

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

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
СБОРКИ И СВАРКИ КРЫШКИ ЛЮКА ПОЛУВАГОНА**

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: 015

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 в профессиональном обучении в машиностроении и  
металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующий кафедрой ИММ  
\_\_\_\_\_ Б.Н.Гузанов  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**  
**СБОРКИ И СВАРКИ КРЫШКИ ЛЮКА ПОЛУВАГОНА**

Исполнитель:  
студент группы ЗСМ-405С \_\_\_\_\_ Д.С.Смышляев

Руководитель:  
ст. преподаватель \_\_\_\_\_ Е.В. Радченко

Нормоконтролер:  
к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Л.Т.Плаксина

Екатеринбург 2019

## АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит 50 листов машинописного текста, 6 рисунков, 12 таблиц, 30 использованных источников литературы, графическую часть на 5 листах формата А1.

Ключевые слова: КРЫШКА ЛЮКА ПОЛУВАГОНА, МЕХАНИЗИРОВАННАЯ СВАРКА, РОБОТИЗИРОВАННАЯ СВАРКА, ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМОВ СВАРКИ, ТЕХНОЛОГИЯ, ПРОГРАММА ПЕРЕПОДГОТОВКИ РАБОЧИХ, ПРОФЕССИЯ «ОПЕРАТОР АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ».

В дипломном проекте разработан технологический процесс сборки и автоматической сварки с применением робота, подобрано оборудование.

В методической части разработана программа переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением».

В дипломном проекте в технологической части на основе анализа базового варианта будет разработан проектируемый вариант технологического процесса изготовления крышки люка полувагона, включающий роботизированную сварку; методическая часть - посвящена проектированию программы подготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию производства сварки крышки люка полувагона.

					<i>ДП 44.03.04. 015 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Разработка технологического процесса сборки и сварки крышки люка полувагона</i>		<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Смышляев Д.С.</i>						
<i>Руковод.</i>		<i>Радченко Е.В.</i>					2	88
<i>Реценз.</i>							<i>ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО, каф. ИММ, гр. ЗСМ-405с</i>	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Плаксина Л.Т.</i>						
<i>Утверд</i>		<i>Гузанов Б.Н.</i>			<i>Пояснительная записка</i>			

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Технологический раздел.....	7
1.1 Описание конструкции .....	7
1.2 Характеристика материала, применяемого для изготовления изделия.....	9
1.3 Анализ существующего технологического процесса .....	10
1.4 Выбор вида сварки .....	12
1.4.1 Выбор сварочных материалов .....	17
1.5 Расчёт режимов сварки.....	19
1.6 Выбор необходимого технологического оборудования .....	27
3 Методическая часть .....	34
2.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов.....	35
2.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор роботизированной сварки».....	38
2.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология» .....	39
2.4 Разработка плана - конспекта урока.....	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	46
Приложение А Спецификация.....	49

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						4
		№ документа	Подпись	Дата		

## ВВЕДЕНИЕ

Одно из наиболее развивающихся направлений в сварочном производстве - широкое использование механизированной и автоматической сварки. Речь идет как о механизации и автоматизации самих сварочных процессов (переход от ручного труда сварщика к механизированному), так и о комплексной механизации и автоматизации, охватывающей все виды работ, связанных с изготовлением сварных конструкций и созданием поточных и автоматических производственных линий. С развитием техники возникает необходимость сварки деталей разных толщин из разных материалов, в связи с этим постоянно расширяется набор применяемых видов и способов сварки.

Из выписки международного информационно-аналитического обозрения Евразия Вести №1 2012 г.: «Акционерное общество «Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод» им. Ф.Э. Дзержинского – уникальный многоотраслевой машиностроительный комплекс в России. Ставит перед собой задачу выйти с продукцией вагоностроения на международный рынок, для чего необходимо создать новые производственные мощности, отвечающие европейским стандартам».

Уходят в прошлое полуавтоматы. На смену громоздким машинам и станкам пришли компактные промышленные роботы, которые позволяют максимально повысить качество выпускаемой продукции за счет снижения влияния того же человеческого фактора при изготовлении узлов серийно выпускаемых полувагонов, таких как боковые и торцевые стены, рамы и ее элементы, крышки люков, при общей сборке кузова. Перспективы Уралвагонзавода связаны не только с количественным ростом объемов производства подвижного состава на всех предприятиях корпорации, но и с качественным ростом за счет постоянного внедрения инноваций на производстве. А повышение эффективности в технологии изготовления железнодорожного транспорта произойдет только благодаря технологической модернизации производства.

На заводах практически все соединения выполняют с помощью, механизированной или автоматической сварки.

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						5
		№ документа	Подпись	Дата		

*Объектом* разработки является технология изготовления металлоконструкций.

*Предметом* разработки является процесс сборки и сварки крышки люка полувагона.

*Целью* дипломного проекта является разработка технологического процесса изготовления крышки люка полувагона с использованием роботизированной сварки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие *задачи*:

- проанализировать базовый вариант изготовления крышки люка полувагона;
- подобрать и обосновать проектируемый способ сварки металлоконструкции;
- провести необходимые расчеты режимов сварки;
- выбрать и обосновать сварочное и сборочное оборудование;
- разработать технологию сборки-сварки крышки люка полувагона;
- разработать программу подготовки электросварщиков для данного вида сварки.

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части на основе анализа базового варианта будет разработан проектируемый вариант технологического процесса изготовления крышки люка полувагона, включающий роботизированную сварку; методическая часть - посвящена проектированию программы подготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию производства сварки крышки люка полувагона.

