

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально–педагогический
университет»

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И РОБОТИЗИРОВАННОЙ
СВАРКИ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ПРОМЫШЛЕННОГО ВЕНТИЛЯТОРА**

Выпускная квалификационная работа
Направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение(по отраслям)
Профиль Машиностроение и материалобработка
Профилизация Технологии и технологический менеджмент в сварочном про-
изводстве
Идентификационный код ВКР: 235

Екатеринбург 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально–педагогический
университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и
металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ИММ
_____ Б.Н.Гузанов
« ____ » _____ 2019 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И РОБОТИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ РА-
БОЧЕГО КОЛЕСА ПРОМЫШЛЕННОГО ВЕНТИЛЯТОРА**

Исполнитель:

студент группы СМ-401п _____

З. Ю. Квитковская

Руководитель:

ст.преподаватель _____

Л. Т. Плаксина

Нормоконтролер:

к.т.н., доцент _____

Д.Х.Билалов

Екатеринбург 2019

РЕФЕРАТ

Дипломная работа содержит листов машинописного текста, таблицу, рисунков, использованных источников, графическую часть на 6-ми листах формата А1.

Ключевые слова: РАБОЧЕЕ КОЛЕСО ВЕНТИЛЯТОРА, РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС, ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ, ПРОГРАММА ПЕРЕПОДГОТОВКИ РАБОЧИХ, ПРОФЕССИЯ «ОПЕРАТОР РОБОТИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ».

Квитковская, З.Ю. Разработка технологии сборки и роботизированной сварки рабочего колеса промышленного вентилятора: выпускная квалификационная работа / З.Ю. Квитковская: Рос. гос. проф. – пед. ун - т инж. – пед. образования, Каф. Инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и металлургии. – Екатеринбург, 2019. – 87 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Цель: усовершенствование технологии сварки с применением систем роботизации.

2. В ходе работы выполнена оценка свариваемости основного металла, выбраны способ сварки и сварочные материалы, выбраны основные параметры режима сварки. Выбрано основное и вспомогательное сварочное оборудование. Проведен сравнительный анализ профессиональных стандартов, разработан учебный план переподготовки по профессии «Оператор роботизированной сварки плавлением».

3. Результаты данной работы могут быть использованы при проектировании рабочего колеса промышленного вентилятора на заводе АО «Артемовский машиностроительный завод «ВЕНТПРОМ» и ООО «ПетроВентКомплект».

					ДП 44.03.04.235 ПЗ			
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	<i>Разработка технологии сборки и роботизированной сварки рабочего колеса промышленного вентилятора</i>	Литера	Лист	Листов
Разраб.	Квитковская							
Прове-	Плаксина.							
Рук.								
Н.	Билалов							
Утв.	Гузанов							
						ФГАОУ ВО РГПУ, ИИПО каф ИММ гр.СМ-401п		

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Описание конструкции	8
1.1 Условия эксплуатации рабочих колес вентиляторов	8
1.2 Характеристика материала	9
1.3 Определение свариваемости стали.....	10
1.3.1 Оценка склонности металла к образованию холодных трещин.....	10
1.3.2 Оценка склонности металла к образованию горячих трещин	12
2 Технология сварки рабочего колеса вентилятора.....	15
2.1 Наиболее распространенные виды сварки	16
2.1.1 Ручная дуговая сварка.....	16
2.1.2 Автоматическая сварка под флюсом.....	18
2.1.3 Сварка в защитном газе	20
2.2 Обоснование выбора способа сварки.....	22
2.3 Выбор сварочных материалов.....	23
2.3.1 Выбор защитного газа.....	23
2.3.2 Выбор сварочной проволоки.....	27
2.4 Расчет режимов сварки	28
2.4.1 Расчет режима сварки таврового соединения	28
2.4.2 Расчет режимов сварки для углового соединения.....	33
3 Выбор оборудования.....	39
3.1 Оборудование для заготовительных операций	39
3.1.1 Установка плазменной резки Jantar.....	39
3.1.2 Источник для плазменной резки Hypertherm Powermax 85	40
3.1.3 Угловая шлифмашина Bosch GWS 26-230 JBV	41
3.2 Сборочное приспособление	42
3.2.1 Двухосевой позиционер MT1-500 S2HD «Yaskawa»	42
3.2.2 Приспособление для сборки рабочего колеса.....	43

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		3

3.3 Сварочное оборудование.....	44
3.3.1 Сварочный робот МА 1440 «Yaskawa»	44
3.3.2 Контроллер управления DX200 «Yaskawa»	46
3.3.3 Сварочный источник Phoenix 352 puls «EWM»	48
3.3.4 Механизм подачи проволоки M drive 4 Rob 3 LI «EWM»	51
3.3.5 Блок водяного охлаждения cool82 U44 «EWM»	52
3.3.6 Сварочная горелка RM 42W «TBi»	53
3.3.7 Станция автоматической очистки сварочной горелки «TBi»	55
3.3.8 Пульт управления комплексом «Yaskawa»	56
3.3.9 Программное обеспечение MotoSim EG-VRC «Yaskawa»	57
3.3.10 Системы слежения «SeamFinding» и «COMARC»	58
3.3.11 Защитные ограждения и система безопасности.....	60
3.4 Контроль качества сварных соединений	62
4 Технология сборки и сварки рабочего колеса вентилятора	64
5 Методическая часть	67
5.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов.....	68
5.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор роботизированной сварки».....	74
5.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»	75
5.4 Разработка плана – конспекта урока	76
Заключение	87
Список использованных источников	88
Приложение А Задание.....	90
Приложение Б Спецификация.....	91
Приложение В Рабочее колесо промышленного вентилятора (Сборочный чер- теж).....	92
Приложение Г Приспособление для сборки.....	93

Приложение Д Роботизированный комплекс для сварки.....
.....94

Приложение Е Технологическая схема изготовления рабочего колеса промышленного
вентилятора.....95

Приложение Ж Методический плакат "Сварочный робот Yaskawa
MA1440".....96

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших задач эффективного производства является повышение как качественного, так и количественного показателей производительности. Помимо этого, в последнее время все более широко применение находят технологии, позволяющие снизить влияние человека на процесс изготовления. Данные особенности характерны и для сварочного производства.

Роботизированные комплексы (РТК) находят все более широкое применение для решения разных задач, и в наше время применяются во многих отраслях промышленности. С помощью роботизированной сварки можно получить стабильно высокое и точное качество сварных швов, не смотря на сложные конфигурации в различных пространственных положениях. Так же присутствуют такие факторы как снижение затрат на рабочую силу, улучшение качества выпускаемой продукции и повышение производительности.

Несмотря на то, что при использовании сварочного робота не требуется рабочая сила, в то же время должен присутствовать компетентный специалист, который сможет правильно и грамотно настроить весь процесс выполнения сварочных операций, ведь эффективность сварных швов напрямую зависит от таких факторов как:

1. Высокая точность процесса сборки заготовок;
2. Разработка правильной последовательности выполнения сварных швов;
3. Рациональная разработка операций сварки.

Так же в процессе настройки должны быть установлены основные параметры режимов сварки: сварочный ток, напряжение на дуге, диаметр присадочного материала, скорость сварки и скорость подачи присадочного материала.

В наше время в сварочном производстве присутствует высокая конкуренция и повышенное требование к качеству продукции и ко всему этому на рынке труда не хватает квалифицированных сварщиков. Исходя из этого, можно сделать вывод, что рост спроса на роботизированные установки имеется как в настоящее время,

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

так и в будущем. [1]

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологии и подбор оборудования для изготовления рабочего колеса промышленного вентилятора. Актуальным становится внедрение роботизированного комплекса, с помощью которого мы должны достичь высокое качество выпускаемой продукции, хорошую производительность и незначительное количество времени.

Объектом разработки является технология изготовления металлоконструкции.

Предметом разработки является процесс сборки и роботизированной сварки рабочего колеса промышленного вентилятора.

Целью дипломного проекта является разработка технологии сварки рабочего колеса промышленного вентилятора с использованием роботизированного комплекса.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Провести анализ металлоконструкции
- Проанализировать и охарактеризовать применяемую сталь
- Выбрать способ сварки и сварочные материалы
- Произвести расчеты параметров режимов сварки
- Выполнить подбор и компоновку основного и вспомогательного оборудования
- Выбрать способ контроля качества сварных соединений изделия
- Разработать методический раздел для переподготовки рабочих

В процессе разработки дипломного проекта использованы следующие *методы*:

- теоретические методы, включающие анализ специальной научной и технической литературы, а также обобщение, сравнение, конкретизацию данных, расчеты;
- эмпирические методы, включающие изучение практического опыта и наблюдение.

					ДП 440304.235 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		7

1 Описание конструкции

1.1 Условия эксплуатации рабочих колес вентиляторов

Вентиляторы – это механические устройства, которые помогают производить забор или подачу воздуха (газов) и его транспортировку по специальным воздуховодам. Вентиляторы эксплуатируются в системах вентиляции, кондиционирования воздуха, воздушного отопления, для подачи воздуха в топку котлов, создания воздушной подушки судов и т.д.

Вентиляционные системы существуют в самых разных компоновках, но в основной выделяют две главных группы – это центробежные и осевые вентиляторы.

Центробежный вентилятор является более распространенным в системах вентиляции, кондиционирования и отопления. Центробежный вентилятор представляет собой рабочее колесо с имеющимися лопастями, спиральный кожух и станину с валом и подшипниками. Данный вентилятор оснащается электрическим двигателем, с помощью которого и приходит в движение. Центробежный вентилятор отличается от осевого по принципу работы. Здесь же засасываемый воздух поступает во входное отверстие устройства, затем попадает в пространство между лопатками рабочего колеса, которое вращается в кожухе и в последующем выходит через выпускное отверстие под воздействием центробежной силы.

В осевом вентиляторе воздух, который засасывается при вращении рабочего колеса, выходит параллельно оси вентилятора. Составные части осевого вентилятора — это колесо, которое представляет собой втулку с прикрепленными лопастями, находящимися под определенным углом наклона, и цилиндрическая обечайка, имеющая по концам два фланца.

Разрабатываемое рабочее колесо в данной работе относится к осевому вентилятору. Рабочие колеса являются основными максимально нагруженными элементами вентиляционных систем. Колесо состоит из вращающейся части венти-

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8

лятора, с помощью которой механическая энергия передается воздуху посредством динамического действия лопаток. С их помощью перемещаемому воздуху передается энергия от электродвигателя вентилятора.

1.2 Характеристика материала

Рабочее колесо вентилятора будем изготавливать из конструкционной углеродистой стали обыкновенного качества Ст3сп. Данная сталь имеет категории, которые имеют различие по назначению. Изучив и составив характеристику по назначению категорий, выберем сталь 5 категории, т.к. листы из этой категории используются при изготовлении несущих элементах сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках: толщиной до 25мм – в интервале температур от -40 до +425°С, при толщине свыше 25мм в интервале температур от -20 до +425°С, что нам и требуется. Химический состав стали Ст3сп по ГОСТ 1050–88 приведен в таблице 1.1.

Механические свойства стали Ст3сп приведены в таблице 1.2 [2].

Таблица 1.1 - Химический состав стали Ст3сп в %, ГОСТ 19281 - 89

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Медь	Фосфор	Сера	Мышьяк	Азот
от 0,14 до 0,22	от 0,15 до 0,3	от 0,4 до 0,65	0,3	0,3	0,3	0,04	0,05	0,08	0,008
Не более									

Таблица 1.2 - Механический свойства стали Ст3сп [2]

Предел текучести, σ_t , МПа	Временное сопротивление разрыву, σ_b , МПа	Относительное удлинение, δ , %	Относительное сужение, ψ , %
230	420	25	-

1.3 Определение свариваемости стали

1.3.1 Оценка склонности металла к образованию холодных трещин

Холодные трещины – это хрупкие локальные мелкокристаллитные разрушения, возникающие за счет собственных сварных напряжений. Трещины образуются при температуре 100-200 °С во время охлаждения конструкции, а также в течение последующих нескольких суток после сварки. Образование холодных трещин при сварке можно рассматривать как один из случаев замедленного разрушения закаленной стали под действием остаточных сварочных напряжений. Холодные трещины могут возникать иногда в шве, чаще в зоне термического влияния. Появление трещин объясняется наличием фазовых и структурных превращений, в результате которых появляются нестабильные хрупкие структуры типа мартенсита, отличающиеся высокой твердостью и малой пластичностью.

Причины образования холодных трещин:

- возникновение закалочных структур (мартенсита в околошовной зоне и в металле шва в связи с быстрым переохлаждением);
- наличие усадки металла шва;
- появление сварных напряжений;
- наличие диффузионно-подвижного водорода.

Меры предотвращения склонности металла шва к образованию холодных трещин:

- зачистка кромок;
- подготовка сварочных материалов (прокалка электродов и флюсов)
- осушение защитного газа
- предварительный, сопутствующий подогрев.
- термическая обработка соединения сразу после сварки.

					ДП 440304.235 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		10

- замедленное охлаждение
- выбор оптимального способа сварки и правильная последовательность

наложения швов

Оценка склонности сталей к появлению холодных трещин:

Методы оценки склонности к образованию холодных трещин представлены в таблице 1.3. [3]

Таблица 1.3 - Методы оценки склонности к образованию холодных трещин при сварке

Прямые методы	Косвенные методы
<ul style="list-style-type: none"> – Машинные испытания – Методы технологических проб – Контрольный химический анализ 	В рамках косвенных методов появление методов появления холодных трещин испытываются параметрическими уравнениями, получаемые путем обобщения большого количества эмпирического материала

Расчет оценки стойкости стали к образованию холодных трещин:

Расчетные методы оценки склонности к холодным трещинам используют параметрические уравнения, полученные статистической обработкой экспериментальных данных. Они связывают входные параметры (химический состав, режимы сварки, тип соединения) с выходными параметрами (температура подогрева, показатель склонности). При этом часто затруднительно использовать все многообразие факторов, определяющих образование холодных трещин. Вероятность появления при сварке холодных трещин можно определить по следующей параметрической зависимости эквивалентного содержания углерода: [4]

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{Si}{24} + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{10} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14}, \quad (1.1)$$

где C, S, P, Mn и др. – массовые проценты содержания элемента стали, в %.

Условия появления холодных трещин:

					ДП 440304.235 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		11

Если $C_{\text{ЭКВ}} \leq 0,45$, следовательно, сталь не склонна к образованию холодных трещин

Если $C_{\text{ЭКВД}} > 0,45$, то сталь склонна к образованию холодных трещин и является ограниченно-свариваемой сталью.

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,22 + \frac{0,3}{24} + \frac{0,65}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{10} = 0,43$$

$C_{\text{ЭКВ}} \leq 0,45$, следует, что сталь СтЗсп не склонна к образованию холодных трещин, а значит, нам не требуется производить дополнительные технологические операции для подготовки металла к сварке и последующую термообработку.

1.3.2 Оценка склонности металла к образованию горячих трещин

Горячие трещины (кристаллические) – это хрупкие межкристаллитные разрушения металла шва и околошовной зоны, возникающее в твердожидком состоянии в процессе кристаллизации, а также при высоких температурах в твердом состоянии. Такие трещины появляются в металле на завершающей стадии процесса кристаллизации, - в интервале температур близких к линии солидус. [4]

Образование горячих трещин связано со следующими причинами:

- Скорость кристаллизации
- Видом кристаллической структуры и степенью развития внутри кристаллической ликвации металла шва.
- Химического состава металла шва

Горячие трещины могут выходить или не выходить на поверхность наплавленного металла. Трещины, выходящие на поверхность металла, легко обнаруживаются при визуальном осмотре и методами магнитной или цветной дефектоскопии. Трещины, расположенные внутри наплавленного металла, могут обнаруживаться просвечиванием рентгеновскими или гамма-лучами, зондированием ульт-

					ДП 440304.235 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		12

тразвуком, а при разрушении детали они идентифицируются при исследовании поверхности излома или металлографически на макро- и микрошлифах. При электрошлаковых процессах трещины образуются обычно в центре наплавленного слоя и не выходят на его поверхность. Поверхность разлома трещины имеет в этом случае серо-белый цвет из-за отсутствия окисляющего действия воздуха на металл.

Меры предотвращения склонности металла шва к образованию горячих трещин:

1. уменьшение доли участия основного металла в металле шва;
2. использование основного и присадочного металла с минимальным содержанием серы, углерода, фосфора и с достаточным количеством марганца;
3. введение в шов модификаторов;
4. применение режимов сварки, обеспечивающих более благоприятную форму шва.

Расчет оценки стойкости стали к образованию горячих трещин

Вероятность появления при сварке или наплавке горячих трещин можно определить по критерию Уилкинсона (HCS), он оценивает склонность сталей с содержанием легированных элементов не более 10%. Формула расчета, которая применительна к низколегированным сварным швам, имеет данный вид:

$$HCS = \frac{C \cdot (S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100}) \cdot 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V} \quad (1.2)$$

где С, S, P, Mn и др. – массовые проценты содержания элемента стали, в %.

Условием появления горячих трещин для сталей с пределом прочности $\sigma_B < 700$ Мпа является $HCS > 4$.

Рассчитываем HCS для стали СтЗсп по формуле (1.2)

					ДП 440304.235 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		13

$$HCS = \frac{0.18 \cdot (0.05 + 0.04 + \frac{0.23}{25} + \frac{0.3}{100}) \cdot 10^3}{3 \cdot 0.5 + 0.3} = 1,02$$

В нашем случае $HCS < 4$, значит при сварке стали невозможно возникновение горячих трещин.

