контуров охлаждения в машине достигает десяти. Трансформатор, тиристорный блок, и прочая нагревающаяся арматура имеют отдельные блоки охлаждения.

Машина может комплектоваться регуляторами цикла сварки по выбору заводского технолога. В состоянии поставки машина укомплектована регулятором цикла сварки G3/N –EN.

### **3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса**

#### **3.1 Технологическая характеристика объекта**

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения сварочных работ при изготовлении лопастей вентиляторов градирен. Проектная технология предусматривает применение автоматической контактной шовной роликовой сварки. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартным средств и мероприятий. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Разработанная технология сборки и сварки включает в себя следующие операции, таблица 6: 1) входной контроль (для выполнения операции применяются мостовой кран, набор строп, линейка металлическая, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор); 2) заготовительная операция (для выполнения операции применяются щетка металлическая, ножницы гильотинные); 3) прихватка (для выполнения операции применяются универсальная сварочная оснастка, струбцины, угольник, линейка, сварочный источник питания УДГ-121, сварочная проволока, защитный газ, зачистная машинка); 4) сварка труб с трубной доской (для выполнения операции применяются сердечник центровочный, сварочный автомат «POLYSOUD» TS34, сварочная проволока, защитный газ); 5) контроль качества (для

выполнения операции применяется набор визуально-измерительного контроля, шаблон УШС-3).

Таблица 6 - Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые для выполнения операции
1) входной контроль	Дефектоскопист	мостовой кран, набор строп, линейка металлическая, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор	Рукавицы
2) заготовительная операция	Слесарь-сборщик	Щетка металлическая.	Рукавицы, ацетон
3) прихватка	Электросварщик	Сварочный аппарат УДГ-301	Рукавицы, сварочная проволока, защитный газ,
4) сварка	Электросварщик	Машина для шовной сварки PMS 44-6	Рукавицы
5) контроль качества	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля, шаблон УШС-3	Рукавицы

### 3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса, таблица 7. Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса. Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для

организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм [24].

Таблица 7 – Идентификация профессиональных рисков

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1	2	3
1) входной контроль	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- мостовой кран;</li> <li>- инструменты</li> </ul>
2) заготовительная операция	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ножницы</li> <li>гильотинные</li> </ul>
3) прихватка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> <li>- опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- оснастка сборочная</li> <li>- струбицы;</li> <li>- угольник;</li> <li>- линейка;</li> <li>- Машина для шовной сварки PMS 44-6</li> <li>- зачистная машинка;</li> <li>- сварочная дуга;</li> <li>- сварочный аэрозоль;</li> <li>- нагретые края изделия</li> </ul>

Продолжение таблицы 7

1	2	3
4) сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> <li>- опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги</li> <li>- инфракрасное излучение;</li> <li>- ультрафиолетовое излучение</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- сварочный автомат;</li> <li>- сварочный источник питания;</li> <li>сварочная дуга;</li> <li>- сварочный аэрозоль;</li> <li>- нагретые края изделия</li> </ul>
5) контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ультразвуковое излучение;</li> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> </ul>	

### 3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«Производственные условия вообще характеризуются, как правило, наличием некоторых опасных и вредных производственных факторов» [17].

«Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному

ухудшению здоровья» [26].

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности, таблица 8 [17].

Таблица 8 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Технические средства и методики, применение которых по отношению к негативному фактору позволит полностью устранить его или уменьшить до приемлемого уровня	Средства индивидуальной защиты
1	2	3
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования.	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	1) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону; 2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек	Спецодежда
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	1) применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха; 2) применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства 3) организация общецеховой системы вентиляции, обеспечивающей, в целом, удаление и поступление воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) организация защитного заземления; 2) проведение периодического инструктажа по технике безопасности; 3) периодический контрольный замер изоляции; 4) периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности ; 2) механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
8) ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора	-

### 3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара, таблица 9, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, таблица 10.

Предлагаемые технические средства должны обладать достаточной эффективностью против рассматриваемых опасных факторов пожара. Эти средства должны основываться на действующей нормативной документации, учитывать особенности рассматриваемого технологического процесса.

Таблица 9 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сборка и сварка	Машина для шовой сварки PMS 44-6, машинка шлифовальная	«Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [23]	«Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него» [23].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [23].