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						6
		№ документа	Подпись	Дата		

# 1 Технологический раздел

## 1.1 Описание конструкции

Полувагон модели 12-132 четырехосный универсальный цельнометаллический с торцевыми стенами и люками в полу.



Рисунок 1.1 - Полувагон модели 12-132

Полувагон предназначен для перевозки массовых неагрессивных насыпных непылевидных, навалочных, штабельных и штучных грузов, не требующих защиты от атмосферных осадков при общесетевом использовании на железных дорогах РФ, стран СНГ и Балтии колеи 1520 мм.

Таблица 1.1 – Техническая характеристика полувагона модели 12-132

Грузоподъемность, т, не более	69,5
Масса тары, т	24
Объем кузова, м <sup>3</sup>	88
Длина полувагона по осям сцепления автосцепок, мм	13920
База полувагона, мм	8650
Высота от уровня головки рельса до верхней обвязки, мм	3780
Ширина наружная по стойкам до верхней обвязки, мм	3158
Максимальная расчетная статическая нагрузка от колесной пары на рельсы, кН (тс)	230 (23,5)
Конструкционная скорость, км/ч	120
Количество разгрузочных люков, шт	14
Модель тележки	18-100

Крышка разгрузочного люка – один из ответственных узлов полувагона. Она представляет собой сварную металлоконструкцию с габаритами в плане 1590x1430, в профиль 200 мм.

Крышка люка состоит из деталей:

- штампованный гофрированный лист– 1 шт.;
- обвязка передняя– 1 шт.;
- обвязка средняя – 1шт.;
- обвязка задняя – 1 шт.;
- правое усиление – 1 шт.;
- левое усиление – 1 шт.;
- заднее усиление– 1 шт.

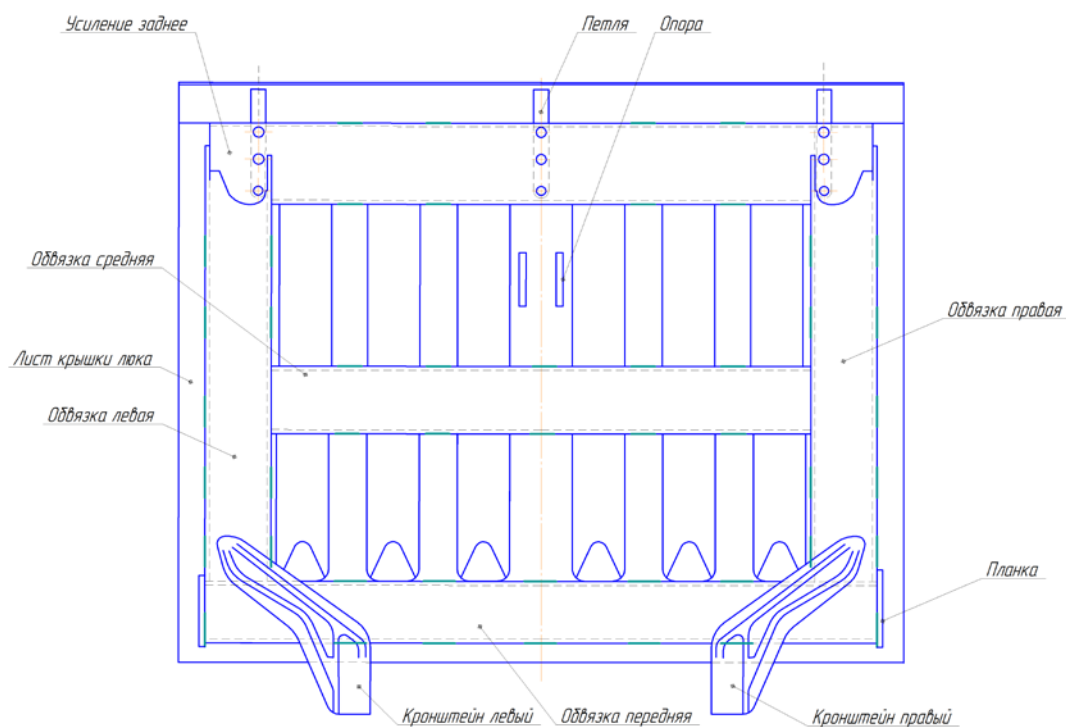


Рисунок 1.2 – Крышка люка

Основная нагрузка на крышку люка возникает при открывании, когда люк ударяется об опоры, которые приварены к промежуточным и шкворневым балкам. Поэтому сварные швы воспринимают максимальные динамические нагрузки в момент открывания люка полувагона. Данными особенностями обусловлены и требования к сварным швам крышки люка.

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						8
		№ документа	Подпись	Дата		



Конструкция крышки люка должна удовлетворять требованиям действующих «Норм для расчета и проектирования вагонов железных дорог РЖД колеи 1520 мм» и соответствовать требованиям стандартов и технических условий как в целом на узел, так и на комплектующие изделия и материалы.

Качество прокатных профилей для изготовления крышки люка удостоверяется сертификатом предприятия – изготовителя металла.

## 1.2 Характеристика материала, применяемого для изготовления изделия

Детали крышки люка изготовлены из стали марок 10ХНДП и 09Г2Д ГОСТ 19281-2014 «Прокат из стали повышенной прочности».

Стали 10ХНДП-14 и 09Г2Д-14 предназначены для изготовления гнутых профилей, листовых сварных конструкции вагонов, балок зетовых и вагонных стоек.

Химический состав и механические свойства этих сталей должны соответствовать ГОСТ 19281-2014 (см. таблицы 2-5).