Произведя расчёты, мы можем сделать вывод, что сталь не склонна ни к горячим, ни к холодным трещинам, из этого следует, что оценку свариваемости стали ст3сп можно дать как хорошую. Сварные изделия, изготавливаемые из этой стали всеми способами сварки, обладают удовлетворительной стойкостью против кристаллизационных трещин. Это обусловлено низким содержанием в них углерода [4].

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		14

2 Технология сварки рабочего колеса вентилятора

Сварка – это процесс получения неразъемного соединения посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, или пластическом деформировании, или совместном действии того и другого. В настоящее время создано очень много методов сварки. Все известные виды сварки приведены и классифицированы в ГОСТ 19521-74 [5].

ГОСТ 19521-74 классифицирует сварочные процессы по основным физическим, техническим и технологическим признакам. По физическим признакам, в зависимости от формы используемой энергии, предусматриваются три вида сварки: термическая сварка, термомеханическая сварка и механическая сварка.

Термический вид сварки включает все методы с использованием тепловой энергии (дуговая сварка, газовая сварка, плазменная сварка и т. д.).

Термомеханический вид объединяет все методы сварки, при которых используются давление и тепловая энергия (контактная сварка, диффузионная сварка)

Механический вид включает методы сварки, осуществляемые с помощью механической энергии (холодная сварка, сварка трением, ультразвуковая сварка, сварка взрывом).

Виды сварки классифицируются по следующим техническим признакам:

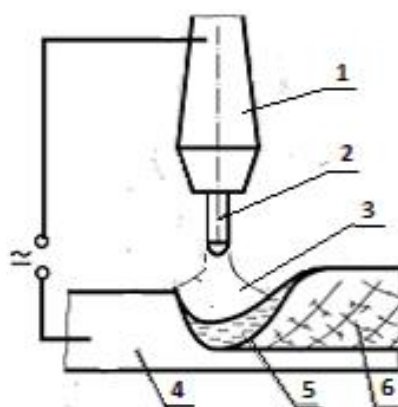
- по способу защиты металла в зоне сварки (на воздухе, в среде защитного газа, в вакууме, под слоем флюса, с комбинированной защитой);
- по степени механизации (ручная, механизированная, автоматизированная, автоматическая);
- по характеру защиты металла в зоне сварки (со струйной защитой, в контролируемой атмосфере).

					ДП 440304.235 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		15

2.1 Наиболее распространенные виды сварки

2.1.1 Ручная дуговая сварка

Ручная дуговая сварка может производиться двумя способами: неплавящимся электродом и плавящимся электродом. Схема ручной дуговой сварки неплавящимся электродом представлена на рисунке 1.1



1 – держатель электродов; 2 – неплавящийся электрод; 3– дуга; 4 – основной металл;
5 –сварочная ванна; 6 – шов

Рисунок 1.1 - Схема ручной дуговой сварки неплавящимся электродом

При ручной дуговой сварке *неплавящимся электродом* между неплавящимся (угольным или графитовым) электродом и изделием возбуждают дугу. Кромки изделия и вводимый в зону дуги присадочный материал нагреваются до плавления, образуется ванна расплавленного металла. После затвердевания металл в ванне образует сварной шов. При сварке угольным электродом дуга горит в парах углерода. Этот способ используется при сварке цветных металлов и их сплавов, а также при наплавке твердых сплавов. [6]

Достоинства ручной дуговой сварки неплавящимся электродом:

- возможность сварки активных металлов (алюминий, медь, титан);
- возможность сварки деталей из металла не большой толщины;
- высокая концентрация тепловой энергии, высокая температура дуги (2000°-4000°С);

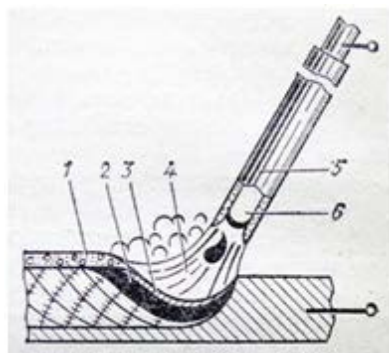
					ДП 440304.235 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		16

- «чистый» процесс, нет угара химических элементов.

Недостатки ручной дуговой сварки неплавящимся электродом:

- требуется очень высокая квалификация сварщиков;
- относительно низкая производительность процесса;
- невозможность сварки на открытом воздухе.

При ручной дуговой сварке плавящимся электродом используется так называемый штучный электрод с покрытием-обмазкой. Этот способ является основным при ручной сварке. Электрическая дуга возбуждается аналогично первому способу, но расплавляет и электрод, и кромки изделия. Получается общая ванна жидкого металла, которая, охлаждаясь, образует шов. Схема ручной дуговой сварки плавящимся электродом представлена на рисунке 1.2.



1 – закристаллизовавшийся шлак; 2 – закристаллизовавшийся металл сварного шва; 3 – расплавленный металл сварочной ванны; 4 – сварочная дуга

Рисунок 1.1 - Схема ручной дуговой сварки плавящимся электродом

Для получения качественного соединения при помощи ручной дуговой сварки необходимо правильно выбрать сварочные электроды, выставить режимы и применить правильную технику сварки. Недостатком ручной сварки является большая зависимость от опыта и квалификации сварщика, несмотря на хорошую свариваемость рассматриваемых сталей.

Сварочные электроды следует выбирать исходя из типа свариваемой стали и назначения конструкции. Для этого можно воспользоваться каталогом электродов, где хранятся паспортные данные множества марок электродов.

									Лист
									17
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ДП 440304.235 ПЗ				

Достоинства ручной дуговой сварки плавящимся электродом:

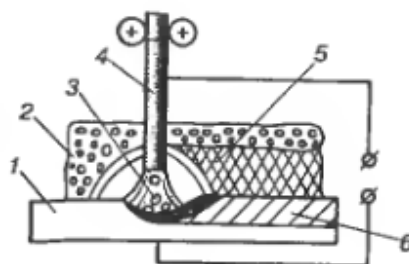
- наиболее мобильный вид сварки;
- возможность сварки с надежной защитой сварочной ванны на монтаже (открытый воздух);
- возможность сварки в труднодоступных местах;
- широкий выбор предлагаемых марок электродов.

Недостатки ручной дуговой сварки плавящимся электродом:

- качество шва зависит от квалификации и самочувствия сварщика;
- низкая производительность процесса;
- большой объем тепловложений;
- наличие большого количества огарков.

2.1.2 Автоматическая сварка под флюсом

Особенность процесса автоматической дуговой сварки под флюсом является применение непокрытой сварочной проволоки и гранулированного (зернистого) флюса. Схема автоматической дуговой сварки под флюсом представлена на рисунке 1.3.



1 – основной металл; 2 – флюс; 3 – сварочная дуга; 4 – электродная проволока;
5 – закристаллизовавшийся шлак; 6 – сварной шов

Рисунок 1.2 - Схема автоматической сварки под флюсом

Сварку ведут закрытой дугой, горячей под слоем флюса в пространстве газового пузыря, образующегося в результате выделения паров и газов в зоне дуги.

									Лист
									18
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ДП 440304.235 ПЗ				

Сверху сварочная зона ограничена пленкой расплавленного шлака, снизу – сварочной ванной. Дуга горит вблизи переднего края ванны, несколько отклоняясь от вертикального положения в сторону, обратную направлению сварки. Под влиянием давления дуги жидкий металл также оттесняется в сторону противоположную направлению сварки, образуя кратер сварочной ванны. Под дугой находится тонкая прослойка жидкого металла, от толщины которой во многом зависит глубина проплавления. Расплавленный флюс, попадающий в ванну, вследствие значительно меньшей плотности всплывает на поверхность расплавленного металла шва и покрывает его плотным слоем защитного шлака. [8]

Ещё одной особенностью сварки низколегированных сталей под флюсом заключаются в её проведении на постоянном токе обратной полярности. Сила тока при этом не должна превышать 800 А, напряжение на дуге — не более 40 В, скорость сварки изменяют в пределах 13 - 30 м/ч. Одностороннюю одностороннюю сварку применяют для соединений толщиной до 8 мм и выполняют на остающейся стальной подкладке или флюсовой подушке. Максимальная толщина соединений без разделки кромок, свариваемых двусторонними швами, не должна превышать 20 мм. Для стыковых соединений без скоса кромок (односторонних или двусторонних) используют проволоку марки Св-08ХН2М, так как швы в этом случае имеют излишне высокую прочность и применение более легированной проволоки для таких соединений нецелесообразно. [6]

Достоинства дуговой сварки под флюсом:

- получение швов с высокими механическими свойствами;
- глубокое проплавление свариваемого металла;
- высокая производительность процесса.

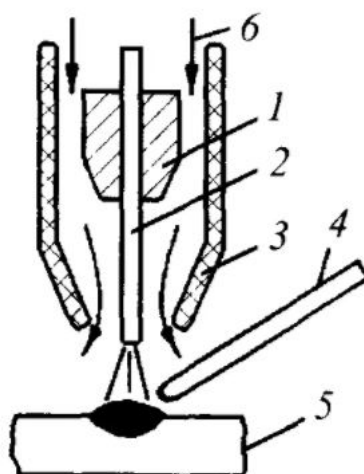
Недостатки дуговой сварки под флюсом:

- трудность сварки деталей небольших толщин и при сварке протяженных швов;
- невозможность выполнения швов в положении, отличных от нижнего;
- затруднено визуальное наблюдение за процессом.

					ДП 440304.235 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		19

2.1.3 Сварка в защитном газе

Сварка в защитных газах — способ, при котором защита зоны дуги от вредного воздействия воздуха осуществляется газом. В качестве защитных используют инертные газы (аргон и гелий), не взаимодействующие со свариваемым металлом, и активные газы (углекислый газ, азот и др.), взаимодействующие со свариваемым металлом. Сварка в защитных газах производится неплавящимся или плавящимся электродом. Схема дуговой сварки неплавящимся электродом представлена на рисунке 1.4.



1 – мундштук; 2 – электрод; 3 – сопло; 4 – присадочный пруток; 5 – изделие; 6 – защитный газ
Рисунок 1.3 - Схема дуговой сварки неплавящимся электродом

При сварке в защитных газах *неплавящимся (вольфрамовым) электродом* сварной шов формируется за счет металла расплавленных кромок изделия. При необходимости в зону дуги подается присадочный материал.

В зоне сварки осуществляется нагрев основного и присадочного материала до жидкого состояния теплотой электрической дуги, горящей между неплавящимся электродом и основным металлом. В сварочной ванне основной и присадочный металлы перемешиваются и взаимно растворяются. Расплавленный металл в зоне сварки защищен газом от взаимодействия с окружающей средой. [9]

					ДП 440304.235 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		20

Детали толщиной до 2 мм обычно сваривают без присадочного металла. При толщине более 2 мм в дугу подается присадочная проволока. Химический состав присадочного материала должен быть близок к составу основного металла.

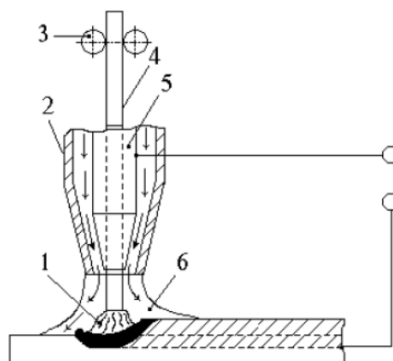
Достоинства способа сварки неплавящимся электродом:

- Высокая устойчивость дуги независимо от рода (полярности) тока;
- Возможно получение металла шва с долей участия основного металла от 0 до 100%;
- Изменяя скорость подачи и угол наклона, профиль, марку присадочной проволоки можно регулировать химический состав металла шва и геометрические параметры сварного шва.

Недостатки способа сварки неплавящимся электродом:

- Низкая эффективность использования электрической энергии (коэффициент полезного действия от 0,40 до 0,55);
- Необходимость в устройствах, обеспечивающих начальное возбуждение дуги;
- Высокая скорость охлаждения сварного соединения

При сварке в защитных газах *плавящимся электродом* подаваемая в зону дуги электродная проволока расплавляется и участвует в образовании шва. Схема дуговой сварки в защитном газе плавящимся электродом представлена на рисунке 1.5.



1 – электрическая дуга; 2 – газовое сопло; 3 – подающие ролики; 4 – электродная проволока; 5 – токоподводящий мундштук; 6 – защитный газ

Рисунок 1.4 - Схема дуговой сварки в защитном газе плавящимся электродом

					ДП 440304.235 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		21

Преимущества дуговой сварки плавящимся электродом в защитном газе:

- высокая плотность мощности, обеспечивающая относительно узкую зону термического влияния;
- возможность металлургического воздействия на металл шва за счет регулирования состава проволоки и защитного газа;
- широкие возможности механизации и автоматизации процесса сварки;
- высокая производительность сварочного процесса
- возможность сварки различных материалов толщиной от долей мм до десятков и сотен мм во всех пространственных положениях

К недостаткам способа по сравнению со сваркой под флюсом относится необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги.

2.2 Обоснование выбора способа сварки

Проанализировав конструкцию рабочее колесо вентилятора, мы видим, что сварка лопаток имеет одинаковый алгоритм технологии, основополагаясь на это, мы можем сделать выбор, что целесообразней всего будет использовать автоматические, а ещё лучше роботизированные способы сварки.

Так же на выбор способа сварки влияет и объем производства. Так как производительность большая, следовательно, рациональней будет выбрать роботизированную сварку в среде защитных газов.

Роботизированная сварка в среде защитных газов подходит нам больше всего, ведь данный способ сварки может гарантировать нам повышение как качественного, так и количественного показателей, что очень благоприятно отразится на производстве в целом.

При данном способе сварки необходимо соблюдать такие операции как: обеспечение и проверка точности сборки изделия, жесткое позиционирование из-

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22

деля и монтирование такой дополнительной опции, как система слежения за сварным швом.

Преимуществом роботизированной сварки в среде защитных газов является обеспечение качественного сварного шва и товарного вида в общем. За счет этого мы получаем экономию времени, т.к. дополнительной обработки швов практически не требуется. Если правильно подобрать режим сварки, то в итоге мы получим отсутствие брызг расплавленного металла и также избежим нежелательной чешуйчатости на поверхности сварного шва.

Так же преимуществом применения данного способа сварки является широкое наличие спектра серийного выпускаемого сварочного оборудования и легкость роботизации процессов.

2.3 Выбор сварочных материалов

2.3.1 Выбор защитного газа

Выбирают защитный газ, опираясь на род свариваемых материалов, технологические задачи, технические требования, предъявляемые к сварным соединениям и остальные прочие условия. Защитные газы подразделяются на инертные, активные и их смеси.

Инертные газы – это те газы, которые химически взаимодействуют с металлом и не растворяются в нем. Используются в качестве инертных газов аргон (Ar), гелий (He) и смеси этих газов. Инертные газы применяют для сварки химически активных металлов, когда нужно получить однородный по составу с основным и присадочным металлом сварной шов (высоколегированные стали и пр.). Кроме того, инертные газы обеспечивают защиту свариваемого металла и дуги, не оказывая нежелательного металлургического воздействия на металл и шов.

Аргон поставляется по ГОСТ 10157—79 «Аргон газообразный и жидкий» следующих сортов с содержанием аргона не менее (%):

- высшего сорта (99,99),

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		23

- 1-го сорта (99,98),
- 2-го сорта (99,95),
- остальное — кислород (0,005), азот (0,004), влага (0,03).

Гелий выпускают по МРТУ 51-04-23-64 составов (%):

- марка I (99,6—99,7),
- марка II (98,5—99,5),
- остальное — азот.

Аргон и гелий поставляют в баллонах вместимостью 40 л под давлением 15 МПа. Баллон для аргона окрашен в серый цвет, надпись зеленого цвета; баллон для гелия — коричневый, надпись белого цвета. В связи с тем, что гелий в 10 раз легче аргона, расход гелия при сварке увеличивается в 1,5—2 раза. По отношению к меди инертным является также азот (N₂), который поставляется по ГОСТ 9293—74 «Азот газообразный и жидкий» в газообразном состоянии четырех сортов (состав, %):

- высший — 99,9;
- 1-й — 99,5;
- 2-й — 99,0;
- 3-й — 97,0;
- остальное — примеси.

Активные газы – это газы, которые вступают в химическое взаимодействие со свариваемым металлом и растворяющиеся в нем (углекислый газ, пары воды, водород и т.д.). Углекислый газ является основным защитным активным газом, он поставляется по ГОСТ 8050 - 76 «Двуокись углерода газообразная и жидкая». Используют углекислый газ при сварке чистотой 99,5%. Этот газ хранят и транспортируют в жидком виде и преимущественно в стальных баллонах емкостью 40л под давлением 6,0 – 7,0 Мпа. В баллоне находится 60 -80% жидкой углекислоты, а остальное – испарившийся газ. Баллон черного цвета с желтой надписью. [10]

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		24

Но отдельные газы отступают технологическими свойствами по сравнению со смесью газов. Например, смесь углекислого газа с кислородом (2—5%) способствует мелкокапельному переносу металла, уменьшению разбрызгивания (на 30—40%), улучшению формирования шва. Смесь из 70% He и 30% Ar увеличивает производительность сварки алюминия, улучшает формирование шва и позволяет сваривать за один проход металл большей толщины.