Таблица 10 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Нет необходимости
Пожарное оборудование	Пожарный кран
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	План эвакуации
Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Ведро конусное, лом, лопата штыковая
Пожарные сигнализация, связь и оповещение.	Кнопка оповещения

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, таблица 11.

Таблица 11 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для сборки и сварки лопастей градирни (механизированная по методу TIG и автоматическая контактная шовная сварка)	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами [26].	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр [26].



### 3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию, таблица 12, этих негативных факторов и предложить меры защиты, таблица 13 от этих факторов.

Таблица 12 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Участок для сборки и сварки лопастей градирни (механизованная по методу TIG и автоматическая контактная шовная сварка)	Подготовительная операция, сборочная операция, операция прихватки, операция сварки стыка, контрольные операции	«Выделяемые в процессе горения пламени аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы» [14]	«Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления изображения» [14].	«Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный» [14].

Таблица 13 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	«Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов» [16].
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек индикаторных жидкостей при проведении капиллярного контроля.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	«Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости» [16].

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии сборки и автоматической сварки лопасти вентилятора градирни.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки лопасти вентилятора градирни с применением технологии автоматической контактной шовной сварки позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Разработан перечень мероприятий для защиты персонала и имущества предприятия от возможного пожара, для чего идентифицированы опасные факторы пожара, предложены стандартные средства и методики для их устранения.

Анализ экологичности предлагаемого технологического процесса позволил установить, что внедрение в производство предлагаемых решений приведёт к возникновению негативных воздействий на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

В настоящем разделе предложены мероприятия, которые призваны уменьшить влияние негативных экологических факторов.

## **4 Оценка экономической эффективности проектной технологии**

### **4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений**

В настоящей выпускной квалификационной работе предложено для повышения эффективности сварки лопастей вентилятора градирни применение современных достижений сварочной науки в области автоматизации процесса сварки. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе оборудования для автоматической контактной роликовой сварки.

Базовый вариант технологии предполагает использование ручной дуговой сварки по методу TIG. Проектный вариант технологии предполагает использование автоматической сварки на машине PMS 44-6.

Замена способа ручной сварки на автоматическую позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки лопастей вентилятора градирни.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям, таблица 14.

Таблица 14 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	$P_p$	-	V	IV
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	200	175
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы:				
- доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
- отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{д}$	-	1,88	1,88
- отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
- выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{об}$	Руб.	150000	340000
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	5	8
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование :				
- норма амортизации оборудования	$Н_a$	%	21,5	21,5
- коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
- коэффициент затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
- стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	$S$	$m^2$	11	11
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
- стоимость эксплуатации площадей	$C_{\text{эсп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
- цена производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	$P/m^2$	30000	30000
- норма амортизации производственных площадей	$Ha.пл.$	%	5	5
- коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости:				
- коэффициент цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
- коэффициент заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
- коэффициента эффективности капитальных вложений	$E_n$	-	0,33	0,33

#### 4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Выполнение операций базового и проектного технологического процессов сварки изделия предусматривает применение оборудования и рабочего персонала. Для расчёта фонда заработной платы и затрат на оборудование и производственные площади требуется определить фонд времени работы оборудования. Для базового и проектного вариантов технологии фонд времени работы оборудования будет одинаков.

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных, см. табл. 4.1: суммарное число рабочих дней в календарном году  $D_p = 277$  дней, длительность рабочей смены  $T_{\text{см}} = 8$  часов, количество предпраздничных дней  $D_{\text{п}} = 7$  дней, уменьшение продолжительности рабочей

смены в часах в предпраздничные дни  $T_{п} = 1$  час, принятое для рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен  $K_{см} = 1$ . Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

$$F_{н} = (D_{р} \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (2)$$

Расчёты, выполненные согласно (4.1) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

Эффективный фонд времени сварочного оборудования, которое применяется для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса определяется с учётом процента планируемых потерь рабочего времени  $B = 7 \%$ :

$$F_{э} = F_{н} (1 - B/100) . \quad (3)$$

Расчёты, выполненные согласно (4.2) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

### 4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт. Штучное время  $t_{шт}$  является суммой затрат времени: машинного (выполнение основных операций технологического процесса) времени  $t_{маш}$ ; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени  $t_{всп}$ ; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования)  $t_{обсл}$ ; времени  $t_{отд}$  на личный отдых работников, задействованных в выполнении операций технологического процесса; подготовительно-заключительного времени  $t_{п-з}$ :

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з}. \quad (4)$$

Машинное время рассчитаем исходя из длины сварного шва и скорости сварки. Скорость сварки для применяемого на предприятии технологического процесса составляет  $V_{св} = 20-25$  см/мин, для предлагаемого  $V_{св} = 50-55$  см/мин.