Таблица 1.2 — Химический состав стали 10ХНДП

Массовая доля элементов, %						
C	Si	Mn	Cr	Ni	Al	Cu
не более						
0,12	0,17 – 0,37	0,3 – 0,6	0,5–0,8	0,3–0,6	0,05	0,3–0,5

Таблица 1.3 — Механические свойства стали 10ХНДП

Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Предел прочности $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %
330	460	21

Таблица 1.4 — Химический состав стали 09Г2Д

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu
0,12	0,17 – 0,37	1,40 – 1,80	0,30	0,30	0,30

Таблица 1.5 — Механические свойства стали 09Г2Д

Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Предел прочности $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %
330	460	21

Для изготовления сварных конструкций следует выбирать стали с гарантией свариваемости. Оценкой свариваемости является эквивалент углерода.

Эквивалент углерода определяется по формуле:

$$C_s = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr}{10} \quad (1.1)$$

Рассчитываем значение эквивалента углерода для стали 10ХНДП:

$$C_s = 0,12 + \frac{0,5}{20} + \frac{0,5}{15} + \frac{0,6}{10} = 0,238\%$$

Рассчитываем значение эквивалента углерода для стали 09Г2Д:

$$C_s = 0,12 + \frac{1,5}{20} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{10} = 0,245\%$$

Полученные расчетные значения эквивалентов  $C_s = 0,238\%$  (сталь 10ХНДП) и  $C_s = 0,245\%$  (сталь 09Г2Д) свидетельствуют о том, что эти стали являются хорошо свариваемыми, не склонны к образованию трещин, свариваются без ограничений.

### 1.3 Анализ существующего технологического процесса

В данный момент изготовление крышки люка осуществляется в соответствии с технологическим процессом, представленным в таблице 1.6.

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						10
		№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 1.6 – Схема технологического процесса

№ операции	Наименование операции	Оборудование
005	Подготовка	Консольный кран, сварочный полуавтомат; источник питания
010	Сборка – сварка	Автоматизированный комплекс; источники питания, приспособление сборочное
015	Сварка	Автоматизированный комплекс; источники питания, линия сварки
020	Слесарная	Линия сборки и сварки
025	Контроль	Линия сборки и сварки
030	Сварка (исправление дефектов)	Сварочный полуавтомат; источник питания
035	Транспортирование на складское место	Магнитный кран
040	Транспортирование на доварочный конвейер	Мостовой кран

На фоне динамичного развития сварочных технологий существующий технологический процесс устарел:

1. Высокая трудоёмкость труда.
2. Большой расход сварочных материалов.
3. Высокий расход электроэнергии.
4. Большие потери электродного металла на угар и разбрызгивание (на угар элементов 5-7%, при разбрызгивании от 10 до 30%). Разбрызгивание электродного металла при сварке в  $CO_2$  является одним из основных недостатков этого способа сварки. Разбрызгивание сопровождается увеличением расхода электродной проволоки и защитного газа, забрызгиванием поверхности свариваемых деталей и деталей сварочной горелки. Все это приводит к увеличению себестоимости сварочных работ за счет увеличения затрат на материалы и повышению трудоемкости вследствие затрат труда на зачистку от брызг.
5. Мощное излучение дуги.
6. Ограничение по сварочному току.
7. Сварка возможна только на постоянном токе.
8. Тяжелый физический труд человека.

На основе анализа существующей технологии изготовления крышки люка предлагаю следующие изменения:

- заменить линию с использованием автоматов, созданных на базе подающих механизмов полуавтоматов ПДГ-508, на робототехнический комплекс на основе робота фирмы KUKA, где предполагается и выполнение доварочных операций;

- типовой источник питания ВДУ-506 заменить на источник инверторного типа;

- защитный газ  $CO_2$  заменить на смесь  $Ar+CO_2$ .

В результате данных изменений можно получить экономическую эффективность за счет снижения трудоемкости и энергоемкости, расхода сварочных материалов, повысить уровень механизации, а значит, в целом повысить технологичность конструкции.

#### 1.4 Выбор вида сварки

В базовом проекте сварка люка полувагона осуществляется механизированной сваркой в среде защитных газов. Предлагается заменить на автоматическую сварку под флюсом или автоматическую сварку в среде защитных газов. Рассмотрим все три вида сварки.

Механизированная дуговая сварка в среде  $CO_2$

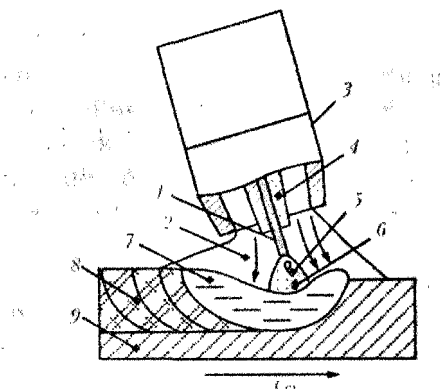
Наиболее широко сварка в углекислом газе применяется полуавтоматическая, заменяя во многих случаях ручную дуговую сварку покрытыми электродами благодаря простоте, дешевизне и высокой производительности. Сварка может выполняться в любом пространственном положении.

Механизированной дуговой сваркой называют способ соединения деталей (листов, балок, труб и др.) посредством сварного шва, образующегося из расплавленного основного и электродного металла, при котором подача электродной проволоки осуществляется автоматически, а перемещение сварочной дуги производят вручную.