Наиболее распространенными при сварке сталей являются следующие защитные газовые смеси:

- смесь аргона с углекислым газом;
- смесь аргона с кислородом;
- смесь углекислого газа с кислородом.

Смесь аргона с кислородом

Газовая смесь аргона с кислородом обычно используется при сварке легированных и низкоуглеродистых сталей. Добавление к аргону небольшого количества кислорода позволяет предотвратить пористость.

Смесь углекислого газа с кислородом

При добавлении к углекислому газу кислорода снижается разбрызгивание при сварке, улучшается формирование шва, увеличивается выделение тепла, что в некоторой степени повышает производительность сварки. С другой стороны, в результате повышенного окисления ухудшаются механические свойства швов.

Смесь аргона с углекислым газом

Применение смеси аргона и углекислого газа (обычно 18-25%) эффективно при сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей. По сравнению со сваркой в чистом аргоне или углекислом газе более легко достигается струйный перенос электродного металла. Сварные швы более пластичны, чем при сварке в чистом углекислом газе. По сравнению со сваркой в чистом аргоне меньше вероятность образования пор.

В последние годы широкое применение в качестве защитных газов получила смесь углекислого газа с кислородом. Добавки кислорода позволяют умень-

					ДП 440304.235 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		25

шить концентрацию легирующих элементов в металле шва, за счет увеличения окисляющего действия газовой среды на расплавленный металл. Кроме того, уменьшается разбрызгивание металла и повышается его жидкотекучесть. Связывая водород, кислород уменьшает его влияние на образование пор.

При добавлении в углекислый газ аргона, изменяются технологические свойства дуги (форма шва, стабильность дуги, глубина проплавления и т. п.), так же данная добавка позволяет регулировать концентрацию легирующих элементов в металле шва. [11]

Для данной конструкции при сварке в защитных газах, выбираем смесь углекислого газа и аргона. По сравнению со сваркой в чистом аргоне или углекислом газе более легко достигается струйный перенос электродного металла. Сварные швы более пластичны, чем при сварке в чистом углекислом газе. По сравнению со сваркой в чистом аргоне меньше вероятность образования пор. Смесь аргона с углекислым газом значительно дешевле, чем чистый аргон. Данный выбор объясняю ещё тем, что при сварке в смеси *Согон* есть целый ряд преимуществ технологичных, экономичных и экологичных:

- лучшая форма сварного шва и внешний вид деталей;
- выше прочность сварных швов, значит, выше ударная вязкость;
- меньшее тепловложение, следовательно, меньшее коробление изделий;
- меньшее разбрызгивание металла при сварке, меньше времени тратится на зачистку изделия после сварки;
- меньше поверхностного шлака. Проще обработка поверхностей под покраску или оцинковку;
- отсутствие резких изломов и концентраторов напряжений;
- меньше риск прожога тонкостенных деталей, что в нашем случае не маловажно;
- возможна большая скорость сварки. Меньшие сроки изготовления готовых изделий;

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		26

- более экономное использование дорогой сварочной проволоки;
- высокая стабильность дуги. Большой допустимый диапазон регулировок;
- меньше брака. Даже менее квалифицированные сварщики выполняют качественную сварку деталей;
- снижение уровней шума и запыленности рабочей среды;
- снижение валовых выделений сварочных аэрозолей, дыма и вредных газов.

В связи с этим сварку стали СтЗсп будем производить в смеси аргона с углекислым газом, в соотношении Ar:CO₂ (80:20)% (Corgon-20).

2.3.2 Выбор сварочной проволоки

Выбор сварочных материалов при сварке углеродистых и низколегированных сталей обусловлен обеспечением стойкости металла шва к образованию горячих и холодных трещин и требованиями к механическим и эксплуатационным свойствам металла шва.

Характеристика сварочной проволоки

Сварочную проволоку при сварке в смеси защитных газов выбирают по принципу, чтобы проволока содержала пониженное количество углерода и повышенное содержание раскислительных элементов (марганец, кремний). Но главное, чтобы проволока по химическому составу максимально совпадала с химическим составом основного металла.

Для сварки рабочего колеса вентилятора из стали стЗсп выбираем проволоку Св – 08Г2С. Химический состав низкоуглеродистой проволоки св-08Г2С по ГОСТ 2246-70 приведен в таблице 1.4 [12].

Таблица 1.4 - Химический состав проволоки Св-08Г2С

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Сера	Фосфор
---------	---------	----------	------	--------	------	--------

					ДП 440304.235 ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата			27

от 0,5 до 0,11	от 0,7 до 0,95	от 1,80 до 2,95	до 0,12	Не более 0,25	Не более 0,025	Не более 0,03
-------------------	-------------------	-----------------	---------	------------------	-------------------	------------------

Данная проволока, благодаря своим высоким сварочно-технологическим свойствам обеспечивает надежность соединения. Применяется проволока Св-08Г2С для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей. Диаметр проволоки варьируется 0,8 – 8,0 мм.

2.4 Расчет режимов сварки

Нам следует рассчитать режимы сварки рабочего колеса вентилятора. Для данного изделия мы будем проводить сварку следующих соединений:

- тавровое соединение сварки лопаток вентилятора с кольцом и задним диском;
- угловое соединение сварки корпуса с кольцом.

2.4.1 Расчет режима сварки таврового соединения

Требуется рассчитать следующие параметры режимов сварки:

- 1) диаметр электродной проволоки $d_{э.п.}$;
- 2) скорость сварки $V_{св.}$;
- 3) скорость подачи электродной проволоки $V_{э.п.}$
- 4) сварочный ток $I_{св.}$;
- 5) напряжение на сварочной дуге $U_{д.}$

Сведения о типе соединения, шве и форме подготовки кромок будем брать по ГОСТ 14771-76, дуговая сварка в защитном газе, соединения сварные, основные типы, конструктивные элементы и размеры. А именно фрагмент из ГОСТ 14771-76 тавровое одностороннее соединение без скоса кромок (Т1), представлен на рисунке 1.6. [13]

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		28

Размеры, мм

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	b	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			Номин.	Пред. откл.
Т1			ИИп, ИП, УП	0,8 - 3,0	0	+ 0,5
				3,2 - 5,5		+ 1,0
Т3				6,0 - 20,0		+ 1,5
				22,0 - 40,0		+ 2,0

Рисунок 1.6 - Фрагмент ГОСТ 14771-76

Рассчитаем площадь наплавленного металла, имея следующие данные:

где S – это толщина металла, $S = 4\text{мм}$;

b – зазор, $b = 0 + 1,0\text{мм}$;

k – катет шва, $k = 4\text{мм}$.

Расчет проведён по следующей формуле:

$$F_H = 0,5k^2 + 1,05k \quad (1.3)$$

$$F_H = 0,5 * 4^2 + 1,05 * 4 = 12,2, \text{ мм}^2$$

Теперь имея значение площади наплавленного металла, можем рассчитать режимы сварки. [14]

Найдём диаметр электродной проволоки по следующей формуле:

$$d_{э.п.} = k_d * F_H^{0,625} \quad (1.4)$$

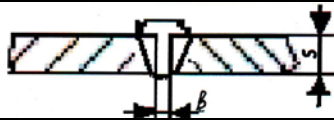

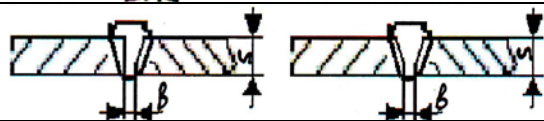
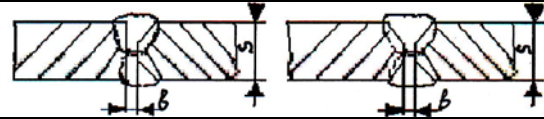
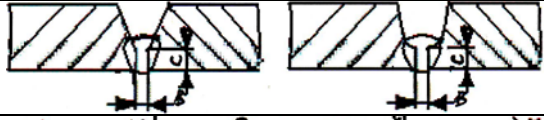
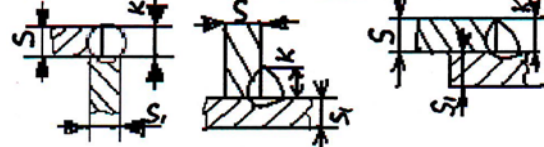
где k_d – коэффициент выбираем в зависимости от положения шва и способа сварки по уровню автоматизации, равен 0,25. [14]

$$d_{э.п.} = 0,25 * 12,2^{0,625} = 1,19 \text{ мм},$$

Принимаем величину диаметра электродной проволоки равной 1 мм.

Рассчитаем глубину проплавления h_p , подобрав формулу по таблице 1.5:

Таблица 1.5 - Определение расчетной глубины проплавления при механизированной и автоматической сварке

Вариант	Эскиз шва и формы подготовки кромок	Формула для определения расчетной глубины проплавления
1		$h_p = S - 0,5b$
2		$h_p = 0,6S - 0,5b$
3		$h_p = 0,7S - 0,5b$
4		$h_p = 0,35S - 0,5b$
5		$h_p = C - 0,5b$
6		$h_p = (0,7...1,1)K,$ $K \leq 1,2S$

$$h_p = (0,7 \dots 1,1)S, \quad (1.5)$$

$$h_p = 0,85 * 4 = 3,4 \text{ мм.}$$

Следующим можем рассчитать сварочный ток по формуле:

$$I_{св} = \frac{h_p}{k_h} * 100 \quad (1.6)$$

где значение K_h принимаем = 2,1 по таблице, фрагмент которой приведён в таблице 1.6. [6]

Таблица 1.6 - Фрагмент таблицы значений k_h в зависимости от условий проведения сварки

Марка флюса или защитный газ	Диаметр электродной проволоки	k_h , мм/100 А		
		Переменный ток	Постоянный ток	
			Прямая полярность	Обратная полярность
АН-348А	5	0,95	0,85	1,05
	6	0,90	-	-
Углекислый газ	1,2	-	-	2,10
	1,6	-	-	1,75
	2,0	-	-	1,55
	3,0	-	-	1,45
	4,0	-	-	1,35
	5,0	-	-	1,20

$$I_{св} = \frac{3,4}{2,1} * 100 = 161 \pm 5 \text{ А}$$

При сварке в смеси защитных газов величина коэффициента наплавки может отличаться от величины коэффициента расплавления, в связи с потерями электродного металла. Следует найти коэффициент расплавления α_p :

$$\alpha_p = 1,21 * J_{св}^{(0,32)} * L_{э}^{(0,38)} * d_{э.п.}^{(-0,64)} \quad (1.7)$$

где $L_{э}$ – это длина вылета электрода, которую можно вычислить по следующей формуле:

$$L_{э} = 10 * d_{э.п.} = 10 * 1 = 10 \text{ мм} \quad (1.8)$$

Теперь имея все значения, можно рассчитать формулу 1.7:

$$\alpha_p = 1,21 * 161^{(0,32)} * 10^{(0,38)} * 1^{(-0,64)} = 1,21 * 5,08 * 2,39 * 1 = 14,69 \text{ г/Ач}$$

Затем рассчитаем величину коэффициента наплавки:

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		31

$$\alpha_H = \alpha_p * \frac{100 - \varphi}{100} \quad (1.9)$$

$$\alpha_H = 14,69 * \frac{100 - 3,2}{100} = 14,2 \text{ г/Ач}$$

где φ – коэффициент потерь, равный 3,2% [16].

Следующий пункт расчета - скорость сварки по данной формуле:

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H * I_{CB}}{3600 * \rho * F_H} \quad (1.10)$$

$$V_{CB} = \frac{14,2 * 161}{3600 * 7,8 * 0,12} = 0,68 \text{ см/с} = 24,48 \text{ м/ч},$$

где ρ - это постоянная величина, равна 7,8.

Рассчитаем напряжение на дуге по следующей формуле:

$$U_D = 14 + 0,05 * I_{CB} \quad (1.11)$$

$$U_D = 14 + 0,05 * 161 = 22,05 \pm 5 \text{ В}$$

Осталось произвести расчет скорость подачи электродной проволоки:

$$V_{Э.п.} = \frac{F_H * V_{CB} * (1 + \varphi_p)}{F_{Э.п.}}, \quad (1.12)$$

где $F_{Э.п.}$ – площадь сечения электродной проволоки.

Преобразуем формулу и получим следующий вид:

$$V_{Э.п.} = \frac{4 * F_H * V_{CB} * (1 + \varphi_p)}{\pi * d_{Э.п.}^2}$$

					ДП 440304.235 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		32

$$V_{\text{э.п.}} = \frac{4 \cdot 12,2 \cdot 0,68 \cdot (1+0,03)}{3,14 \cdot 1^2} = 10,8 \text{ см/с} = 388 \text{ м/ч}$$

Рассчитаем расход газа:

$$q = 0.0033 \cdot I_{\text{св}}^{0.75} \quad (1.13)$$

$$q = 0.0033 \cdot 161^{0.75} = 15 \text{ л/мин}$$

Мы произвели расчет режимов сварки для таврового соединения. Сведем все данные в таблицу 1.7.

Таблица 1.7 - Режимы сварки таврового соединения

q	I _{св}	d _{э.п.}	φ _н	φ _р	V _{э.п.}	V _{св}	L _э	U _д
л/мин	А	мм	г/Ач	г/Ач	м/ч	м/ч	мм	В
15	161±5	1	14,2	14,6	388	24,4	10	22±5

2.4.1 Расчет режимов сварки для углового соединения

Требуется рассчитать следующие параметры режимов сварки:

- 1) диаметр электродной проволоки d_{э.п.};
- 2) скорость сварки V_{св.};
- 3) скорость подачи электродной проволоки V_{э.п.}
- 4) сварочный ток I_{св.};
- 5) напряжение на сварочной дуге U_{д.}

Сведения о соединении будем брать по ГОСТ 23518-79, дуговая сварка в защитных газах, соединения сварные под острыми и тупыми углами, основные типы, конструктивные элементы и размеры. Фрагмент ГОСТ 23518-79 соединение У1 продемонстрирован на рисунке 1.7. [15].



Конструктивные элементы		Способ сварки	S	e , не более					
подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			β , град					
				179-160	159-136	135-91	89-61	60-46	45-5
		ИН	От 0,5 до 1,0	$S + 5$	$S + 6$	$S + 6$	$S + 4$	1,75 $S + b$	$2S + b$
			Св. 1,0 до 2,0						

Рисунок 1.7 - Фрагмент соединения У1 по ГОСТ 23518-79

где S – толщина металла, $S = 2\text{мм}$;

β – угол наклона пластины, $\beta = 135^\circ$;

b – расстояние между свариваемыми пластинами, $b = 0 + 0,5\text{мм}$;

g – высота шва, $g = 1,0 + 0,5\text{мм}$;

e – ширина шва, $e = S + 6 = 8\text{мм}$,

c – притупление кромок, $c = 0\text{мм}$.

Эскиз площади наплавленного металла приведён на рисунке 1.8.

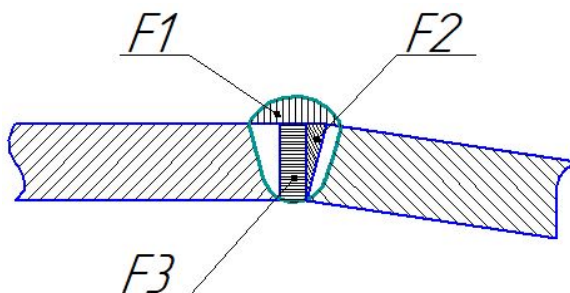


Рисунок 1.8 - Эскиз площади наплавленного металла соединения У1 по ГОСТ 23518-79

					ДП 440304.235 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		34

Рассчитаем площадь наплавленного металла по следующей формуле:

$$F_H = F_1 + F_2 + F_3 \quad (1.14)$$

Значения F_1 , F_2 и F_3 найдем по формулам:

$$F_1 = 0,73 * e * g \quad (1.15)$$

$$F_1 = 0,73 * 8 * 1 = 5,84 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = \frac{f^2}{2} * tg50^\circ \quad (1.16)$$

где $f = S - c = 2 - 0 = 2$

$$F_2 = \frac{2^2}{2} * 1,2 = 2,4 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = b * S \quad (1.17)$$

$$F_3 = 0,5 * 2 = 1 \text{ мм}^2$$

Подставляем значения в формулу (1.14):

$$F_H = 5,84 + 2,4 + 1 = 9,24 \text{ мм}^2$$

Имея величину площади наплавленного металла, можем приступить к расчетам режимов сварки. Начнем с определения диаметра электрода:

$$d_{\text{э.п.}} = k_d * F_H^{0,625} \quad (1.18)$$

где k_d – коэффициент равный 0,25. [14]

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		35

$$d_{э.п.} = 0,25 * 9,24^{0,625} = 0,25 * 4,0137 = 1,0025,$$

$d_{э.п.}$ – принимаем равным 1 мм

Для расчета глубины проплавления применяем формулу №3 из таблицы 1.6, т.к. между свариваемыми пластинами имеется небольшой угол наклона. Рассчитаем глубину проплавления по формуле:

$$h_p = 0,7S - 0,5b \quad (1.19)$$

$$h_p = 0,7 * 2 - 0,5 * 0 = 1,4 \text{ мм}$$

Рассчитаем сварочный ток по следующей формуле:

$$I_{св} = \frac{h_p}{k_h} * 100 \quad (1.20)$$

Определить k_h можем с помощью таблицы, которая представлена на рисунке 2.7.

k_h - принимаем равным значению 2,1

Теперь можем рассчитать сварочный ток по формуле (1.20):

$$I_{св} = \frac{1,4}{2,1} * 100 = 66 \pm 5 \text{ А}$$

Затем рассчитаем величину коэффициента расплавления:

$$\alpha_p = 1,21 * I_{св}^{(0,32)} * L_э^{(0,38)} * d^{(-0,64)} \quad (1.21)$$

					ДП 440304.235 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		36

$$L_3 = 10 * d_{э.п.} = 10 * 1 = 10 \text{ мм}$$

$$\alpha_p = 1,21 * 66^{(0,32)} * 20^{(0,38)} * 1^{(-0,64)} = 1,21 * 3,8 * 3,1 * 0,64 = 14,25 \text{ г/Ач}$$

Рассчитаем коэффициент наплавки:

$$\alpha_H = \alpha_p * \frac{100 - \varphi}{100} \quad (1.22)$$

$$\alpha_H = 14,25 * \frac{100 - 3,2}{100} = 13,8 \text{ г/Ач}$$

Скорость сварки найдём по следующей формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_H * I_{св}}{3600 * \rho * F_H} \quad (1.23)$$

где ρ – это постоянная величина равная 7,8

$$V_{св} = \frac{13,8 * 66}{3600 * 7,8 * 0,09} = 0,36 \text{ см/с} = 12,9 \text{ м/ч}$$

Рассчитаем напряжение на дуге по формуле:

$$U_d = 14 + 0,05 * I_{св} \quad (1.24)$$

$$U_d = 14 + 0,05 * 66 = 17,3 \pm 5 \text{ В}$$

Теперь можем рассчитать скорость подачи электродной проволоки:

$$V_{э.п.} = \frac{4 * F_H * V_{св} * (1 + \varphi_p)}{\pi * d_{э.п.}^2} \quad (1.25)$$

$$V_{э.п.} = \frac{4 * 9,24 * 0,36 * (1 + 0,03)}{3,14 * 1^2} = 4,36 \text{ см/с} = 156,9 \text{ м/ч}$$

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		37

Рассчитаем расход газа:

$$q = 0.0033 * I_{\text{СВ}}^{0.75} \quad (1.26)$$

$$q = 0.0033 * 66^{0.75} = 8 \text{ л/мин}$$

Мы произвели расчет режимов сварки, сведём все значения в таблицу 1.8.