Протяженность сварных швов в применяемом и предлагаемом варианте технологии составляет  $L = 200$  сантиметров.

Для определения численных значений машинного времени воспользуемся формулой:

$$t_{маш} = \frac{\Sigma L}{V_{св}} \quad (5)$$

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (4.4), составит:

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

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

Штучное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (4.3), составит, таблица 15:

Таблица 15 – Штучное время, мин.

Вариант	$t_{маш}$	$t_{всп}$ 15%	$t_{обсл}$ 10%	$t_{отл}$ 5%	$t_{п-з}$ 1%	$t_{шт}$
Базовый:	10	1,5	1	0,5	0,01	13,01
Проект.	4	0,6	0,4	0,2	0,004	5,2

Годовая программа  $П_r$  выполнения сварки может быть рассчитана исходя из рассчитанного согласно (3) эффективного фонда времени  $F_э$  и согласно (4.3) штучного времени  $t_{шт}$ :

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы  $\Pi_r=5000$  изделий в год.

При этом необходимое количество  $n_{расч}$  оборудования для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса вычисляется с учётом коэффициента  $K_{вн}$  выполнения нормы (для базового и проектного варианта технологий принимаем  $K_{вн} = 1,03$ ):

$$n_{РАСЧ} = \frac{t_{шт} \cdot \Pi_r}{F_{\text{Э}} \cdot K_{ВН}} \quad (6)$$

Требуемое количество оборудования  $n_{расч}$  для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанное согласно (4.5), составляет:

$$n_{РАСЧ.б} = \frac{0,21 \cdot 5000}{2054 \cdot 1,1} = 0,4 \text{ед.}, \quad n_{РАСЧ.пр} = \frac{0,08 \cdot 5000}{2054 \cdot 1,1} = 0,17 \text{ед.}$$

Необходимое количество оборудования  $n_{пр}$ , которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (6) значений. На основании проведённых расчётов принимаем по одной единице оборудования для базового и проектного вариантов технологии ( $n_{пр} = 1$ ). Коэффициент  $K_3$  загрузки оборудования в этом случае составит:

$$K_3 = n_{расч}/n_{пр}. \quad (7)$$

Значения коэффициентов загрузки  $K_3$  для базового и проектного вариантов технологии составляют:

$$K_{3б} = 0,4/1 = 0,4,$$

$$K_{3п} = 0,17/1 = 0,17.$$



#### 4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии

При получении сварных соединений лопастей градирни требуются в применяемом технологическом процессе вспомогательные сварочные материалы. Применяемый на предприятии технологический процесс ручной аргонодуговой сварки характеризуется расходом присадочной проволоки и защитного газа. Разработанный и предлагаемый к применению технологический процесс автоматической сварки характеризуется расходом электрической энергии для получения сварных швов.

Затраты  $M$  на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов  $H_p$ , цены материалов  $C_m$  и коэффициента  $K_{т-з}$  транспортно-заготовительных расходов:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{т-з}, \quad (8)$$

Затраты на материалы, рассчитанные согласно (8) для базового варианта технологии, составят:

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

Объём основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом штучного времени  $t_{\text{шт}}$ , часовой тарифной ставки  $C_{\text{ч}}$  и коэффициента  $K_{\text{д}}$  доплат:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (9)$$

Основная заработная плата рабочих для базового и проектного вариантов технологии после подстановки значений в формулу (9) составляет:

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

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

Объём дополнительной заработной платы  $Z_{\text{доп}}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  и коэффициента  $K_{\text{доп}}$  дополнительных доплат ( $K_{\text{доп}} = 12 \%$ ):

$$Z_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot Z_{\text{осн}}. \quad (10)$$