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						12
		№ документа	Подпись	Дата		

Сущность этого вида сварки заключается в том, что электродная проволока (для защиты от коррозии ее часто покрывают тонким слоем меди) подается с постоянной скоростью в зону сварки; одновременно в эту же зону поступает углекислый газ, который обеспечивает защиту расплавленного или нагретого электродного и основного металлов от вредного воздействия окружающего воздуха. Защитный газ (углекислота) при этом подается от баллона через редуктор.

Поскольку защита сварочной ванны обеспечивается газовой средой (а не расплавленным веществом обмазки электрода, как при использовании штучного электрода), сварщик может наблюдать и контролировать весь процесс формирования шва. Кроме того, что полуавтоматическая сварка обеспечивает высокое качество шва, значительно облегчается поджиг дуги, резко возрастает удобство и скорость (т. е. эффективность) работы — сварщик избавлен от необходимости смены электродов и зачистки швов от шлака. К преимуществам можно также отнести значительное снижение вредных выбросов (аэрозолей и дымов) в атмосферу, что улучшает условия труда и упрощает вентиляцию рабочего места.



- 1- Плавящийся электрод 2- Область защищённая газом 3- Горелка  
4- Токоподводящий наконечник 5- Дуга 6- Капли расплавленного металла  
7- Сварочная ванна 8- Шов 9- Основной металл

Рисунок 1.3 - Схема горения дуги и формирование металла шва при сварке в среде  $\text{CO}_2$

Недостатком сварки в среде углекислого газа является сильное разбрызгивание металла и посредственное формирование шва. При сварке в открытых

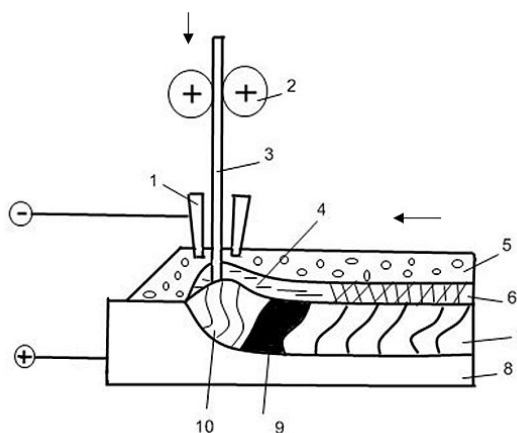
					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						13
		№ документа	Подпись	Дата		

помещениях, а также при наличии сквозняков или ветра углекислый газ оттесняется от свариваемых швов, что снижает его защитное действие. В результате в сварных швах могут появиться поры, которые снижают механические свойства наплавленного металла.

Необходимо особо отметить, что на качество сварного шва, кроме очевидных факторов - качества источника питания, проволоки, опыта сварщика и т. п., влияет также качество защитного газа. Например, повышенное содержание в углекислом газе азота и водорода, а также влаги приводит к порообразованию в металле шва.

В замкнутых сосудах сварку швов в среде углекислого газа применять не рекомендуется, так как в процессе сварки образуется значительная концентрация углекислого газа, при которой сварщик может угореть.

#### Автоматическая дуговая сварка под флюсом



1 – токопровод, 2 – механизм перемещения проволоки, 3 – проволока,  
4 – жидкий шлак, 5 – флюс, 6 – шлаковая корка, 7 – сварной шов,  
8 – основной металл заготовки, 9 – жидкий металл, 10 – электрическая дуга.  
Рисунок 1.4 - Схема автоматической дуговой сварки под флюсом

Под действием тепла дуги расплавляются электродная проволока и основной металл, а также часть флюса. В зоне сварки образуется полость, заполненная парами металла, флюса и газами. Газовая полость ограничена в верхней части оболочкой расплавленного флюса.

Расплавленный флюс, окружая газовую полость, защищает дугу и расплавленный металл в зоне сварки от вредного воздействия окружающей среды, осуществляет металлургическую обработку металла в сварочной ванне. По мере удаления сварочной дуги расплавленный флюс, прореагировавший с расплавленным металлом, затвердевает, образуя на шве шлаковую корку. После прекращения процесса сварки и охлаждения металла шлаковая корка легко отделяется от металла шва. Не израсходованная часть флюса специальным пневматическим устройством собирается во флюсоаппарат и используется в дальнейшем при сварке.

Автоматическая сварка под флюсом имеет следующие преимущества:

1. Высокую производительность сварки за счет применения значительно больших токов при том же или меньшем диаметре проволоки. Так, например, для проволоки диаметром 5 мм при ручной сварке ток в среднем равен 250А; при автоматической сварке под флюсом для проволоки диаметром 5 мм ток составляет 800 А и выше. Это обусловлено тем, что при сварке под флюсом ток подводят вблизи плавящегося конца электродной проволоки, а слой флюса предохраняет жидкий металл от разбрызгивания и выплескивания из ванны. Благодаря этому можно применять высокую плотность тока без опасения преждевременного расплавления электрода и выплескивания металла, что позволяет увеличивать скорость подачи проволоки в дугу, соответственно повышая производительность сварки.

При толщине листов 10 мм автоматическая сварка под флюсом снижает трудоемкость сварочных работ в два раза, а при больших толщинах - в четыре и более раза.

2. Высокие механические свойства и плотность наплавленного металла шва благодаря полной защите расплавленного металла флюсом от окисления, замедленному охлаждению, улучшению структуры наплавленного металла, удалению из него растворенных газов, обеспечению надежного провара корня и кромок шва.

3. Экономия электродной проволоки вследствие отсутствия потерь на угар, разбрызгивание и огарки.

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						15
		№ документа	Подпись	Дата		

4. Экономия электроэнергии благодаря лучшему использованию тепла сварочной дуги.