Таблица 1.8. - Режимы сварки для углового соединения

q	I _{СВ}	d _{э.п.}	φ _н	φ _р	V _{э.п.}	V _{СВ}	L _э	U _д
л/мин	А	мм	г/Ач	г/Ач	м/ч	м/ч	мм	В
8	66	1	13,8	14,35	156,9	12,9	10	17,3

3 Выбор оборудования

3.1 Оборудование для заготовительных операций

3.1.1 Установка плазменной резки Jantar

Установка плазменной резки Jantar может оснащаться плазменными и кислородными системами резки. Дополнительно ее функциональность может быть повышена применением широкого спектра опционального оборудования (плазменная маркировка и маркировка высечкой, сверление и обработка труб и профилей. Установка представлена на рисунке 1.9.

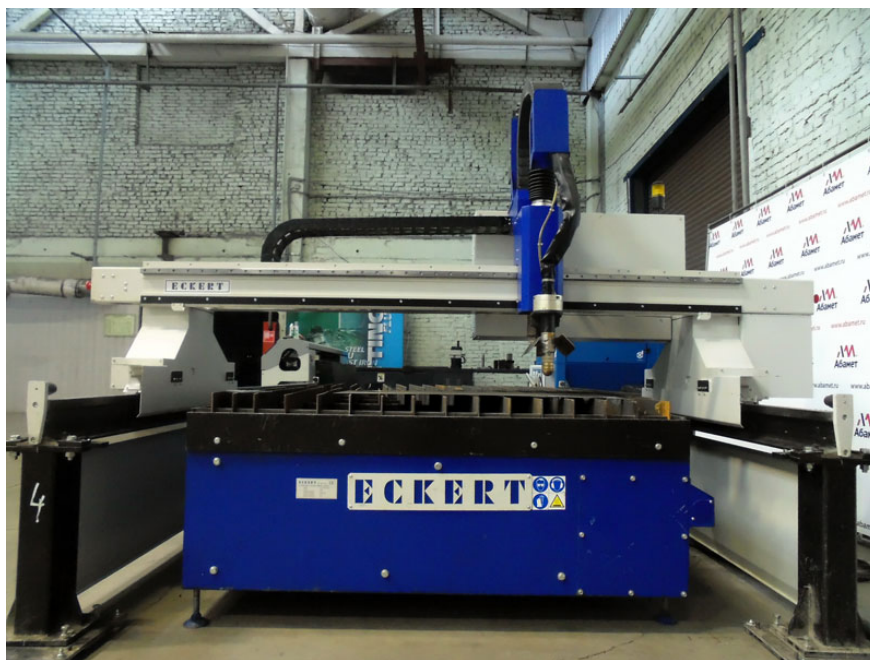


Рисунок 1.9 - Установка плазменной резки Jantar

Особенности:

- Высокая динамичная 2D точная обработка листов, труб и профилей;
- Возможность обработки листов толщиной от 0,5 мм до 100 мм;
- Расширенная база предустановленных параметров резки;
- Неограниченные возможности увеличения длины рабочей зоны;

Технические данные установки приведены в таблице 1.9.

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		39

Таблица 1.9 - Технические данные плазменной установки Jantar

Модель	Jantar
Приводы	Сервоприводы АС
Скорость позиционирования	25000 мм/мин
Толщина реза	До 100 мм
Качество реза	DIN-EN ISO 9013
Точность позиционирования	DIN-EN 28206
Высота рабочего стола	740-760 мм

3.1.2 Источник для плазменной резки Hypertherm Powermax 85

Hypertherm Powermax 85 сочетает в себе последние технологические разработки Источник: mossklad.ru и серию из 4-х дополнительных резаков Duramax, работающих с током до 85 А. Контрольная панель с ЖК-дисплеем обеспечивает Источник: mossklad.ru простоту и удобство в использовании аппарата. Источник представлен на рисунке 1.10.



Рисунок 1.10 - Источник для плазменной резки Hypertherm Powermax 85

Технические характеристики источника приведены в таблице 1.10.

Таблица 1.10 – Технические характеристики источника для плазменной резки Hypertherm Powermax 85

Производитель	Hypertherm
Страна-производитель	США
Толщина металла	До 38 мм
Рабочий цикл при полной нагрузке	60%
Выходной ток	25-85 А

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		40

Окончание таблицы 1.10

Габариты	
Длина	500 мм
Ширина	234 мм
Высота	455 мм
Вес	28 кг

3.1.3 Угловая шлифмашина Bosch GWS 26-230 JBV

Описываемая болгарка предназначена для выполнения сложных работ по резке и по шлифованию. Она отлично подходит для решения задач, связанных с такими материалами, как бетон, кирпич и металл. Шлифовальная машинка представлена на рисунке 1.11.



Рисунок 1.11 - Угловая шлифмашина Bosch GWS 26-230 JBV

С техническими характеристиками можно ознакомиться в таблице 1.11.

Таблица 1.11 - Технические характеристики углошлифовальной машинки BoschGWS26-230 JBV

Технические характеристики	Показатель
Номинальная потребляемая мощность, Ватт	2.600
Число оборотов при холостом ходе, мин-1	6.500
Резьба шлифовального шпинделя	M 14
Диаметр круга, мм	230

3.2 Сборочное приспособление

3.2.1 Двухосевой позиционер MT1-500 S2HD «Yaskawa»

Позиционер MT1-500 S2HD, предназначен для заготовок, требующих вращение двух осей: горизонтальной и вертикальной. Высокая свобода позиционирования и жесткость конструкции, значительно расширяют технологические возможности заказчика при позиционировании изделия в удобное для сварки положение. Основное применение позиционеров MT1, это универсальная обработка как легких, так и тяжелых деталей. Позиционер представлен на рисунке 1.12.

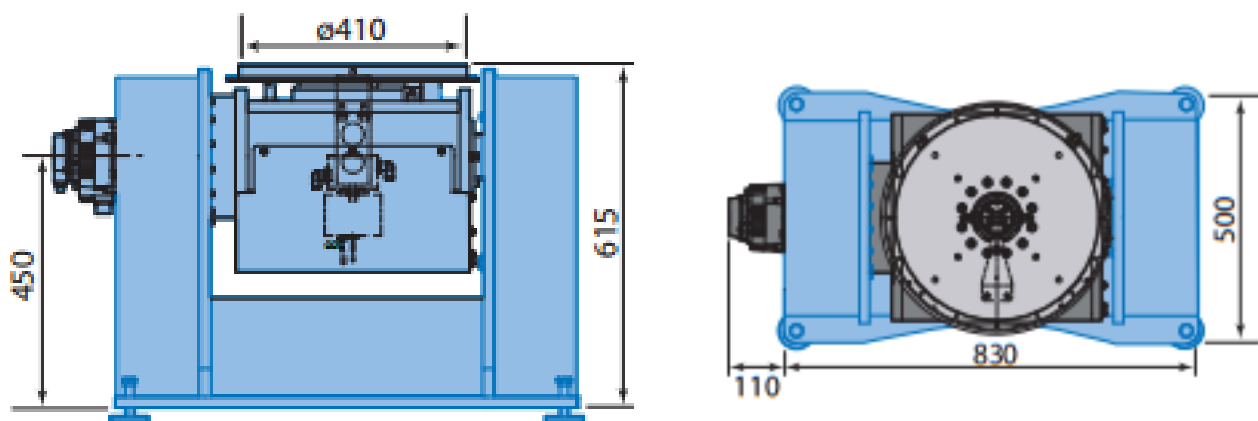


Рисунок 1.12 - Эскиз двухосевого позиционера MT1-500 S2HD «Yaskawa»

С техническими характеристиками позиционера MT1-500 S2HD «Yaskawa», можно ознакомиться по таблице 1.12.

Таблица 1.12 - Двухосевой позиционер MT1-500 S2HD «Yaskawa»

№ п.п.	Параметр	Значение
1	Максимальная грузоподъемность, кг	500
2	Вращающий момент, динамический x-ось	1612 Н·м.
3	Вращающий момент, статический	1330 Н·м.
4	Радиальная скорость	0-10.6 мин ⁻¹
5	Максимальная скорость	23.4 мин ⁻¹
6	Вращающий момент, динамический y-ось	907 Н·м.
7	Вращающий момент, статический	726 Н·м.

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		42

Окончание таблицы 1.12

1	2	3
8	Радиальная скорость	0-11.3 мин ⁻¹
9	Максимальная скорость	30 мин ⁻¹
10	Высота до оси вращения, максимальный радиус детали (H)	450 мм.

3.2.2 Приспособление для сборки рабочего колеса

Данное приспособление обеспечивает фиксацию металлоконструкции и дает возможность без проблем проставить прихватки. Приспособление можно рассмотреть на рисунке 1.13.

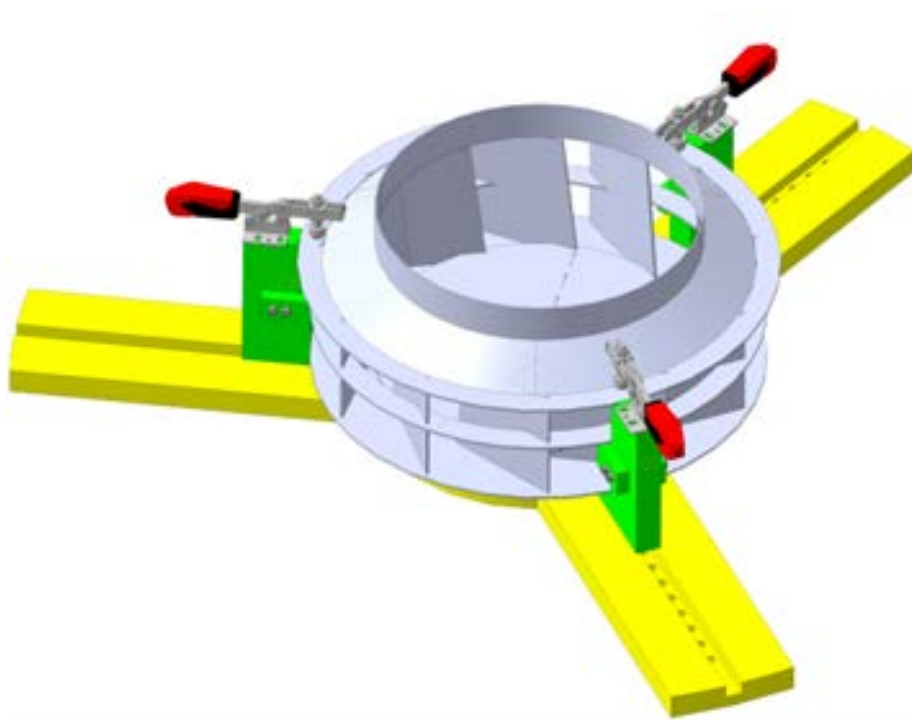


Рисунок 1.13 - Приспособление для сборки рабочего колеса вентилятора

3.3 Сварочное оборудование

3.3.1 Сварочный робот МА 1440 «Yaskawa»

МОТОМАНМА – шестиосевой манипулятор, разработанный специально для достижения наилучших результатов сварки в труднодоступных местах и повышенных требований к качеству сварных швов.

Повышенная полезная нагрузка 6 кг, система подачи проволоки, максимальный рабочий диапазон 1440 мм и встроенный шланговый пакет значительно расширяют технические возможности всего комплекса. Сварочная горелка располагается на одной оси с рукой робота, что позволяет избежать столкновений с заготовкой и другими роботами, обеспечивает большую доступность, снижает нагрузки на изгиб и вращение. Сварочный робот представлен на рисунке 1.14.



Рисунок 1.14 - Сварочный робот МА 1440 «Yaskawa»

Ключевые преимущества робота:

- Полное запястье и расширенный диаметр (от 42 до 50 мм);

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		44

- Высокая скорость;
- По сравнению с другими моделями своего класса, имеет удвоенную нагрузку;
- Промышленный дизайн рукоятки предотвращает проникновение брызг и делает обслуживание легким.

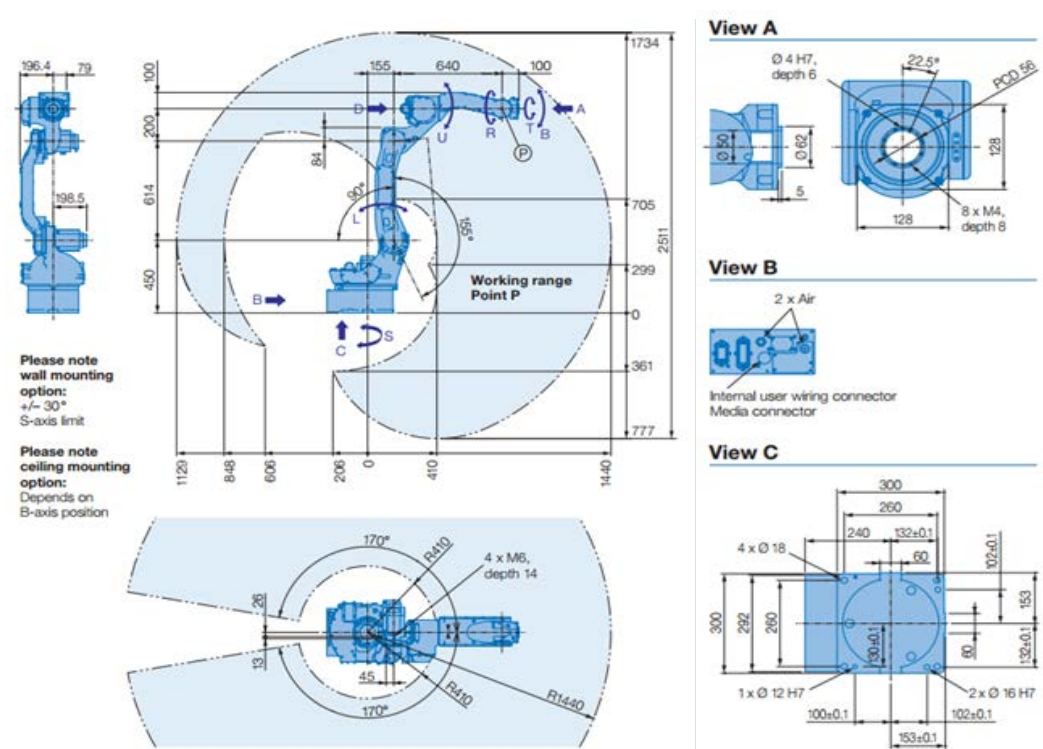


Рисунок 1.15 - Эскизы рабочего робота

Технические характеристики сварочного робота MA 1440 «YASKAWA» приведены в таблице 1.13

Таблица 1.13 - Технические характеристики сварочного робота "YASKAWA"

Типы робота MA1440	Радиус действия 1440 мм.	Максимальная грузоподъемность на запястье 6 кг.
Количество осей	6	
Защита	IP67	
Расположение	Напольное и перевернутое	

Окончание таблицы 1.13



ХАРАКТЕРИСТИКИ

Погрешность позиционирования		0,08 мм	
Движение осей	Угол поворота	Ось	Макс. скорость
Ось 1	+170° до -170°	Ось 1	230 в сек.
Ось 2	+155° до -90°	Ось 2	200 в сек.
Ось 3	+240° до -175°	Ось 3	230 в сек.
Ось 4	+150° до -150°	Ось 4	430 в сек.
Ось 5	+90° до -135°	Ось 5	430 в сек.
Ось 6	+210° до -210°	Ось 6	630 в сек.
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ			
Напряжение питания		200—600 В, 50/60 Гц.	
Потребляемая мощность		ISO-Cube при максимальной скорости 0,57 кВт.	
ВНЕШНИЕ ПАРАМЕТРЫ			
Вес		280 кг.	
РАБОЧАЯ СРЕДА			
Внешняя температура при работе		от 0 до +45 °С.	
Внешняя температура при транспортировке и хранении		от -25 до +55 °С.	
На короткие периоды		(не более 24 ч) до +70 °С.	
Относительная влажность		не более 95 %.	
Уровень шума		не более 73 дБ.	
Безопасность		Двухканальный контур безопасности управления, функция аварийных остановки и защиты; трёхпозиционное устройство активации	
Излучение		ЭМС/ЭМП — экранирование	

3.3.2 Контроллер управления DX200 «Yaskawa»

Новое поколение контроллеров Yaskawa DX200 имеет архитектуру промышленных PC и системный уровень управления роботизированными комплексами. Используются запатентованная технология одновременного управления несколькими роботами, устройствами ввода/вывода и поддерживает различные

						Лист
						46
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ДП 440304.235 ПЗ	

коммуникационные протоколы. Контроллер DX200 обеспечивает встроенную релейную логику, включая 4096 адресов ввода/вывода, поддержку основных протоколов сетевых шин, подключение высокоскоростного E-сервера и I/F панелей (IO), который отображает данные HMI на пульте. Это позволяет исключить необходимость применения отдельного контроллера PLC и панели визуализации HMI, что обеспечивает значительную экономию на системном уровне, снижает сложность аппаратной части РТК и повышает общую надежность. Динамические зоны помех защищают робота и обеспечивают расширенные возможности для предотвращения столкновений.