Дополнительная заработная плата  $Z_{\text{доп}}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (4.9) после подстановки значений составляет:

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

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

Фонд заработной платы  $\Phi ЗП$  вычисляется как сумма основной  $Z_{\text{осн}}$  и дополнительной  $Z_{\text{доп}}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии:

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

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

Объём отчислений  $O_{\text{сн}}$  из фонда заработной платы на социальные нужды определяем с учётом коэффициента  $K_{\text{сн}}$  отчислений на социальные нужды:

$$O_{\text{сн}} = \Phi ЗП \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (11)$$

Отчисления на социальные нужды по базовому и проектному вариантам технологии после подстановки в (4.10) соответствующих значений:

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

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

Затраты  $Z_{\text{об}}$  на оборудование, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, вычисляются как сумма затрат  $A_{\text{об}}$  на амортизацию и  $P_{\text{э}}$  на электрическую энергию:

$$З_{об} = A_{об} + P_{ээ}. \quad (12)$$

Величина  $A_{об}$  амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования  $Ц_{об}$ , нормы амортизации  $H_a$ , машинного времени  $t_{маш}$ , и эффективного фонда времени  $F_э$  с использованием зависимости:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot H_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100}. \quad (13)$$

Амортизация оборудования, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, после подстановки в (4.12) соответствующих значений, составляет:

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

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

Расходы  $P_{ээ}$  на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии рассчитываются с учётом установленной мощности оборудования  $M_{уст}$ , цены электрической энергии  $Ц_{ээ}$  для предприятий, машинного времени  $t_{маш}$  и КПД оборудования:

$$P_{ээ} = \frac{M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{ээ}}{КПД} \quad (14)$$

Рассчитанные после подстановки в (4.13) соответствующих значений расходы на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

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

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

Рассчитанные после подстановки в (4.11) соответствующих значений расходы на оборудование по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$\begin{aligned} Z_{об\text{баз.}} &= 2,61 + 4,97 = 7,58 \text{ руб.}, \\ Z_{об\text{проектн.}} &= 2,13 + 13,55 = 15,68 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Технологическая себестоимость  $C_{\text{тех}}$  рассчитывается как сумма затрат на материалы  $M$ , фонда заработной платы  $\Phi ЗП$ , отчислений на социальные нужды  $O_{\text{сс}}$  и затрат на оборудование  $Z_{об}$ :

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сн}} + Z_{\text{об}} \quad (15)$$

Рассчитанная после подстановки в (4.14) соответствующих значений технологическая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$\begin{aligned} C_{\text{ТЕХБаз.}} &= 63,5 + 88,43 + 30,06 + 7,58 = 189,57 \text{ руб.}, \\ C_{\text{ТЕХПроектн.}} &= 29,38 + 9,98 + 15,68 = 55,04 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Цеховая себестоимость  $C_{\text{цех}}$  рассчитывается с учётом технологической себестоимости  $C_{\text{тех}}$ , основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  и коэффициента  $K_{\text{цех}}$  цеховых расходов:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (16)$$

Рассчитанная после подстановки в (16) соответствующих значений цеховая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$\begin{aligned} C_{\text{ЦЕХБаз.}} &= 189,57 + 1,5 \cdot 78,96 = 189,57 + 118,44 = 308,01 \text{ руб.}, \\ C_{\text{ЦЕХПроектн.}} &= 55,04 + 1,5 \cdot 26,23 = 55,04 + 39,34 = 94,38 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Заводская себестоимость  $C_{зав}$  рассчитывается с учётом цеховой себестоимости  $C_{цех}$ , основной заработной платы  $Z_{осн}$  и коэффициента  $K_{зав}$  заводских расходов:

$$C_{зав} = C_{цех} + Z_{осн} \cdot K_{зав}. \quad (17)$$

Рассчитанная после подстановки в (17) соответствующих значений заводская себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

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

$$C_{ЗАВПроектн.} = 94,38 + 1,15 \cdot 26,23 = 94,38 + 30,16 = 124,54 \text{ руб.}$$

Расчетные значения составляющих экономических показателей заводской, цеховой и технологической себестоимости для применяемого на предприятии технологического процесса сварки балки и разработанного в ВКР и предлагаемого к внедрению отражены в таблице 16.