5. Менее вредно влияет на зрение сварщика, так как дуга горит под слоем флюса. При сварке не требуется применять щитки или шлемы для защиты зрения.

6. Автоматизацию и механизацию процесса сварки.

7. Упрощение контроля сварочного процесса.

#### Автоматическая дуговая сварка в среде $\text{CO}_2$

Сущность процесса сварки, что и у механизированной сварки в среде  $\text{CO}_2$  с той лишь разницей, при которой возбуждение дуги, подача электрода и перемещение дуги относительно изделия выполняются механизмами без непосредственного участия человека.

Преимущество сварки в среде углекислого газа перед сваркой под флюсом состоит в том, что сварщик может наблюдать за ходом сварки и горением дуги, так как она не закрыта флюсом; отсутствие флюса делает ненужными приспособления для его подачи и отсоса, усложняющие сварочное оборудование; отпадает необходимость в последующей очистке швов от шлака и остатков флюса, особенно при многослойной сварке.

Коэффициент наплавки при сварке в среде углекислого газа выше, чем при сварке под флюсом. При сварке током прямой полярности этот коэффициент в 1,5—1,8 раза выше, чем при сварке током обратной полярности. Процесс сварки отличается высокой производительностью, достигающей 18 кг/час наплавленного металла.

Скорость сварки достигает 60 м/час. Производительность сварки в среде углекислого газа в 2,5—4 раза выше, чем производительность ручной сварки покрытыми электродами, и в 1,5 раза выше, чем при сварке под флюсом.

Стоимость наплавки 1 кг металла при сварке в среде углекислого газа в 2—2,5 раза меньше, чем при ручной сварке, и на 10—20% меньше, чем при автоматической сварке под флюсом.

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						16
		№ документа	Подпись	Дата		



Сварка в защитной среде углекислого газа сейчас широко применяется в промышленности и во многих случаях успешно вытесняет не только ручную, но даже полуавтоматическую и автоматическую дуговую сварку под флюсом.

Главным достоинством процесса сварки в защитной среде углекислого газа являются:

1. Высокая степень использования тепла сварочной дуги, вследствие чего обеспечивается и высокая производительность сварку.
2. Высокое качество сварных швов.
3. Возможность сварки в различных пространственных положениях и на монтаже с применением аппаратуры для полуавтоматической и автоматической сварки.
4. Низкая стоимость защитного газа.
5. Возможность сварки металла малых толщин и сварки электрозаклепками.
6. Возможность сварки на весу без подкладок.

Проанализировав вышеперечисленные достоинства каждого вида сварки, для сборки крыши люка полувагона будем применять автоматическую сварку в среде защитных газов.

#### 1.4.1 Выбор сварочных материалов

При сварке в процессе изготовления крышки люка в качестве сварочных материалов требуется сварочная проволока и защитный газ.

*Сварочная проволока.*

Выбираем сварочную проволоку Св -08Г2С ГОСТ 2246 – 80 «Проволока стальная сварочная», сходную по химическому составу с основным металлом.

Таблица 1.7 - Химический состав проволоки Св-08Г2С

Марка	C	Si	Cr	Ni	S	P	Mn
Св - 08Г2С	0,10	0,06	0,10	0,25	0,025	0,030	0,80-1,10

Таблица 1.8 – Механические свойства металла шва и наплавленного металла по ГОСТ 2246-70

Механические свойства наплавленного металла	Нормативные	Типичные
Предел текучести, МПа	490-660	580
Временное сопротивление разрыву, МПа	≤375	475
Относительное удлинение, %	≤22	25
Работа удара, Дж	≤47(-20°C)	50

#### Защитный газ

Для сварки предлагается использовать газовую смесь Ar + CO<sub>2</sub>. Смеси защитных газов используются для улучшения процесса сварки и качества сварного шва.

Недостаток сварки в CO<sub>2</sub> – в большом разбрызгивании, обнаружился сразу же при ее разработке в начале 50-х годов.

Широко применяемый в сварочном производстве способ защиты сварочной ванны с помощью однокомпонентных газов (двуокись углерода или аргон) со временем не стал удовлетворять требованиям качества и производительности. Дальнейшим этапом повышения эффективности сварки при изготовлении сварных металлоконструкций стало применение многокомпонентных газовых смесей на основе аргона.

Защитные газовые смеси для сварки плавящимся электродом на основе аргона:

- газовая смесь Corgon 18 (К-18). Это наиболее универсальная из всех смесей для углеродисто-конструкционных сталей. Состоит из 82% аргона и 18% двуокиси углерода. Подходит практически для всех типов материалов;
- газовая смесь К-3.2. Это смесь 86% аргона, 12% двуокиси углерода, 2% кислорода. Дает устойчивую дугу с широкой зоной нагрева и хорошим проваром профиля, подходит для глубокого провара, сварки коротких швов и для ручной, автоматической и сварки применением робота-автомата;
- газовая смесь К-3.3. Это смесь 78% аргона, 20% двуокиси углерода, 2% кислорода, специально разработанная для глубокого провара широкого ассортимента профилей. Смесь хорошо подходит для наплавки и сварки толстых прокатных (сортовых) сталей.

После изучения характеристик газовых защит выбираем для механизированной сварки газовую смесь Corgon 18 (К-18).