Рисунок 1.16 - контроллер YaskawaDX200

Система управления AdvancedRobotMotion (ARM) обеспечивает высокую производительность, лучшее в своем классе планирование пути и резко снижает время на обучение. Она поддерживает координированное движение несколькими роботами или другими устройствами. Небольшой и легкий пульт программирования

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

ния, на базе WindowsCE, имеет цветной сенсорный многооконный экран. Инструменты программирования были разработаны для использования минимального количества нажатия клавиш и способствуют созданию новых функциональных подпрограмм и более чем 120 функций. Кроме того, новый контроллер позволяет экономить потребление энергии на 38%-70% в зависимости от задачи и типоразмерами работа.

Технические характеристики вынесены в таблицу 1.14.

Таблица 1.14 - Технические характеристики контроллера Yaskawa DX200

Параметр	Значение
Операционная система	WindowsCE
Размеры, мм	800(W) x 1000(H) x 650(D)
Класс защиты	IP54
Вес, кг	Прибл. 180 кг
Система охлаждения	Непринудительное охлаждение
Напряжение питания	3 x 400/415/440 В 50/60 Гц
Программная память	200 тыс. шагов, 10.000 инст-й и 15 тыс. прог. PLC
Интерфейс	Ethernet

3.3.3 Сварочный источник Phoenix 352 puls «EWM»

Описание сварочного источника Phoenix 352 puls «EWM»:

- Мультипроцессный аппарат для импульсной сварки MIG/MAG с устройством управления на передней панели.
- Очень большие резервы мощности позволяют применять длинные промежуточные пакеты шлангов: 70 мм² до 30 м 95 мм² до 40 м.
- Последовательные интерфейсы автоматизации (Старт/Стоп, управляющее напряжение, ток).
- Опциональные интерфейсы RINT X12, интерфейс промышленной шины BUSINT X11, интерфейс для документации PCINT X10 (+ программное обеспечение QDOC 9000 V2.0), а также система контроля и ведения документации WELDQAS.

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		48

- Параметры, управляемые через интерфейсы: 256 сварочных заданий (JOBS) с 16 программами в программном режиме, а также скорость подачи проволоки, корректировка длины сварочной дуги и динамики сварочной дуги при помощи управляющего напряжения.
- Возможна настройка с помощью программы PC300.NET через ПК или через планшетный компьютер RC300.
- Оптимизировано для автоматизированных работ: Уникальная цифровая система второго поколения для достижения воспроизводимых результатов сварки наивысшего качества, простая интеграция в автоматизированные системы.
- Модульный, пригодный для перемещения при помощи крана, штабелируемый.
- С газовым охлаждением, с опциональным модулем охлаждения, также с водяным охлаждением.
- Автоматизированное и механизированное применение в машиностроении, автомобилестроении, производстве транспортных средств, емкостей, аппаратов и в кораблестроении.

Сварочный источник изображен на рисунке 1.17.

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		49



Рисунок 1.17 - Сварочный источник Phoenix 352 puls «EWM»

Технические характеристики представлены в таблице 1.15.

Таблица 1.15 - Технические характеристики сварочного источника Phoenix 352 puls «EWM»

Phoenix 352 pulsExpert 2.0						
	MIG/MAG		TIG		Ручная сварка	
Диапазон регулирования сварочного тока	5 А - 350 А		5 А - 350 А		5 А - 350 А	
Максимальный сварочный ток при температуре окружающей среды (ПВ 100%)	25 °С	40 °С	25 °С	40 °С	25 °С	40 °С
	350 А	350 А	350 А	350 А	350 А	350 А
Напряжение холостого хода	80 В					
Частота сети	50 Гц / 60 Гц					
Сетевой предохранитель (инерционный)	3 x 25 А					
Сетевое напряжение (допуски)	3 x 400 В (-25 % - +20 %)					
Макс. потребляемая мощность	13,9 кВА		10,6 кВА		15 кВА	
Рекомендованная мощность генератора	20,3 кВА					
Габариты аппарата (ДxШxВ) в миллиметрах	780 x 375 x 625					
Вес аппарата	78,5 кг					

3.3.4 Механизм подачи проволоки M drive 4 Rob 3 LI «EWM»

Описание механизма подачи проволоки M drive 4 Rob 3 LI «EWM»:

- Устройство подачи проволоки для роботизированной сварки MIG/MAG, легкое исполнение;
- Возможность открытия слева и справа;
- Исполнение с левым открытием для эксплуатации на всех роботах с полыми валами, обратить внимание на специальные монтажные консоли роботов;
- Серийное 19-контактное гнездо подключения для обмена сигналами, например, для защиты от столкновений;
- Воспроизводимая скорость подачи проволоки благодаря полностью цифровому регулированию с цифровым инкрементным датчиком, регулируется с шагом 0,1 м/мин;
- 4-роликовый привод в металлическом исполнении с большими роликами (37 мм), оснащен на заводе для стальной проволоки 1,0/1,2 мм;
- Отдельные клавиши на передней панели для отвода проволоки, заправки проволоки и проверки газа;
- Замена роликов без использования инструментов, невыпадающие винты;
- Чрезвычайно легкий для систем с газовым охлаждением, опциональная модернизация для систем с водяным охлаждением;
- Имеется окно обзора для проверки узла подачи проволоки;
- Компактный аппарат для простого монтажа на работе;
- Высокая надежность процесса благодаря управлению, регулированию и контролю всех параметров процесса центральной цифровой системой шин;
- Светодиодный индикатор статуса процесса;
- Подача проволоки и ввод воды через быстродействующую соединительную муфту;

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		51

- Монтажный щиток с устройством для разгрузки натяжения для крепления на работе (опция).

Эскиз механизма подачи представлен на рисунке 1.18.



Рисунок 1.18 - Механизм подачи проволоки M drive 4 Rob 3 LI «EWM»

Технические характеристики представлены в таблице 1.16.

Таблица 1.16 - Технические характеристики механизма подачи проволоки M drive 4 Rob 3 LI «EWM»

Скорость подачи проволоки	от 0,5 м/мин. до 24 м/мин.
Диаметр ролика	37 мм.
Габариты устройства подачи проволоки (ДхШхВ) в мм	345х230х250.
Масса устройства подачи проволоки	6,5 кг.

3.3.5 Блок водяного охлаждения cool82 U44 «EWM»

Описание блока водяного охлаждения cool82 U44 «EWM»:

- Эффективный модуль охлаждения с центробежным насосом.
- Усиленное исполнение.
- Чрезвычайно надежный металлический корпус.
- Подключение линии жидкости охлаждения сзади.

- Мощный насос, датчик давления, насос и вентилятор с терморегуляцией.
- Усиленный центробежный насос и высокая холодопроизводительность. Рекомендуется, например, для шлангов длиной свыше 15 м.

Блок водяного охлаждения cool82 U44 можно рассмотреть на рисунке 1.19.



Рисунок 1.19 - Блок водяного охлаждения cool82 U44

С техническими характеристиками можно ознакомиться по таблице 1.17.

Таблица 1.17 – Технические характеристики блока водяного охлаждения cool82 U44 «EWM»

Холодопроизводительность	1600 W
Производительность	5 л/мин
Емкость бака	7 л
Выходное давление жидкости охлаждения	4,5 бар
Габариты модуля охлаждения в мм	650x370x250
Масса модуля охлаждения	27,5 кг.

3.3.6 Сварочная горелка RM 42W «ТВі»

Сварочная горелка RM42W, предназначена для роботизированной MIG/MAG сварки. Обеспечивает стабильный и надежный переход тока, и, как

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		53

следствие, постоянно высокое качество сварного шва. Водяное охлаждение обеспечивает стабильность параметров при максимальных токах и 100% продолжительности включения. Диаметр используемой проволоки 0,8 – 1,6 мм. Сварочная горелка изображена на рисунке 1.20.



Рисунок 1.20 - Сварочная горелка RM42W

Характеристики сварочной горелки RM42W:

- Максимальный сварочный ток: $Mix = 350 \text{ A} / 100 \%$; $CO_2 = 420 \text{ A} / 100 \%$;
- Диаметр используемой проволоки: 0,8 – 1,6 мм.

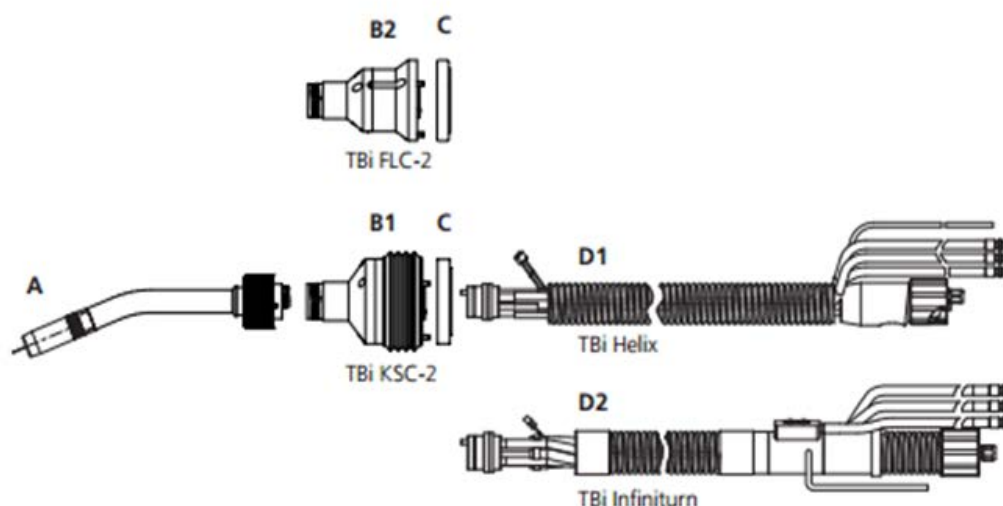


Рисунок 1.21 - Варианты подключения сварочной горелки

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 440304.235 ПЗ

Лист

54

3.3.7 Станция автоматической очистки сварочной горелки «ТВі»

Станция обслуживания горелки обеспечивает очистку горелки, смазку поверхности горелки специальным составом от прилипания сварочных брызг, обрезку проволоки. Для работы оператору достаточно указать в параметрах станции, с какой периодичностью необходимо производить обслуживание горелки. Или возможно обслуживание горелки по нажатию на сервисную кнопку пульта управления. Станция очистки горелок ТВі BRG-2 оснащена закрытым распылительным устройством. Антипригарное средство наносится на горелку, при этом значительно снижается расход антипригарного средства, а также предотвращается загрязнение роботизированного модуля.

Описание:

- Принцип работы – пневматический.
- Подача сжатого воздуха - сжатый воздух без масла, 6 бар.
- Сигнал управления - 24 V DC.
- Частота очистки - приблизит. 4-5 сек.
- Дозировка антипригарной жидкости – регулируемая.
- Контейнер с антипригарной жидкостью 500 мл.
- Режущая способность отсекателя проволоки - макс. 1,6 мм стальной проволоки.
- Вес - приблизительно 14 кг (без стойки).

Станция автоматической очистки сварочной горелки «ТВі» представлена на рисунке 1.22.

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		55



Рисунок 1.22 - Станция автоматической очистки сварочной горелки «ТВі»

3.3.8 Пульт управления комплексом «Yaskawa»

5,7" цветной дисплей
LCD Сенсорный экран
Операционная система
Windows

Кнопки операций
Старт/Стоп
Аварийная остановка

Курсор

Слот для карты памяти

Слот USB (обратная сторона)

Главные кнопки управления осями

Кнопки управления дополнительными осями

Пульт может быть индивидуально настроен для каждого применения

3 позиционный выключатель (обратная сторона, не виден)

Функция синхронизации нескольких роботов
Синхронизация в реальном времени до восьми роботов и внешних осей (максимум 72 оси)

- возможна работа Jigless систем
- возможно плотное расположение роботов
- уменьшение времени цикла

Передовая функция движения робота (ARM)
Динамическое вычисление моментов и нагрузок на оси

- высокая производительность и точность движения
- оптимизированные скорость и движения робота
- Контроль над вибрацией
- Высокочувствительное определение столкновений

Функциональный блок безопасности (FSU) Категория 3

- Несколько зон с мониторингом положения робота
- Ограничение скорости и остановка робота
- Мониторинг положения инструмента и проверка угла

Интерфейсы коммуникации
Встроенный Ethernet, серверы ftp, opc и поддержка сетей 15 наиболее часто используемых брендов на рынке

- Легкое подключение к внешней сети
- Удаленное слежение и диагностика системы

Основные характеристики

- Мультизадачность
- Внутренний SPS
- Высокая производительность промышленного компьютера
- Загрузка максимум 50 сек.
- MTTR (Среднее время ремонта): < 10 мин
- Автоматическая калибровка
- Пакет специальных функций - более 120 функций для широкого спектра задач

Рисунок 1.23 - Пульт управления комплексом «Yaskawa»

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

Технические характеристики пульта управления представлены в таблице 1.18.

Таблица 1.18 - Пульт управления комплексом «Yaskawa»

Параметр	Значение
Размеры, мм	169 (Д) x 314.5 (В) x 50 (Ш)
Сенсорный экран	"5.7" цветной LCD (640 x 480 пикселей)
Масса, кг	0.990
Системы координат робота	Декартовая / Цилиндрическая, Инструмента, Пользователя.
Измерение скорости	Изменение возможно во время работы и обучения.
Язык	Доступны наиболее распространенные языки.
Операционная система	Windows CE.
Интерфейс	Слоткарты Compact Flash, порт USB.

3.3.9 Программное обеспечение MotoSim EG-VRC «Yaskawa»

MotoSim® EG (MotomanSimulatorEnhancedGraphics) - это комплексный программный пакет, который позволяет проводить точное оффлайн 3D моделирование роботизированных ячеек. Программное обеспечение, может использоваться для оптимизации робота и размещения оборудования, а также для обнаружения столкновений, проработки доступности всех точек и расчетов цикла.