Таблица 16 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Применяемый	Предлагаемый
1. Расходы на вспомогательные материалы	<i>М</i>	63,5	-
2. Расходы на заработную плату	<i>ФЗП</i>	88,43	29,38
3. Отчисления на соц. нужды	<i>Осн</i>	30,06	9,98
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	7,58	15,68
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	189,57	55,04
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	118,44	39,34
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	308,01	94,38
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	90,80	30,16
9. Заводская себестоимость	<i>Сзав</i>	398,81	124,54

#### 4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

Капитальные затраты  $K_{общ.б.}$  для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования  $Ц_{об.б.}$ ,

коэффициента загрузки оборудования  $K_{з.б.}$  рассчитанного для базового варианта согласно (4.6):

$$K_{\text{общ. б.}} = C_{\text{ОБ.Б.}} \cdot K_{з.б.} \quad (18)$$

Остаточную стоимость  $C_{\text{об.б.}}$  оборудования для базового варианта рассчитаем с учётом рыночной стоимости оборудования  $C_{\text{перв.}}$  срока службы оборудования  $T_c$  и нормы амортизации  $H_a$  оборудования:

$$C_{\text{ОБ.Б.}} = C_{\text{ПЕРВ.}} - (C_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot H_A / 100). \quad (19)$$

Остаточная стоимость оборудования, рассчитанная после подстановки в (4.18) соответствующих значений, составляет:

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

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

Капитальные затраты  $K_{\text{общ. пр.}}$  для проектного варианта технологии рассчитываем как сумму вложений в оборудование  $K_{\text{об. пр.}}$ , вложений в производственные площади  $K_{\text{пл. пр.}}$ , сопутствующих вложений  $K_{\text{соп.}}$ :

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (20)$$

Капитальные вложения  $K_{\text{об. пр.}}$  в оборудование для выполнения операций по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом цены оборудования  $C_{\text{об. пр.}}$ , коэффициента транспортно-заготовительных расходов  $K_{\text{ТЗ}}$  и коэффициента загрузки оборудования  $K_{\text{зп}}$  по проектному варианту:

$$K_{\text{об. пр.}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{ТЗ}} \cdot K_{\text{зп}} \quad (21)$$

Величина капитальных вложений в оборудование после подстановки в (4.20) соответствующих значений составляет:

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

Сопутствующие капитальные вложения  $K_{\text{соп}}$  по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом расходов на демонтаж  $K_{\text{дем}}$  базового оборудования и расходов на монтаж  $K_{\text{монт}}$  проектного оборудования:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{дем}} + K_{\text{монт}}. \quad (22)$$

Расходы на демонтаж  $K_{\text{дем}}$  и монтаж  $K_{\text{монт}}$  рассчитываем с учётом стоимости оборудования  $Ц_{\text{б}}$  и  $Ц_{\text{пр}}$  по базовому и проектному вариантам, коэффициентов  $K_{\text{д}}$  и  $K_{\text{м}}$  на демонтаж и монтаж оборудования:

$$K_{\text{дем}} = Ц_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (23)$$

$$K_{\text{монт}} = Ц_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м}}. \quad (24)$$

Сопутствующие капитальные вложения при проектном варианте технологии, рассчитанные после подстановки в (22), (23) и (24) соответствующих значений:

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

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

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

Капитальные затраты для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (20) соответствующих значений:

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

Дополнительные капитальные вложения  $K_{\text{доп}}$  рассчитываем исходя из капитальных затрат  $K_{\text{общ.пр}}$  и  $K_{\text{общ.б.}}$  для проектного и базового вариантов технологии:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общпр}} - K_{\text{общб}} \quad (25)$$

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

Величину удельных капитальных вложений  $K_{\text{уд}}$  рассчитываем с учётом годовой программы  $P_{\Gamma}$ :

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{P_{\Gamma}}, \quad (26)$$

После подстановки в (4.25) соответствующих значений:

$$K_{\text{удБаз.}} = 27360/5000 = 5,47 \text{ руб./ед.}; K_{\text{удПроектн.}} = 93530/5000 = 18,70 \text{ руб./ед.}$$