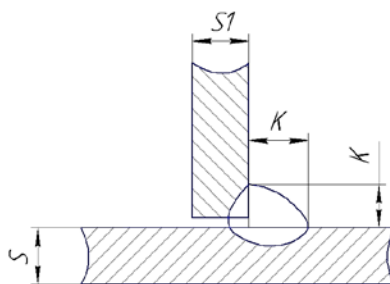
Газовая смесь «Corgon 18» - это смесь 82 % аргона и 18 % диоксида углерода. Преимущества газовой смеси:

- потери электродного металла на разбрызгивание снижаются на 80%;
- количество прилипания брызг в районе сварного шва снижается, вследствие чего уменьшается трудоемкость их удаления;
- производительность сварки за единицу времени гораздо больше, в сравнении с традиционной сваркой;
- увеличивается глубина провара шва, что приводит к большей прочности конструкций;
- повышается стабильность процесса сварки;
- качество сварного шва приводит к снижению пористости металла и уменьшению неметаллических включений;
- улучшаются условия труда;
- сохраняется здоровье сварщика;
- общая экономия средств составляет не меньше 15 – 20%.

Кроме того, газовая смесь «К-18» рекомендована при использовании роботов фирмы КУКА.

### 1.5 Расчёт режимов сварки

Соединение Т1 по ГОСТ 14771 – 76



$$S=5, K=5, b=1$$

Рисунок 1.5 – Соединение Т1 по ГОСТ 14771-76, сварной шов №1

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						19
		№ документа	Подпись	Дата		

1. Рассчитаем площадь наплавленного металла для сварного шва №1

$$F_H = \frac{K^2}{2} + 1,05k \quad (1.3)$$

где  $k$  – катет шва,  $k = 8$  мм

$$F_H = \frac{5^2}{2} + 1,05 \cdot 5 = 17,75 \text{ мм}^2$$

Сварка в защитном газе допускает получение сечений наплавленного металла сварного шва  $41 \text{ мм}^2$ . Выполним сварку в 1 проход. Примем площадь наплавленного металла равной  $F_H = 18 \text{ мм}^2$ , что предполагает получение сварного шва катетом  $K = 5$  мм по формуле [5]

$$h_{K1} = (0,7 \div 1,1)K \quad (1.4)$$

$$h_{K1} = 0,7 \cdot 5 = 3,5 \text{ мм}$$

где  $h_{K1}$  – расчетная глубина проплавления, мм

Выполним расчет диаметра электродной проволоки  $d_{\text{э}}$  по формуле [1]

$$d_{\text{э}} = K_d F_n^{0,625} \quad (1.5)$$

где  $K_d$  – табличный коэффициент,  $K_d = 0,12$  [5]

при сварке в нижнем положении

$$d_{\text{э}} = 0,12 \cdot 18^{0,625} = 0,73 \text{ мм}$$

Примем  $d_{\text{э}} = 0,8$  мм, как диаметр проволоки из основного ряда диаметров по ГОСТ 2246-70.

Рассчитаем значение сварочного тока  $I_{\text{св}}$  через расчетную глубину проплавления и коэффициент проплавления  $K_H$  принимаем из таблицы [2]

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						20
		№ документа	Подпись	Дата		

$$I_{CB} = \frac{h_{K1}}{K_H} 100, A \quad (1.6)$$

$$I_{CB} = \frac{3.5}{2.9} 100 = 120.7 A$$

Примем  $I_{CB} = 120 \pm 5 A$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [5]

$$l_{\text{Э}} = 10d_{\text{Э}} \pm 2 d_{\text{Э}} \quad (1.7)$$

$$l_{\text{Э}} = 10 \cdot 0.8 \pm 2 \cdot 0.8 = 8 \pm 1,6$$

Вылет электродной проволоки в диапазоне 6.4 ÷ 9.6 мм

Принимаем величину потерь  $\Psi = 3,8\%$  [31]

$$j = \frac{4 \cdot I_{CB}}{\pi d_{\text{Э}}^2} \quad (1.8)$$

$$j = \frac{4 \cdot 120}{3,14 \cdot 0,8^2} = 240 A / \text{мм}^2$$

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [5]

$$\alpha_P = 1.21 \cdot I_{CB}^{0,32} \cdot l_{\text{Э}}^{0,39} \frac{1}{d_{\text{Э}}^{0,64}} \quad (1.9)$$

$$\alpha_P = 1.21 \cdot 120^{0,32} \cdot 9,6^{0,39} \frac{1}{0,8^{0,64}} = 15,4 \text{ г} / A \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_H = \alpha_P \frac{100 - \Psi}{100} \quad (1.10)$$

$$\alpha_H = 15,4 \frac{100 - 3,8}{100} = 14,8 \text{ г} / A \cdot \text{ч}$$

где  $\alpha_P$  – коэффициент расплавления г/А·ч;

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						21
		№ документа	Подпись	Дата		

$\alpha_H$  – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки  $V_{CB1}$

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (1.11)$$

$$V_{CB1} = \frac{14.8 \cdot 120}{3600 \cdot 7.8 \cdot 0.18} = 0.36 \text{ см/с} = 12.96 \text{ м/ч}$$

где  $\rho$  – плотность стали,  $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$

Рассчитаем напряжение на дуге, В [5]

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (1.12)$$

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot 120 = 20 \text{ В}$$

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_D \eta}{V_{CB}} \quad (1.13)$$

$$q_n = \frac{120 \cdot 20 \cdot 0,75}{0,36} = 5000 \text{ Дж/см}$$

где  $q_n$  – погонная энергия, Дж/см

$\eta$  – коэффициент полезного действия дуги,  $\eta = 0,75$

Рассчитаем коэффициент провара  $\psi_{ПР}$  по формуле [5]

$$\psi_{ПР} = K(19 - 0.01 I_{CB}) \frac{d_{\text{э}} U_D}{I_{CB}} \quad (1.14)$$

$$\psi_{ПР} = 0,92(19 - 0.01 \cdot 120) \frac{0,8 \cdot 20}{120} = 2.18$$

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						22
		№ документа	Подпись	Дата		