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		57

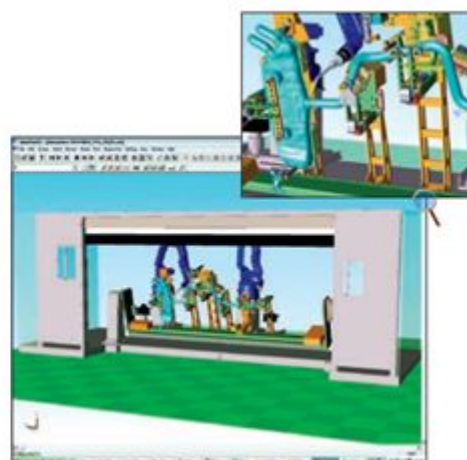
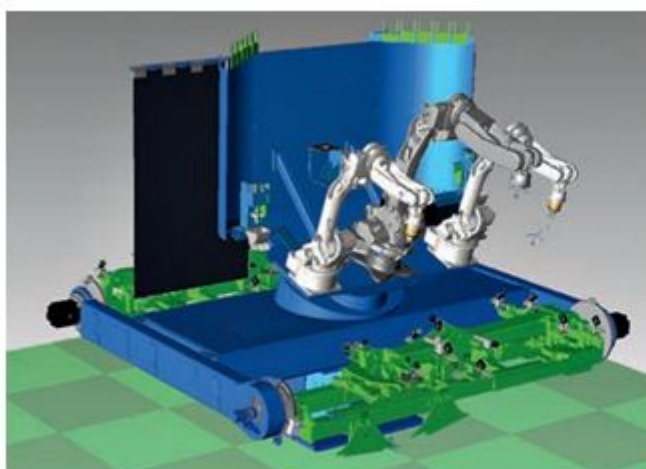
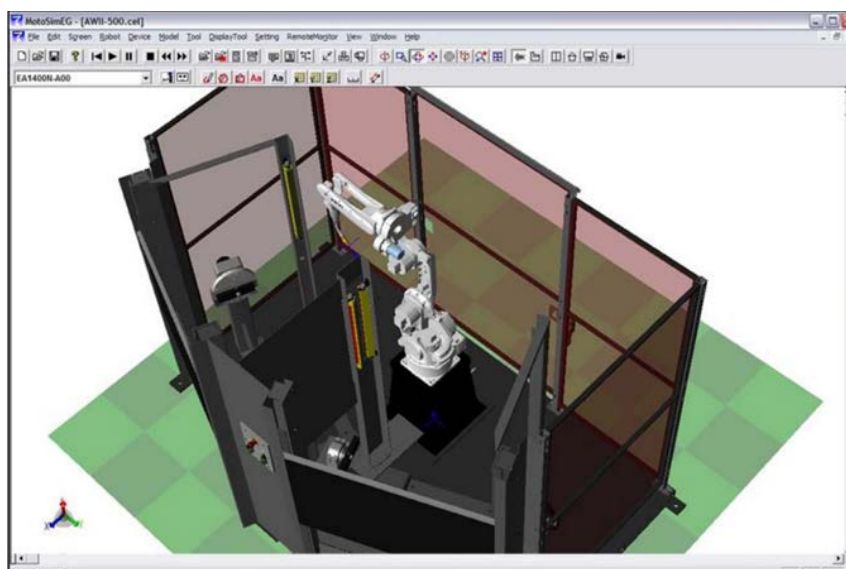


Рисунок 1.24 - Программное обеспечение MotoSim EG-VRC «Yaskawa»

3.3.10 Системы слежения «SeamFinding» и «COMARC»

Устройство поиска швов «SeamFinding» - поиск сварных швов с помощью ощупывания изделия перед сваркой сварочной проволокой и соплом горелки.

Момент контакта определяется при появлении электрического тока через сопло/проволоку, значение которого превышает определенный уровень чувствительности.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 440304.235 ПЗ

Лист

58

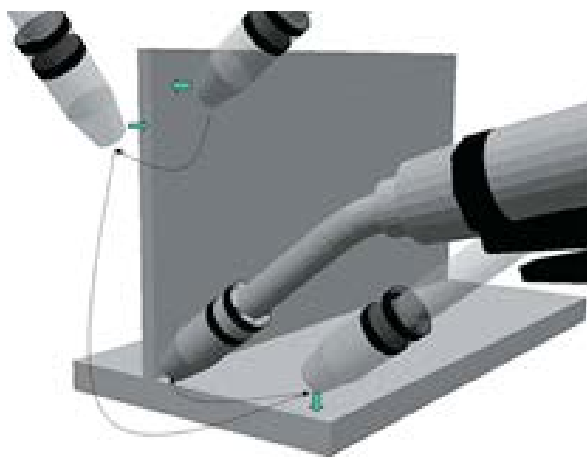


Рисунок 1.25 - Устройство поиска швов «SeamFinding»

Система отслеживания сварного шва «COMARC» - решение для отслеживания траекторий сварного шва за счет измерения данных о параметрах дуги во время сварки с поперечными колебаниями горелки. Данные о параметрах дуги система получает с собственных датчиков напряжения и тока для получения наилучших результатов сварки. Система COMARC снимает реальные данные о параметрах дуги со скоростью 25 000 раз в секунду, что в 25 раз быстрее, чем традиционные методы контроля. Базовыми функциями доступными в системе COMARC являются:

- Режим, при котором по результатам измерения тока дуги регулируется высота горелки над швом для поддержания определенной установки.
- Режим, при котором во время колебаний горелки измеряется импеданс (функция от тока и напряжения дуги) и система поддерживает его на уровне установки с помощью коррекции траектории. Также есть возможность внесения поправок для смещения положения шва ближе к одной или другой стенке.
- Режим, который используется при сварке за несколько проходов. При этом система запоминает траекторию первого (базового) прохода, а остальные проходы делает с помощью смещения этой траектории.

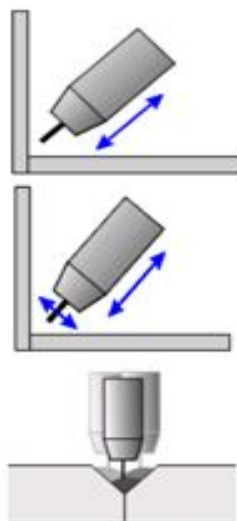


Рисунок 1.26 - Система отслеживания сварного шва «COMARC»

Расширенными дополнительными функциями, которые доступны в системе COMARC являются:

- Режим, используемый для коррекции траектории, при котором изменения параметров дуги, ведутся по одной стенке.
- Режим, позволяющий корректировать амплитуду и скорость колебаний в зависимости от величины зазора на стыке соединения деталей.

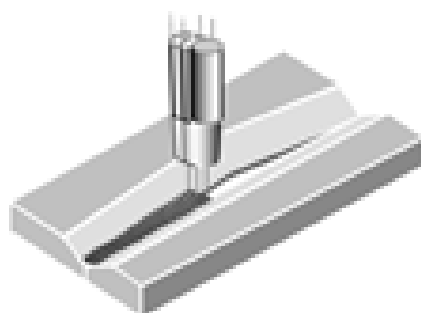


Рисунок 1.27 - Система отслеживания сварного шва «COMARC»

3.3.11 Защитные ограждения и система безопасности

Роботизированный комплекс оснащён комплексной системой безопасности, которая обеспечивает безопасную работу оператора и обслуживающего персонала предприятия. Система оснащена, защитными ограждениями на входе, лазерными

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		60

фотобарьерами, сервисной дверью с замками безопасности и сигнальной колонной в комплексе с интегрированной системой безопасности контроллера. Данная система, обеспечивает контроль за рабочей зоной, и в случае если периметр безопасности будет несанкционированно пересечен – робот моментально получит команду на остановку.

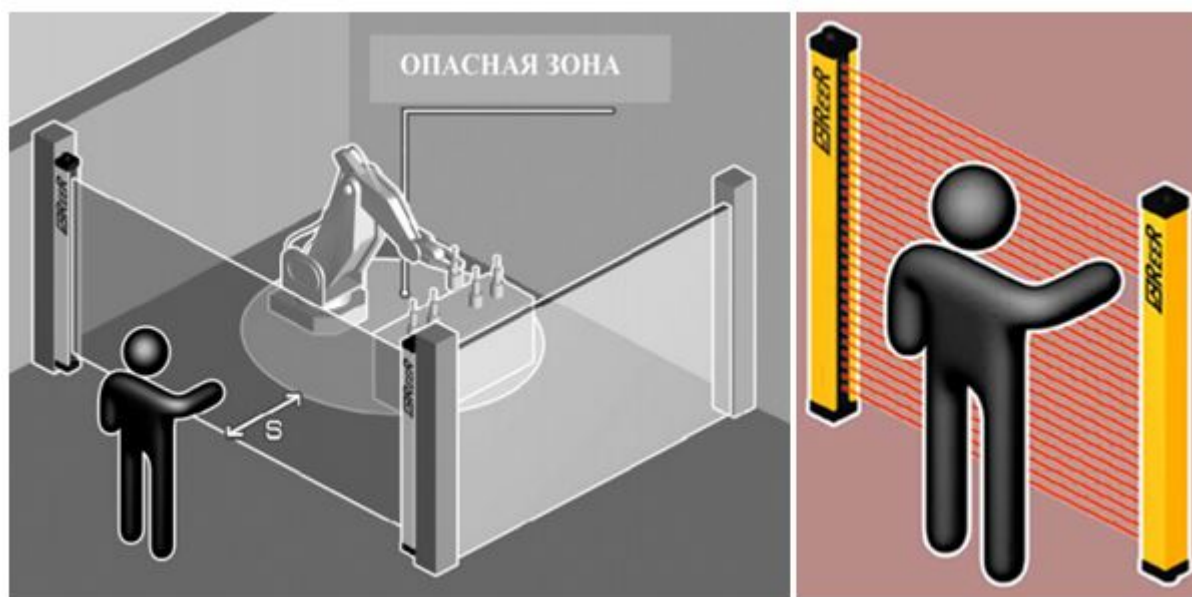


Рисунок 1.28 - Система безопасности

Применение данной конструкции позволяет обеспечить защиту рабочей зоны от сварочных излучений. Таким образом, производственный процесс происходит в автоматическом режиме, полностью безопасно, под контролем оператора и системы безопасности.

Комплекс оборудован защитным металлическим сетчатым ограждением со всех сторон, а также технологическими окнами для обслуживания и наблюдением за процессом сварки.

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		61



Рисунок 1.29 - Защитное металлическое сетчатое ограждение

3.4 Контроль качества сварных соединений

Контроль качества сварных соединений будет проводиться двумя способами:

- визуально-измерительный контроль (ВИК) используя универсальный шаблон сварщика:
- ультразвуковая дефектоскопия.

При ультразвуковой дефектоскопии будем использовать дефектоскоп ультразвуковой УД9812 «УРАЛЕЦ». Дефектоскоп относится к приборам общего назначения и применяется для неразрушающего контроля сварных соединений, обнаружения различных дефектов в металлических и пластмассовых изделиях, а также локализации и определения координат нахождения дефектов и оценке их условных размеров. С помощью УД9812 производится контроль сплошности и однородности объекта, выявляются коррозионные процессы в металлических материалах, включение в них неметаллических составляющих, а также обнаружение раковин, пор, расслоений. Дефектоскоп представлен на рисунке 1.30.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 440304.235 ПЗ

Лист

62



Рисунок 1.30 - Дефектоскоп ультразвуковой УД9812 «УРАЛЕЦ».

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 440304.235 ПЗ

Лист

63

4 Технология сборки и сварки рабочего колеса вентилятора

Таблица 1.19 - Технология сборки и сварки рабочего колеса вентилятора

Номер операции	Наименование операции	Содержание операции	Оборудование и режимы
1	2	3	4
1	Подготовка металла к запуску в производство	Доставка листов металла со склада. Проверить качество поверхности металла.	
2	Резка	Произвести резку заготовок деталей согласно чертежам.	Установка плазменной резки Jantar; Источник для плазменной резки Hypertherm Powermax 85. Режимы резки: Диаметр сопла – 1 мм; Сила тока – 40-60А; Скорость резки – 2-3 м/мин; Напряжение – 110 В;
3	Подготовка металла к сварке	Произвести контроль геометрических размеров деталей. Все заготовки зачистить от ржавчины, масла, влаги, окалины и загрязнений.	Угловая шлифмашина Bosch GWS 26-230 JBV
4	Сборка рабочего колеса вентилятора	Двухосевой позиционер установить горизонтально. Установить на позиционер приспособление для сборки рабочего колеса. В специально подготовленные пазы заднего диска расставить лопадки. Закрепить кольцо и установить корпус. Конструкцию точно и плотно зафиксировать прижимами.	Двухосевой позиционер MT1-500 S2HD «Yaskawa»; Приспособление для сборки рабочего колеса вентилятора Режимы для прихваток при тавровом соединении: Диаметр проволоки: 1 мм; Сила тока: 161±5А; Скорость сварки: 24,48 м/ч; Скорость подачи электродной проволоки: 388 м/ч; Напряжение на дуге: 22±В; Расход газа: 12 л/мин; Вид газа: Corgon-20 Марка проволоки: Св-08Г2С Длина прихватки: 10мм ; Шаг прихватки:60 мм;

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

ДП 440304.235 ПЗ

Лист

64

Продолжение таблицы 1.19

1	2	3	4
		<p>На пульте управления задать программу и режимы для прихваток. Прихватки лопаток производить крест-накрест.</p>	<p>Режимы для прихваток при угловом соединении:</p> <p>Диаметр проволоки: 1 мм; Сила тока: 66±5А; Скорость сварки: 12, 9 м/ч; Скорость подачи электродной проволоки: 156 м/ч; Напряжение на дуге: 17±5В. Расход газа: 7 л/мин Вид газа: Corgon-20 Марка проволоки: Св-08Г2С Прихватки ставятся в 8 диагональных диаметрально противоположных точках.</p>
5	Зачистка прихваток	<p>После постановки прихваток зачистить область от шлака, брызг и пр.</p>	<p>Угловая шлифмашина Bosch GWS 26-230 JBV</p>
6	Сварка рабочего колеса вентилятора	<p>С собранного рабочего колеса промышленного вентилятора убрать сборочное приспособление. Закрепить рабочее колесо на позиционер. Позиционер установить в вертикальное положение. Задать программу на пульте управления на сварку. Сварку лопаток производить крест-накрест.</p>	<p>Сварочный робот МА 1440 «Yaskawa»; Сварочный источник Phoenix 352 puls «EWM»; Механизм подачи проволоки M drive 4 Rob 3 LI «EWM»; Двухосевой позиционер MT1-500 S2HD «Yaskawa»; Блок водяного охлаждения cool82 U44 «EWM»; Сварочная горелка RM 42W «TВи».</p> <p>Режимы сварки для таврового соединения:</p> <p>Диаметр проволоки: 1 мм; Сила тока: 161±5А; Скорость сварки: 24,48 м/ч; Скорость подачи электродной проволоки: 388 м/ч; Напряжение на дуге: 22±В. Расход газа: 15 л/мин; Вид газа: Corgon-20 Марка проволоки: Св-08Г2С</p> <p>Режимы сварки для углового соединения:</p> <p>Диаметр проволоки: 1 мм; Сила тока: 66±5А; Скорость сварки: 12,9 м/ч;</p>

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 440304.235 ПЗ

Лист

65

Окончание таблицы 1.19

1	2	3	4
			Скорость подачи электродной проволоки: 156 м/ч; Напряжение на дуге: 17±5В; Расход газа: 8 л/мин. Вид газа: Corgon-20 Марка проволоки: Св-08Г2С
7	Зачистка сварных швов	После сварки зачистить сварные швы от брызг и шлака.	Угловая шлифмашина Bosch GWS 26-230 JBV
8	Контроль качества сварных соединений	Провести контроль двумя способами: визуально-измерительный контроль и контроль ультразвуковой дефектоскопии.	Для визуально измерительного контроля (ВИК) используется универсальный шаблон сварщика (УШС). Для ультразвуковой дефектоскопии применяется Дефектоскоп ультразвуковой УД9812 «УРАЛЕЦ».
9	Складирование	Готовое рабочее колесо промышленного вентилятора отправить на склад готовой продукции.	

5 Методическая часть

Мы живем в век стремительного развития технологий, которые кардинально изменяют наш мир, занимают своё место в самых различных областях и становятся неотъемлемой частью нашей жизни. Всё это подводит к стремлению предприятий (компаний и пр.) повышать профессиональный уровень рабочих. Ведь при появлении новых технологий и техники появляются новые профессии, которые выдвигают старые. Происходит изменение средств производства и технологий, что способствует целесообразности совершенствования профессиональных умений и навыков в условиях промышленного предприятия.

В технологической части дипломного проекта мы представили роботизированный комплекс для сборки сварки рабочих колес промышленных вентиляторов. В процессе данной разработки мы предлагаем заменить частично механизированную сварку на роботизированную сварку. Чтобы реализовать в последующем разработанный нами технологический процесс, следует разработать программу для подготовки рабочих, которые будут компетентны осуществлять эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт оборудования.

К эксплуатации роботизированного комплекса по проектируемой технологии допускаются рабочие по профессии «Оператор роботизированной сварки», с минимальным уровнем квалификации 3. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением», 4-й квалификационный уровень, в связи с этим целесообразно разработать программу переподготовки рабочих сварочной специализации и провести данную программу, в рамках промышленного предприятия.

Для разработки программы переподготовки необходимо изучить и проанализировать нормативные документы:

- Профессиональный стандарт. «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (код 40.109, рег.№ 664,

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		67

Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России 31.12.2015 г., рег. № 40426);

- Профессиональный стандарт. «Сварщик» (код 40.002, рег. № 14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России 13.02.2014г., рег. № 31301).

5.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов

Рассмотрим и сравним характеристики обобщенных трудовых функций Профессиональных стандартов. В таблице 2.1 приведены выписки из Профессиональных стандартов: 40.002 частично механизированной сваркой (наплавкой) плавлением конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей любой сложности), код С/04.4 уровень квалификации 4, и выполнение роботизированной сварки, код А/05.3 уровня квалификации 3.