#### 4.6 Показатели экономической эффективности

Расчёт снижения трудоёмкости  $\Delta t_{\text{шт}}$  при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом штучного времени  $t_{\text{шт.б.}}$  и  $t_{\text{шт.пр.}}$  по базовому и проектному вариантам:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штб}} - t_{\text{штпр}}}{t_{\text{штб}}} \cdot 100\% \quad (27)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (4.26) составило:

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

Расчёт повышения производительности труда  $P_{\Gamma}$  при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости  $\Delta t_{\text{шт}}$ :

$$P_{\Gamma} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (28)$$

Расчётное повышение производительности труда согласно (28) составило:



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

Расчёт снижения технологической себестоимости  $\Delta C_{\text{ТЕХ}}$  при внедрении в производство проектной технологии выполняется по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (29)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (29) составило:

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

Расчёт условно-годовой экономии  $\text{Пр}_{\text{ож}}$  (ожидаемой прибыли), которая может быть получена при принятии проектной технологии, выполним следующим образом:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left( C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} \quad (30)$$

Ожидаемая прибыль после подстановки в (30) соответствующих значений составила:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = (398,81 - 124,54) \cdot 5000 = 1370295 \text{ руб..}$$

Срок окупаемости  $T_{\text{ок}}$  дополнительных капитальных вложений определим следующим образом:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уг}}} \quad (31)$$

Срок окупаемости после подстановки в (31) соответствующих значений составил:

$$T_{OK} = \frac{93530}{1370295} \approx 0,5 \text{года}$$

Годовой экономический эффект  $\mathcal{E}_Г$ , получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

$$\mathcal{E}_Г = \mathcal{E}_{уг} - E_n \cdot K_{доп} \quad (32)$$

Годовой экономический эффект после подстановки в (32) соответствующих значений составил:

$$\mathcal{E}_Г = 1370295 - 0,33 \cdot 93530 = 1339036 \text{ руб.}$$

При выполнении базовой технологии сборки и сварки лопастей градирни из алюминиевых сплавов применяется способ сварки – ручная дуговая неплавящимся электродом в среде защитного газа.

Недостатки применения ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа: 1) малая производительность выполнения сварочных работ; 2) работа сварщика в тяжёлых условиях; 3) низкая стабильность качества сварки; 4) повышенный расход электродного материала на угар, разбрызгивание и огарки.

Проектный вариант технологии предполагает использование автоматической контактной шовной сварки.

Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 70 %, повышение производительности труда на 150 %, уменьшение технологической себестоимости на 70%.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 1,37 млн. рублей.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 1,33 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,5 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

## Заключение

Был выполнен анализ возможных способов сварки, которые могут быть применены при изготовлении лопасти вентилятора градирни. Были рассмотрены способы дуговой сварки штучными электродами, механизированной сварки в среде защитных газов, способ сварки неплавящимся электродом в среде аргона и роликовая контактная сварка. Рассмотрены достоинства и недостатки перечисленных способов сварки.

По результатам анализа перечисленных вариантов получения неразъемных соединений предложено применить способ сварки контактная шовная.

Для снижения трудоемкости получения протяженного соединения с высокой скоростью предложено применить шовную сварку на машине PMS 44-6. Данное оборудование обеспечивает получение сварных швов со скоростью от 0,87 м/мин до 8,7 м/мин.

Разработанный технологически процесс сварки включает в себя операции входного контроля, разметочные. Затем выполняются подготовительные операции, такие как зачистка и обезжиривание. Затем следует операция сборки. После чего ручной аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом производится прихватка лопасти. Выполняется контроль прихваток и затем шовная сварка протяженного шва.

По окончании сварки протяженного шва выполняется аргонодуговой сваркой присоединение доньшка. И готовая лопасть отправляется на контрольные операции.