где  $\psi_{\text{ПР}}$  – коэффициент провара

$K$  – коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при  $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$  для постоянного тока обратной полярности  $K = 0,92$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициентом  $\psi_{\text{ПР}}$  в пределах  $\psi_{\text{ПР}} = 0,8 \div 4$ , то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [5]

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{\text{ПР}}}} \quad (1.15)$$

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{5000}{2,18}} = 0,39 \text{ см}$$

где  $h$  – фактическая глубина проплавления, соответствующая рассчитанному режиму сварки. Принятая к расчету глубина проплавления ( $h_{\text{кл}} = 3,5 \text{ мм}$ ) и фактическая глубина проплавления ( $h = 3.9 \text{ мм}$ ) практически совпали, отклонение менее 10%, что допустимо.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot F_{\text{Нл}} \cdot V_{\text{Св}} \cdot (1 + 0.01 \psi_{\text{Р}})}{\pi \cdot d_{\text{Э.Пл}}^2} \quad (1.16)$$

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot 18 \cdot 0,36 \cdot (1 + 0.01 \cdot 2.18)}{3.14 \cdot 0.8^2} = 132 \text{ м/ч}$$

Таблица 1.7 - Параметры режима сварки соединения Т1 механизированной сваркой

$d_{\text{Э}}$ , мм	$I_{\text{СВ}}$ , А	$l_{\text{Э}}$ , мм	$V_{\text{СВ}}$ , м/ч	$U_{\text{д}}$ , В	$V_{\text{Пл}}$ , м/ч	$F_{\text{Нл}}$ , мм <sup>2</sup>
0,8	120±5	6,4÷1,6	13±5	20	130±5	18

В проекте сварка будет осуществляться робототехническим комплексом, поэтому рассчитаем режимы сварки для робота.

Выбираем электродную проволоку  $d_{\text{э}}=1,6$  мм

Выбираем силу сварочного тока в соответствии с рекомендованными для робота  $I_{\text{СВ}} = 300$  А

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [5]

$$l_{\text{э}} = 10d_{\text{э}} \pm 2 d_{\text{э}} \quad (1.17)$$
$$l_{\text{э}} = 10 \cdot 1,6 \pm 2 \cdot 1,6 = 16 \div 3,2 \text{ мм}$$

Принимаем величину потерь  $\Psi=3,8\%$  [31]

$$j = \frac{4 \cdot I_{\text{СВ}}}{\pi d_{\text{э}}^2} \quad (1.18)$$
$$j = \frac{4 \cdot 300}{3,14 \cdot 1,6^2} = 150 \text{ А / мм}^2$$

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [5]

$$\alpha_{\text{р}} = 1,21 \cdot I_{\text{СВ}}^{0,32} \cdot l_{\text{э}}^{0,39} \frac{1}{d_{\text{э}}^{0,64}} \quad (1.19)$$

$$\alpha_{\text{р}} = 1,21 \cdot 300^{0,32} \cdot 16^{0,39} \frac{1}{1,6^{0,64}} = 19,5 \text{ г / А} \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} \frac{100 - \Psi}{100} \quad (1.20)$$

$$\alpha_{\text{н}} = 19,5 \frac{100 - 3,8}{100} = 18,7 \text{ г / А} \cdot \text{ч}$$

где  $\alpha_{\text{р}}$  – коэффициент расплавления г/А·ч;

$\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент наплавки г/А·ч

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						24
		№ документа	Подпись	Дата		



Рассчитаем скорость сварки  $V_{CB1}$

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (1.21)$$

$$V_{CB1} = \frac{18,7 \cdot 300}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,18} = 1,11 \text{ см/с} = 40 \text{ м/ч}$$

где  $\rho$  – плотность стали,  $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$

Рассчитаем напряжение на дуге, В [5]

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (1.22)$$

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot 300 = 29 \text{ В}$$

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_D \eta}{V_{CB}} \quad (1.23)$$

$$q_n = \frac{300 \cdot 29 \cdot 0,75}{1,11} = 5829 \text{ Дж/см}$$

где  $q_n$  – погонная энергия, Дж/см

$\eta$  – коэффициент полезного действия дуги,  $\eta = 0,75$

Рассчитаем коэффициент провара  $\psi_{ПР}$  по формуле [5]

$$\psi_{ПР} = K(19 - 0,01 I_{CB}) \frac{d_{э} U_D}{I_{CB}} \quad (1.24)$$

$$\psi_{ПР} = 0,92(19 - 0,01 \cdot 300) \frac{1,6 \cdot 29}{300} = 3,13$$

где  $\psi_{ПР}$  – коэффициент провара

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						25
		№ документа	Подпись	Дата		

К – коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при  $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$  для постоянного тока обратной полярности  $K = 0,92$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициента  $\psi_{\text{ПР}}$  в пределах  $\psi_{\text{ПР}} = 0,8 \div 4$ , то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [5]

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{\text{ПР}}}} \quad (1.25)$$

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{5829}{3,13}} = 0,35 \text{ см}$$

где  $h$  – фактическая глубина проплавления, соответствующая рассчитанному режиму сварки. Принятая к расчету глубина проплавления ( $h_{\text{кл}} = 3,5 \text{ мм}$ ) и фактическая глубина проплавления ( $h = 3,5 \text{ мм}$ ) практически совпали, отклонение менее 10%, что допустимо.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot F_{\text{Нл}} \cdot V_{\text{Св}} \cdot (1 + 0.01 \psi_{\text{Р}})}{\pi \cdot d_{\text{Э.Пл}}^2} \quad (1.26)$$