Таблица 2.1 - Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда) и «Оператор роботизированной сварки» (3-го разряда)

Характеристика	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Оператор роботизированной сварки
1	2	3
Трудовые действия	<ul style="list-style-type: none"> • Трудовые действия, предусмотренные трудовой функцией по коду В/04.3 настоящего профессионального стандарта. • Выполнение частично механизированной сваркой (наплавкой) плавлением (на основе знаний и практического опыта) конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) любой сложности. • Выполнение уникальных работ и участие в исследовательских работах 	<ul style="list-style-type: none"> • Изучение производственного задания, конструкторской и производственно-технологической документации • Подготовка рабочего места и средств индивидуальной защиты • Подготовка сварочных и свариваемых материалов к сварке • Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования • Сборка конструкции под сварку с применением сборочных приспособлений и технологической оснастки

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
		<ul style="list-style-type: none"> • Контроль с применением измерительного инструмента подготовленной под сварку конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации • Выбор программы сварочных операций в соответствии с производственным заданием, конструкторской и производственно-технологической документацией • Выполнение роботизированной сварки • Извлечение сварной конструкции из сборочных приспособлений и технологической оснастки • Контроль с применением измерительного инструмента сварной конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации
<p>Необходимые умения</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Владеть необходимыми умениями, предусмотренными трудовой функцией по коду В/04.3 настоящего профессионального стандарта • Владеть техникой частично механизированной сварки (наплавки) плавлением конструкций любой сложности • Участвовать (на основе знаний и практического опыта) в выполнении уникальных и в исследовательских работах по частично механизированной сварке (наплавки) плавлением 	<ul style="list-style-type: none"> • Определять работоспособность, исправность роботизированного сварочного оборудования и осуществлять его подготовку • Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку • Проверять систему безопасности сварочного оборудования (при ее наличии) перед началом сварки • Применять программное обеспечение (выбирать программы сварки) для роботизированного сварочного оборудования под конкретные условия сварки • Запускать и проверять траекторию манипулятора (робота) по заданной траектории без выполнения сварки • Пользоваться техникой роботизированной сварки по соответствующему процессу сварки

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
		<ul style="list-style-type: none"> • Контролировать процесс роботизированной сварки и работу сварочного оборудования для своевременной корректировки режимов в случае отклонений параметров процесса сварки, отклонений в работе оборудования или при неудовлетворительном качестве сварного соединения • Выполнять мероприятия, направленные на устранение аварийной ситуации при использовании оборудования для роботизированной сварки • Прогнозировать возникновение нештатных ситуаций в зависимости от положения робота • Применять измерительный инструмент для контроля собранных и сваренных конструкций (изделий, узлов, деталей) на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации
<p>Необходимые знания</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Необходимые знания, предусмотренные трудовой функцией по коду В/04.3 настоящего профессионального стандарта • Техника и технология частично механизированной сварки (наплавки) плавлением конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) любой сложности • Конструкторская, производственно-технологическая и нормативная документация для выполнения данной трудовой функции 	<ul style="list-style-type: none"> • Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых роботизированной сваркой, и обозначение их на чертежах • Устройство сварочного робота и вспомогательного оборудования для роботизированной сварки, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов, правила их эксплуатации и область применения • Сварочные материалы для роботизированной сварки • Основные группы и марки свариваемых материалов

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 440304.235 ПЗ

Лист

70

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
		<ul style="list-style-type: none"> • Требования к сборке конструкции под сварку, расположение и размеры прихваток при сборке конструкции • Виды и назначение сборочно-сварочной оснастки, технологических приспособлений и манипуляторов, используемых для сборки деталей (узлов) под роботизированную сварку • Требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля • Виды дефектов сварных соединений, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения • Назначение и условия применения роботизированной сварки • Причины возникновения и меры предупреждения внутренних напряжений и деформаций в свариваемых изделиях • Технология роботизированной сварки • Основы программирования робота: основные системы робота, программное обеспечение, система питания; основные настройки и подготовки робота, понятие калибровки и юстировки робота, активация инструмента, понятие системы координат, программирование движения и основные принципы написания, программное обеспечение робота, работа с различными инструментами, использование программ для поиска положения свариваемой детали, написания простых программ для сварки (при существующей функции оборудования) • Правила технической эксплуатации электроустановок

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
		<ul style="list-style-type: none"> • Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ • Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте
Другие характеристики	<ul style="list-style-type: none"> • Область распространения частично механизированной сварки (наплавки) плавлением в соответствии с данной трудовой функцией: сварочные процессы, выполняемые сварщиком вручную и с механизированной подачей проволоки: сварка дуговая порошковой самозащитной проволокой; сварка дуговая под флюсом сплошной проволокой; сварка дуговая под флюсом ленточным электродом; сварка дуговая под флюсом с добавлением металлического порошка; сварка дуговая под флюсом порошковой проволокой; сварка дуговая под флюсом порошковым ленточным электродом; сварка дуговая сплошной проволокой в инертном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с флюсовым наполнителем в инертном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с металлическим наполнителем в инертном газе; сварка дуговая сплошной проволокой в активном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с флюсовым наполнителем в активном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с металлическим наполнителем в активном газе; сварка плазменная плавящимся электродом в инертном газе 	

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 440304.235 ПЗ

Лист

72

Окончание таблицы 2.1

1	2	3
	<ul style="list-style-type: none"> • Характеристики выполняемых работ: выполнение работ частично механизированной сваркой (наплавкой)плавлением конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) любой сложности; выполнение работ частично механизированной сваркой (наплавкой)плавлением в исследовательских и научных целях по заданным параметрам • Рекомендуемое наименование профессии: сварщик частично механизированной сварки плавлением • Наименование квалификационного сертификата, выдаваемого по данной трудовой функции: сварщик частично механизированной сварки плавлением, 4-й квалификационный уровень 	

Вывод: результатом сравнения функциональных карт по профессиям «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда) и «Оператор роботизированной сварки» (3-го разряда) можем выделить следующее:

Необходимые знания:

Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых роботизированной сваркой, и обозначение их на чертежах;

Устройство сварочного робота и вспомогательного оборудования для роботизированной сварки, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов, правила их эксплуатации и область применения;

Сварочные материалы для роботизированной сварки;

Виды и назначение сборочно-сварочной оснастки, технологических приспособлений и манипуляторов, используемых для сборки деталей (узлов) под роботизированную сварку;

Назначение и условия применения роботизированной сварки;

Технология роботизированной сварки;

Основы программирования робота: основные системы робота, программное обеспечение, система питания; основные настройки и подготовки робота, понятие калибровки и юстировки робота, активация инструмента, понятие системы координат, программирование движения и основные принципы написания, программное обеспечение робота, работа с различными инструментами, использование программ для поиска положения свариваемой детали, написания простых программ для сварки (при существующей функции оборудования);

Правила технической эксплуатации электроустановок;

Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ;

Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте.

5.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор роботизированной сварки»

В соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования учебный план для переподготовки рабочих предусматривает наименование и последовательность изучения предметов, распределение времени на теоретическое и практическое обучение, консультации и квалификационный экзамен. Теоретическое обучение при переподготовке рабочих содержит экономический, общеотраслевой и специальный курсы. Соотношение учебного времени на теоретическое и практическое обучение при переподготовке определяется в зависимости от характера и сложности осваиваемой профессии, сроков и специфики профессионального обучения рабочих. Количество часов на консультации определяется на местах в зависимости от необходимости этой работы. Время на квалификационный экзамен предусматривается для проведения устного опроса и выделяется из расчета до 15 минут на одного обучаемого. Время на квалификационную пробную работу выделяется за счет практического обучения.

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		74

Исходя из сравнительного анализа квалификационных характеристик и рекомендаций Института развития профессионального образования, разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии «оператор роботизированной сварки», который представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор роботизированной сварки»

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ		
1.1	Основы экономики отрасли	2
1.2	Материаловедение	3
1.3	Основы электротехники	2
1.4	Чтение чертежей	2
1.5	Спецтехнология	25
2. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ		
2.1	Упражнения по автоматической сварке и наплавке несложных деталей на учебно-производственном участке	30
2.2	Работа на предприятии	100
	Консультации	4
	Квалификационный экзамен	8
	ИТОГО	176

Продолжительность обучения один месяц.

Реализация разработанного учебного плана осуществляется отделом технического обучения предприятия.

5.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»

Теоретическое обучение представляет своей основной задачей формирование у обучаемых системы знаний об основах современной техники и технологий производства, организации труда в объёме, необходимом для прочного овладения профессией и дальнейшего роста профессиональной квалификации и формирования ответственного отношения к труду.

На основе квалификационной характеристики, учебного плана переподготовки и учета требований работодателей мы разработали программу предмета

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		75

«Спецтехнология». С тематическим планом предмета «Спецтехнология» можно ознакомиться по таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Тематический план предмета "Спецтехнология"

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	Источники питания для роботизированной сварки	3
2	Сварочные материалы	3
3	Оборудование для роботизированной сварки	4
3.1	Устройство и основные узлы роботизированного сварочного автомата	3
3.2	Типовые конструкции сварочной головки	3
4	Технология роботизированной сварки	4
5	Контроль качества сварных швов	2
6	Техника безопасности при работе на автоматических/роботизированных сварочных установках	3
	Итого:	25

5.4 Разработка плана – конспекта урока

Тема раздела: «Оборудование для роботизированной сварки»

Тема урока: «Знакомство со сварочным роботом Yaskawa MOTOMAN MA1440»

Цели занятия:

Обучающая: формирование знаний о сварочных роботах, их недостатках и достоинствах, ознакомиться со сварочным роботом Yaskawa MOTOMAN MA1440 и его основными частями

Развивающая: развивать память, внимание и аккуратность.

Воспитательная: воспитывать трудовую и технологическую дисциплину.

Тип урока: комбинированный

Методы обучения: словесный, наглядный, объяснительно – иллюстративный.

Средства обучения: доска, указка, плакат «Сварочный робот Yaskawa MOTOMAN MA1440», учебник: А. С. Климов, Н. Е. Машинин «Роботизированные

					ДП 440304.235 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		76

технологические комплексы и автоматические линии в сварке», учебное пособие.
2-е издание. испр. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2011г. – 240 с.

Таблица 2.4 – План-конспект урока «Знакомство со сварочным роботом Yaskawa MOTOMAN MA1440»

Этап занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент (2 минуты)	Здравствуйте, прошу вас садитесь, приготовьте тетради и ручки.	Приветствую обучающихся, проверяю явку, отмечаю в журнале посещений и так же проверяю готовность к занятию.
Подготовка обучающихся к изучению нового материала (3 минут)	Обратите внимание на доску. Отметьте тему у себя в конспектах: Тема раздела: «Оборудование для роботизированной сварки» Тема урока: ««Знакомство со сварочным роботом Yaskawa MOTOMAN MA1440»». План урока: 1. Общая информацию о сварочных работах 2. Преимущества и недостатки роботизированной сварки 3. Сварочный робот Yaskawa MOTOMAN MA1440 Давайте с вами сосредоточимся и настроимся на продуктивный урок и начнём! Проверьте готовность к уроку.	Доска заранее подготовлена, на ней записаны тема раздела и тема урока. Прошу обучающихся записать у себя в конспектах тему урока. Сообщаю цель данного занятия. Стараюсь придать обучающимся мотивации для изучения материала и настроить на продуктивную работу на занятии.
Актуализация опорных знаний. (5 минут)	Перед тем как приступить к новой теме, давайте вспомним что мы проходили на прошлом уроке и повторим пройденный материал, где мы с вами изучали типовые конструкции горелок: 1. Дайте пожалуйста определение: «сварочная горелка – это...» 2. Расскажите пожалуйста по каким признакам классифицируют сварочные горелки? Молодцы! Теперь приступим к изучению нового материала.	Перед началом урока, предлагаю обучающимся повторить материал ранее пройденного урока. Задаю вопрос, если есть желающие ответить, спрашиваю. Если желающих нет, то спрашиваю произвольно. После каждого ответа обучающегося, я или дополняю его ответ или повторяю полностью правильный ответ, чтобы ещё раз закрепить материал.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 440304.235 ПЗ

Лист

77

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3
		<p>Эталон:</p> <p>1. Сварочная горелка - это устройство для смешения газов, формирования сварочного пламени и регулирования его вида и мощности. Она является основным инструментом газосварщика, от свойств и характеристик которого зависят производительность, качество сварной конструкции и безопасность работ. - горелка должна быть удобной и безопасной.</p> <ul style="list-style-type: none"> • способу подачи горючего газа и кислорода в смесительную камеру - инжекторные и безынжекторные; • роду горючего газа - ацетиленовые, водородные, для газов-заменителей и жидких горючих; • числу факелов - однопламенные и многопламенные; • назначению - универсальные (сварка, резка, пайка, наплавка) и специализированные (выполнение одной операции); • мощности пламени - горелки микро-мощности, малой, средней и большой мощности; • способу применения - ручные, ма-

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 440304.235 ПЗ

Лист

78

шинные.

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3
<p>Изложение нового материала (27 минут)</p>	<p>Тема нашего занятия: «Знакомство со сварочным роботом Yaskawa MOTOMAN MA1440».</p> <p>Мы с вами ознакомимся с общей информацией о сварочных роботах, их преимуществах и недостатках, и изучим робота японского производителя Yaskawa MA 1440 «Yaskawa».</p> <p>Прошу вас записать первую подтему нашего занятия с доски: «Общая информация о сварочных роботах».</p> <p>Все записали? Хорошо. Сейчас я вам расскажу об общей информации о сварочных роботах, по ходу занятия важные моменты мы будем конспектировать. Все готовы? Приступаем.</p> <p><u>Общая информация о сварочных роботах.</u></p> <p>Роботизированная сварка — это вид автоматической сварки, суть которого заключается в использовании на производстве программируемых роботов вместо привычных сварщиков. Такая сварка очень востребована на предприятиях, где необходимо наладить крупное конвейерное производство. Давайте мы с вами законспектируем это в тетради.</p> <p>Существует огромное количество разновидностей роботов для сварки, поскольку каждый производитель стремится оснастить свое оборудование особыми функциями. Несмотря на техническую сложность, конкуренция среди производителей сварочных роботов очень высока, ведь такое оборудование стоит дорого и зачастую приобретается не на один год. Поэтому производители пытаются оснастить своих роботов максимальным количеством полезных функций.</p> <p>В большинстве сварочных роботов применяются компоненты, позволяющие агрегатам работать бесперебойно на протяжении долгого времени. Этого удастся достичь путем внедрения современных, технически совершенных электронных схем, которые не останавливают работу робота даже при перебоях в электричестве или нестабильном напряжении. К тому же, сварочные роботы могут автоматически позициониро-</p>	<p>Озвучиваю тему урока. Рассказываю, с чем нам предстоит ознакомиться на занятии. Прошу записать подтему. После того, как все запишут, перехожу к изложению материала.</p> <p>Обучаемые внимательно слушают. Записывают подтему.</p> <p>Слежу, когда все запишут. Когда обучаемые записали подтему, начинаю изложение материала. Обучаемые внимательно слушают.</p> <p>Излагаю материал, слежу, чтоб обучаемые слушали.</p> <p>Обучаемые внимательно слушают</p> <p>Рассказываю о возможностях сварочных роботов.</p> <p>Обучаемы внимательно слушают, если есть вопросы по ходу изложения материала — спрашивают, я - отвечаю стараюсь объяс-</p>

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 440304.235 ПЗ

Лист

79

	<p>вать детали, что улучшает качество стыка. Не имеет значения и размер деталей, ведь «рука» робота может быть каких угодно размеров.</p>	<p>нить, чтобы все поняли и усвоили</p>
--	---	---

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3
	<p>Простейший робот состоит из манипулятора, который может поднимать детали весом до 25 килограмм, «руки», которая выполняет сварку, пульта управления с предустановленным программным обеспечением и источника тока. Для каждого типа сварки выпускается свое программное обеспечение, в нем с помощью пульта управления задаются параметры сварки и детали, которую нужно сварить. Некоторые производители снабжают комплект оборудования обучающими материалами, например, книгами или видеофильмами.</p> <p>Также в комплектацию могут входить специальные держатели, благодаря которым робот позиционирует и надежно фиксирует деталь во время сварки. Кроме непосредственной сварки можно настроить робота на зачистку металла, снятие фасок или резку. Словом, человеческий фактор исключен, поскольку робот выполняет все операции, в том числе подготовительные.</p> <p>Давайте с вами законспектируем в тетради что может входить в комплектацию со сварочным роботом.</p> <p>Давайте с вами повторим пройденный материал.</p> <p>1) Дайте пожалуйста определение что такое роботизированная сварка?</p> <p>2) Что входит в комплектацию сварочного робота?</p> <p>Хорошо! Следующий вок <u>«Преимущества и недостатки роботизированной сварки»</u>. Запишите пожалуйста в тетради.</p> <p>Роботизированная сварка имеет множество достоинств:</p> <p>Во-первых, роботы способны выполнять одну и ту же работу раз за разом, не теряя при этом в качестве. Человек никогда не сможет заниматься однотипным трудом на протяжении долгих часов. В любом случае, робот всегда выполняет качественные швы, он также способен перенастраиваться прямо в середине процесса сварки.</p>	<p>Рассказываю о возможной комплектации сварочного робота.</p> <p>Обучаемые внимательно слушают.</p> <p>Прошу записать под диктовку текст. Диктовку не спеша, равномерно слежу, чтоб все успевали.</p> <p>Обучаемые записывают материал под диктовку.</p> <p>Провожу опрос, чтобы закрепить материал. Спрашиваю по желанию, если желающие отсутствуют, спрашиваю произвольно. Если ответ неполный – дополняю, правильный ответ ещё раз для всех повторяю.</p> <p>Перехожу к следующей подтеме.</p> <p>Прошу записать в тетради.</p> <p>Обучаемые записывают заголовок подтемы. После того, как вижу, что все записали,</p>

начинаю изложение материала о преимуществах роботизированной сварки.