Применение контактной шовной сварки позволяет уменьшить трудоемкость сварки кожуха лопасти, протяженного шва. Можно сделать вывод о достижении цели выпускной квалификационной работы.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Контроль качества сварочных работ. М.: Высшая школа, 1986. 167 с.
2. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений. М.: Машиностроение, 2006. 368 с.
3. Атанов Н. А., Кивран В.К. Тепловой и аэродинамический расчет вентиляторной градирни : учеб.-метод. пособие. Самара : СГАСУ : ЭБС АСВ, 2013. 82 с.
4. Бондарев А.А. Технология ремонта изношенных поршней. Сварщик. – 1999. № 6. – С. 17.
5. Воропай Н.М., Лесных В.В., Мишенков В.А. Двухдуговая наплавка алюминиевых поршней комбинированным неплавящимся и плавящимся электродом // Автоматическая сварка. 1996. № 6. С. 21–25.
6. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учеб. пособие. Л. Н. Горина. Гриф УМО. Тольятти : ТолПИ. 2000. 79 с.
7. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций. М.: Изд. «Зеркало», 1995. 288 с.
8. Гринин А. С., Орехов Н.А. Экологический менеджмент : учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 206 с.
9. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. М.: МЧС России, 1995. 230 с.
10. Егоров А.Г., Уполовникова Г.Н., Живоглядова И.А. Правила оформления выпускных квалификационных работ для бакалавриата и специалитета: учебно-методич. пособие по выполнению дипломного проекта. Тольятти.: ТГУ, 2011. 87 с.
11. Зусин В.Я., Вайнер Г.Н., Черноиванов В.Н. Восстановление канавок алюминиевых поршней тракторных двигателей импульсно-дуговой

- наплавкой в среде защитных газов // Сварочное производство. 1982. № 11. С. 37–38.
12. Катаев, Р. Ф., Милютин В.С., Близник М.Г. Теория и технология контактной сварки: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 144 с.
  13. Климов А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение». Тольятти: ТГУ, 2014. 52с.
  14. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учебно-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008. 77 с.
  15. Колганов, Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 512 с.
  16. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
  17. Маркашова, Л. И., Покляцкий А.Г., Кушнарёва О.С. Влияние способов сварки на структуру и механические свойства соединений алюминиевого сплава 1460 // Автоматическая сварка. 2013. №3. с. 20-25.
  18. Моторин К.В. Методическое указание по курсовому проектированию бакалавров очного и заочного обучения. Тольятти: ТГУ, 2016. 7 с
  19. Рабкин Д.М., Игнатьев В.Г., Довбищенко И.В. Дуговая сварка алюминия и его сплавов. М.: Машиностроение, 1982. 95 с.
  20. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ. - 2-е изд. перераб. М.: Высш. школа, 1986. 208 с.
  21. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник. М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
  22. Федорчук В.Е., Кушнарёва О.С., Алексеенко Т.А., Фальченко Ю.В. Особенности легирования скандием металла швов сварных соединений

- высокопрочных алюминиевых сплавов // Автоматическая сварка. 2014. №5. с. 30-34.
23. Цыганова Е.С. Технология и оборудование для ремонта трубного пучка теплообменника [Электронный ресурс] // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2020. – 64 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13202> (дата обращения 24.05.2021).
24. Чудинов Б.А., Жмиевский В.Ф. Упрочнение верхней поршневой канавки поршней двигателей внутреннего сгорания ОАО «АВТОВАЗ» // Материалы 6-й Междунар. практ. конф.-выставки, С.-Пб.: Альфаред, 2004. С. 89–90.
25. Шелягин В.Д., Хаскин В.Ю., Гаращук В.П. Гибридная сварка излучением CO<sub>2</sub>-лазера и дугой плавящегося электрода в углекислом газе // Автоматическая сварка. 2002. № 10. С. 38–41.
26. Шонин, В.А., Машин В.С., Хаскин В.Ю., Недей Т.Н. Остаточные напряжения в соединениях тонколистового сплава АМгб, вызванные дуговой и лазерно-дуговой сваркой // Автоматическая сварка. 2006. № 9. С. 26–31.
27. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
28. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
29. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
30. Enhancement of steels wear resistance in corrosive and abrasive medium / V. Kaplun, P. Kaplun, R. Bodnar, V. Gonchar // Interdisciplinary Integration of Science in Technology, Education and Economy : monograph /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski. – Bydgoszcz, 2013. – P. 320–329.
31. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.

32. Malinov L.S., Malinov, L.V. Burova D.V., Anichenkov V.V. Increasing the abrasive wear resistance of low-alloy steel by obtaining residual metastable austenite in the structure // Journal of Friction and Wear. – 2015. – №3. – P. 237–240.
33. Salter, G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding // Metal Constr. and Brit. Weld. J. 1971. № 6. P. 230–233.