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3
	<p>Во-вторых, несмотря на высокую стоимость такого оборудования, экономическая выгода от роботизированной сварки куда лучше, чем может показаться на первый взгляд. За счет высокой производительности роботы быстро окупаются и предприятие гарантировано выходит в плюс, поскольку роботы требуют только технического обслуживания. А это гораздо дешевле, чем платить налоги и зарплату сотрудников.</p> <p>В-третьих, если оператор хорошо обучен, он способен быстро выставить оптимальные настройки. К тому же, существуют определенные алгоритмы, следуя которым даже новичок сможет настроить робота. Конечно, не быстро и не с первого раза, но сможет. Чего нельзя сказать о ручной сварке. А сам процесс обучения не занимает много времени и всех сварщиков можно легко переучить, присвоив им квалификацию оператора.</p> <p>В-четвертых, роботы способны работать длительное время без перебоев, что увеличивает количество выпущенной продукции. Обычный сварщик ограничен в своих возможностях, поскольку должен отдыхать и выполнять свои физиологические потребности. А сварочный робот никогда не подводит.</p> <p>Но, как и любого другого метода сварки металлов, у роботов есть недостатки. Их не много, и на наш взгляд они незначительны по сравнению с достоинствами, но все же расскажем о них. Первый очевидный недостаток — высокая стоимость оборудования. Да, оно окупается, но не каждое предприятие способно за раз закупить нужное количество роботов, чтобы заменить ими сварщиков.</p> <p>Второй недостаток — возможность внедрения роботов только в конвейерное производство. В остальных типах производств они будут менее эффективны, а значит не скоро окупят свою цену. Не стоит забывать, что и переобучение сварщиков в операторов требует времени. Нельзя закупить оборудование, и на следующий день сразу запустить конвейер.</p> <p>Также сварка роботом с хорошим результатом</p>	<p>Обучаемые внимательно слушают. Если возникают вопросы и недопонимания спрашивают. Я – отвечаю, стараюсь объяснить доходчиво, чтобы все усвоили и поняли материал.</p> <p>Обучаемые внимательно слушают.</p> <p>Рассказываю о недостатках роботизированной сварки. Слежу чтоб все слушали.</p> <p>Обучаемые внимательно слушают.</p> <p>Рассказываю роль оператора в роботизированной сварки.</p>

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 440304.235 ПЗ

Лист

81

возможна лишь при правильных настройках. Если оператор обучался плохо и настраивает работа неправильно, или просто плохо себя чувствует, то не будет никакого толка от робота на производстве.

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3
	<p>Так что человеческий фактор здесь все же присутствует, пусть и в малой степени. Теперь давайте кратко под диктовку законспектируем достоинства и недостатки.</p> <p>Хорошо, давайте с вами закрепим данный материал.</p> <p>1) Расскажите пожалуйста про достоинства роботизированной сварки</p> <p>2) Кто расскажет о недостатках роботизированной сварки?</p> <p>Молодцы! Теперь перейдем к следующему подзаголовку <u>«Сварочный робот Yaskawa MA 1440»</u>. Запишите пожалуйста подзаголовок.</p> <p>Записали? Хорошо. Обратите внимание на плакат,</p> <div data-bbox="558 1041 1109 1332" data-label="Image"> </div> <p>Плакат – Сварочный робот «Yaskawa» MA1440</p> <p>Перед вами представлен сварочный робот японского производителя «Yaskawa» 1440MA.</p> <p>6-осевой робот MOTOMAN MA1440 был разработан для достижения оптимальных результатов в чрезвычайно трудных условиях и особенно для высоких требований электродуговой сварки.</p> <p>За счет увеличенной грузоподъемности 6 кг, улучшенной системой подачи проволоки, рабочим диапазоном 1440 мм и интегрированным шланг пакетом, 6-осевой робот MA1440 значительно улучшает процесс сварки. Что позволяет производить сварку крупногабаритных и труднодоступных заготовок. Быстрое движение сокращает время цикла сварки. Избежание столкновений с заготовкой или другими роботами обеспе-</p>	<p>Прошу записать текст под диктовку в тетради. Диктую, слежу, чтоб все успевали, прохожу между партами проверяю как обучающиеся конспектируют.</p> <p>Провожу закрепление материала. Прошу ответить на вопросы. Если желающих нет, спрашиваю рандомно. Неполный ответ дополняю, если ответ правильный и полный, повторяю ещё раз для всех.</p> <p>Перехожу к изложению следующей подтемы, прошу записать в тетради.</p> <p>Обучаемые записывают подтему урока.</p> <p>Слежу, когда все запишут. Когда все записали, продолжаю изложение материала.</p> <p>Обращаю внимание обучающихся на плакат. Указываю поэтапно на каждую часть робота при изложении.</p> <p>Обучаемые внимательно слушают и изучают материал на плакате.</p> <p>Рассказываю основные</p>

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

	<p>чено путем встроенных в руку робота кабелей горелки. Что обеспечивает не только большую доступность, но и увеличенную износостойкость кабелей при кручении и изгибе.</p>	<p>характеристики сварочного робота «Yaskawa».</p>
--	---	--

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3
	<p>За счет этого возможное количество роботов в производственных ячейках может быть увеличено. Полное запястье стало шире от 42 мм до 50 мм, а расстояние от фланца к В-оси сократилось с 200 мм до 100 мм. Помимо этого, появились новые функции: интеграция кабеля питания и воздуха в основании, увеличен диапазон поворота до 340°.</p> <p>Давайте рассмотрим составляющие части робота на плакате:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сварочный фланец кисти. В фланец кисти мы устанавливаем сварочную горелку. 2. Следующая часть – это кисть. Кисть может вращаться на 340°, а также двигаться «вперёд - назад – вправо – влево», что помогает роботу производить сварку в труднодоступных местах. 3. Затем у нас идет предплечье. Предплечье так же для универсальности робота имеет способность вращаться и производить движение по осям. 4. Дальше идёт рука робота, которая позволяет более точно направлять предплечье. 5. Следующая часть робота – это плечо. Плечо может наклоняться на 155° вперёд, на 90° назад, так же может производить вращение до 240°. 6. Затем идёт основание, за которое мы закрепляем робота на стойке. <p>Как мы видим, почти каждая часть робота у нас подвижна, что разработано специально для достижения наилучших результатов сварки в труднодоступных местах.</p> <p>Давайте с вами зарисуем эскиз робота и обозначим его основные части.</p> <p>Хорошо. Теперь ознакомимся какие оператор имеет возможности с данным сварочным роботом:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Управление автоматизированным процессом сварки: запуск и остановка программы сварки деталей, настройка параметров сварки, используя возможности сенсорного экрана промышленного робота и панели управления источника; • Управление в ручном режиме манипулятором и позиционером при помощи джойстика 	<p>Обращаю внимание обучаемых на отдельных части сварочного робота на плакате.</p> <p>Указываю на определенную часть робота на плакате при изложении материала поэтапно.</p> <p>Прошу ребят зарисовать эскиз сварочного робота. Зарисовываю аккуратно так же на доске в упрощенном виде, чтоб каждый мог повторить данный эскиз.</p> <p>Прохожу между парт. После того как все зарисовали эскиз, обозначаю на доске основные части робота, проговаривая каждую позицию вслух.</p> <p>После того как все обозначили позиции,</p>

	управления на выносном пульте управления; <ul style="list-style-type: none"> • Подключение персонального компьютера к контроллеру РТК непосредственно при помощи сетевого подключения Ethernet по протоколу ТСР/Р для проведения диагностики состояния, 	продолжаю изложение материала. Рассказываю о возможностях оператора с данным сварочным роботом.
--	--	--

Продолжение таблицы 2.4

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

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		84

редактирования программы производства продукции, конфигурирования системы, установки системы и изменения параметров системы;

- Загрузка в контроллер РТК и сохранение из контроллера при помощи внешних носителей типа USB-устройств «flash-disk» программы производства продукции;

- Сохранение параметров диагностики РТК на внешний носитель, в случае неправильной работы комплекса с целью предоставления этой информации в службу технической поддержки для дальнейшего анализа;

- Визуальный контроль состояния РТК (процесса сварки, индикация состояния периметра безопасности, дополнительного сервомотора, робота, рабочей программы на выносном пульте) при отсутствии визуального контроля РТК;

- Защитный и экстренный автоматический или ручной останов производственного процесса с соблюдением необходимых норм безопасности в случае возникновения внештатной ситуации;

- Уверенность в безопасной работе РТК даже при отсутствии визуального контроля рабочей зоны комплекса, благодаря наличию специальных датчиков, защитных барьеров по замкнутому контуру и интегрированной в контроллер многоуровневой системе безопасности.

Давайте кратко с вами законспектируем материал. Все записали? Хорошо.

В заключении хочу отметить, что роботизация сварки — процесс неминуемый. И в ближайшие десятилетия он затронет не только сварочные производства, но и другие отрасли, где человеческий фактор нежелателен. Ведь с помощью роботов возможна сварка любого уровня сложности, в том числе часто используемая сварка в защитных газах.

Применение роботов необходимо для роста промышленности. К тому же, нельзя забывать о способах сварки, которые могут негативно влиять на здоровье человека. В таких случаях весь персонал остается невредимым, пока робот исправно выполняет работу.

Но не стоит беспокоиться о роботизации. Конечно, со временем такое оборудование заменит ручной труд, но возникнет потребность в квалифицированных операторах,

Обучаемые внимательно слушают, если есть вопросы по ходу изложения, спрашивают. Я отвечаю, объясняя, как можно понятнее, чтобы каждый усвоил материал.

Прошу законспектировать материал. Диктую материал не спеша, равномерно, слежу чтоб все успевали.

После того, как обучаемые записали материал, подвожу к заключению изложения материала.

Окончание таблицы 2.4

1

2

3

Лист

ДП 440304.235 ПЗ

85

Изм. Лист № документа Подпись Дата

	которые будут настраивать роботов. Так что любой профессиональный сварщик всегда сможет переучиться и сменить квалификацию.	
Первичное закрепление материала (5 минут)	Теперь попрошу вас ответить на мои вопросы, для того чтобы закрепить и проверить насколько вы усвоили новый материал. 1. Что входит в комплектацию сварочного робота? 2. Расскажите какие достоинства и недостатки имеет роботизированная сварка? 3. Перечислите основные части робота и укажите их на плакате. Молодцы! Есть ли у вас вопросы по пройденному материалу?	Повожу первичное закрепление пройденного материала. Спрашиваю по желанию, если желающих нет, спрашиваю фронтально. Каждый ответ либо дополняю, либо повторяю ещё раз, чтобы все услышали и ещё раз закрепили. Спрашиваю у обучающихся есть ли у них вопросы, если есть отвечаю.
Выдача домашнего задания, Подведение итогов. (3 минуты)	Запишите домашнее задание: Повторить дома пройденный материал по конспекту. Прочитать «Основные термины и показатели промышленных роботов» стр. 58 – 63, книга «Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке» А. С. Климов, Н. Е. Машинин, данную книгу я вам скидывала в электронном виде. Всех благодарю за внимание, все молодцы, увидимся на следующем занятии, до свидания!	Домашнее задание записано на доске, прошу его записать. Слежу чтобы все записали Хвалю обучающихся и прощаюсь с ними.

Считаю, что данную разработку, возможно, использовать в процессе переподготовки рабочих по профессии «Оператор роботизированной сварки» (3-го разряда), её содержание способствует решению основной задачи профессионального образования – подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочих профессий.

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		86

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте разработана технология сборки и роботизированной сварки рабочего колеса промышленного вентилятора.

В ходе дипломного проекта была проанализирована конструкция, подобраны способ сварки, сварочные материалы, основное и вспомогательное оборудование. Произведены расчеты режимов сварки и разработан технологический процесс сборки и сварки рабочего колеса. Выбраны способы контроля качества сварных соединений.

В методической части дипломного проекта были разработаны программа обучения для подготовки операторов роботизированной сварки 3-го разряда работы на роботизированном комплексе, тематический план обучения и разработан план конспект урока по теме: «Знакомство со сварочным роботом Yaskawa MOTOMAN MA1440».

Результаты данной работы могут быть использованы при проектировании рабочего колеса промышленного вентилятора на заводе АО «Артемовский машиностроительный завод «ВЕНТПРОМ» и ООО «ПетроВентКомплект».

Подводя итоги, можно считать, что задачи дипломного проекта выполнены и цели были достигнуты.

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		87

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сайлаубек Ж.С. Роботизированная сварка в сварочном производстве // Студенческий форум: электрон. научн. журн. 2017. № 18(18). URL: <https://nauchforum.ru/journal/stud/18/27125> (дата обращения: 28.05.2019).
2. ГОСТ 1050 – 88*. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. - Введ. 1991-01-01. – М.: Стандартинформ: Изд-во стандартов, 2010. – 24с.
3. Багрянский, К.В. Теория сварочных процессов / К.В Багрянский, З.А. Добротина, К.К. Хренов. - Киев: Высш. Шк., 1976. – 424 с
4. Экспериментальные и расчётные методы оценки склонности наплавленного металла к образованию горячих и холодных трещин [Электронный ресурс]: Методическое пособие; Рецензент: к.т.н., доцент В. Н. Арисова/ Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/5885111/>
5. ГОСТ 19521 – 74*. Сварка металлов. Классификация. - Введ. 1975-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1978. – 14с
6. Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / А.И.Акулов, Г.А.Бельчук, В.П.Демянцевич. - М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.
7. Автоматическая сварка под флюсом [Электронный ресурс] /. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: <http://weldingsite.in.ua/af.html>
8. Сварочные материалы для дуговой сварки: справочное пособие: в 2 т. Т. 1 Защитные газы и сварочные флюсы / Б.П. Конищев [и др.]; под общ.ред. Н. Н. Потапова. - М.: Машиностроение, 1989. – 544 с., ил.
9. Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом: в 2 ч. Ч. 1. Сварка в активных газах – 2-е изд., перераб. / А.Г. Потапьевский. – Киев: Екотехнологія, 2007. – 192 с.
10. Потапьевский, А.Г. Сварка в углекислом газе / А.Г. Потапьевский. – М.: Машиностроение, 1984. – 80 с.

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		88

11. Защитные газы и сварочные флюсы / Б.П. Конищев [и др.]; под общ.ред. Н. Н. Потапова. - М.: Машиностроение, 1989. – 544 с., ил.

12. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]; под общ.ред. В.Г.Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.

13. ГОСТ 14771-76* Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями N 1, 2, 3). — Взамен ГОСТ 14771-69; введ. 1977-07-01. — М: Стандартиформ: Изд-во стандартов, 2007.

14. Методические указания к курсовому проекту по курсу «Оборудование отрасли». Екатеринбург. ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. университет», 2008. 38с.

15. ГОСТ 23518-79* Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры; введ. 1980-01-01. — М: Стандартиформ: Изд-во стандартов, 2011.

16. Федосов, С.А. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.А. Федосов, И.Э. Оськин. — Электрон. дан. — М: Машиностроение, 2014. — 125 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/63218>. — Загл. с экрана.

17. Чернышов, Г.Г. Оборудование и основы технологии сварки металлов плавлением и давлением [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г.Г. Чернышов, Д.М. Шашин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 464 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/12938>. — Загл. с экрана.

18. Степанов, В.В. Справочник сварщика / В.В. Степанов. — М.:Машиностроение, 1983. – 559 с

19. Волченко, В.Н. Контроль качества сварки / В.Н. Волченко. — М.:Машиностроение, 1975. – 328 с.

20. Троицкий, В.А. Дефекты сварных швов и средства их обнаружения / В.П. Радько, В.Г. Демидко, В.А Троицкий. – Киев: Вища школа, 2003. – 1144 с

21. Крампит, Н.Ю. Сварочные приспособления. / А.Г Крампит, Н.Ю. Крампит – ЮТИ ТПУ, 2008 – 95 с.

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		89

22. Климов, А.С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.С. Климов, Н.Е. Машнин. — Электрон. дан. — СПб: Лань, 2017. — 236 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93001>. — Загл. с экрана.

23. Беляева, А. П. Профессионально – педагогическая технология в профессиональных учебных заведениях / А.П. Беляевой. – СПб: Высш. шк., 1995. – 294с.

24. Скакун, В. А. Методика производственного обучения: учебное пособие: в 2 ч. / В.А.Скакун. - М.: Профессиональное образование, 1992.

25. Профессиональная педагогика: учебник для вузов [Гриф УМО] / [А. М. Новиков и др.] ; под ред. С. Я. Батышева, А. М. Новикова. - 3-е изд., перераб. – М.: Ассоциация "Профессиональное образование", 2010. - 455 с

26. Эрганова Н.Е. Методика профессионального обучения: Учеб. пособие. 3-е изд., испр. и доп. - Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. унта, 2003. -150 с.

27. Кукушин, В. С. Теория и методика воспитательной работы: учеб. пособие для вузов / В. С. Кукушин. - 3-е изд., перераб. и доп. - Ростов на Дону : МарТ: Феникс, 2010. - 349 с. - (Педагогическое образование). - Библиогр.: с. 319-328.

28. Общая и профессиональная педагогика: Учебное пособие/ Под ред. В.Д. Симоненко. - М.: Вентана-Граф, 2005. 305 с.

29. Федулова М.А. Формирование специальной компетенции будущих педагогов профессионального обучения: дисс...канд. пед. наук: 13.00.02, 13.00.08: защищена 26.12.08: утв. 30.03.09. Федулова Марина Александровна. – Екатеринбург, 2008. — 208 с.

30. Методические рекомендации по выполнению и оформлению выпускной квалификационной работы. / М.А Федулова, Д.Х. Билалов. - Екатеринбург: ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2016. – 49 с.

					<i>ДП 440304.235 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		90