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot 18 \cdot 1,11 \cdot (1 + 0.01 \cdot 3,13)}{3.14 \cdot 1,6^2} = 365 \text{ м/ч}$$

Таблица 1.8 - Параметры режима сварки соединения Т1 роботизированной сваркой

$d_{\text{Э}}$ , мм	$I_{\text{СВ}}$	$I_{\text{Э}}$ , мм	$V_{\text{СВ}}$ , м/ч	$U_{\text{д}}$ , В	$V_{\text{Пл}}$ , м/ч	$F_{\text{Нл}}$ , мм <sup>2</sup>
1,6	300±5	16÷3,2	40	29	365	18

## 1.6 Выбор необходимого технологического оборудования

В данном проекте предлагается, для совершенствования процесса изготовления крышки люка, произвести замену традиционного сварочного оборудования на робототехнический комплекс KR 16 ARC HW (оборудование фирмы KUKA).

Применение РТК имеет ряд положительных позиций:

- экономия рабочих площадей;
- высвобождение рабочих, которые могут быть использованы в другом производстве, где ручной труд не заменим;
- более эффективного использования мощности оборудования;
- повышения коэффициента использования оборудования;
- повышения качества продукции, уменьшения брака и объема работ по его исправлению;
- сокращения длительности производственного цикла и вспомогательного времени благодаря непрерывности технологического процесса;
- исключения человека из процесса, связанного с воздействием агрессивных средств, высоких температур и других, факторов, отрицательно влияющих на его здоровье;
- освобождение человека от монотонного и утомляющего труда;
- освобождения человека от работ, связанных с перемещением тяжелых грузов или преодолением больших расстояний;
- независимость человека от такта производства;
- исключение несчастных случаев.

Роботизированный комплекс фирмы KR 16 ARC HW для дуговой сварки плавящимся электродом состоит из следующих компонентов (см. рисунок 3):

- робот (поз.1);
- система управления роботом (поз.3);
- комплект кабелей (поз.2);
- ручной программатор КСР (поз.4);
- программное обеспечение (ПО);

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						27
		№ документа	Подпись	Дата		

- дополнительное оборудование, принадлежности.

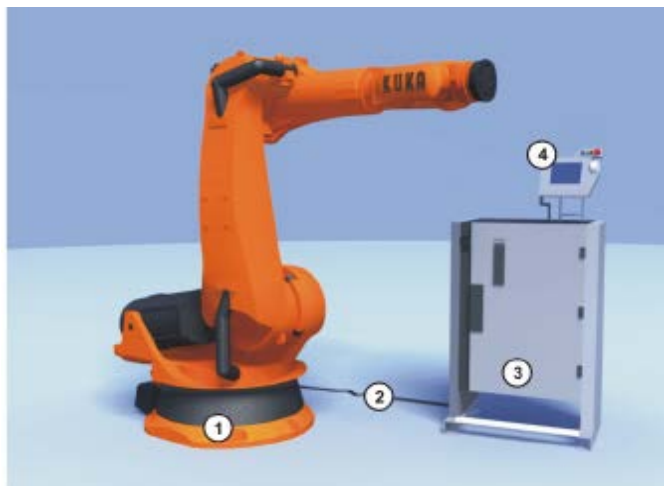


Рисунок 1.6 – Робототехнический комплекс

Робот KR 16 ARC HW - специалист по сварке в защитном газе. Данный титул он заработал благодаря некоторым своим уникальным функциям. Пропускное отверстие размером 50 мм в манипуляторе и руке позволяет прокладывать и безопасно перемещать комплект шлангов для защитного газа и энергоподвод внутри руки. Робот может оснащаться комплектом для простого интерактивного или онлайн программирования, комплектом гибких шлангов и комплектами бесконечно вращающихся шлангов для защитного газа.

Таблица 1.8 – Технические характеристики робота

Нагрузки	
Полезная нагрузка (кг)	8
Дополнительная нагрузка (кг)	12
Рабочая зона	
Макс. радиус действия (мм)	2016
Другие данные и исполнения	
Количество осей	6
Стабильность повторяемости (мм)	+/- 0,04 мм
Вес (кг)	240
Монтажное положение	Потолочное, напольное
Система управления	KR C4

Особенности роботов для дуговой сварки KUKA:

Подходит для пайки, электродуговой сварки, лазерной и других видов сварки, обработки и покраски поверхностей, различных операций манипулирования.

Возможна различная комплектация роботов позиционерными, дополнительными опциями, ПО и горелками.

Оптимизация. Уменьшенная рука робота и большое расстояние между 5 осью и фланцем позволяют увеличить рабочее пространство, сварить шов глубоко внутри заготовки и обеспечить лучшую досягаемость даже в больших заготовках.

Жесткость. Прочная конструкция руки робота с двухсторонним креплением кисти гарантирует снижение вибраций в процессе сварки и устойчива к небольшим столкновениям.

Простота, малый вес и компактность. Можно устанавливать в разных положениях.

В качестве источника питания сварочной дуги используется инверторный аппарат типа TP5/T5 4000/5000.

Функции цифрового инверторного аппарата:

- синергетический режим;
- включает 43 сварочные программы;
- МИГ пайка оцинкованных листов;
- многопроцессность: МИГ/МАГ, ТИГ;
- цифровой экран, отображающий величину сварочного тока, напряжения, длины дуги, скорости подачи проволоки, толщины листа, абсолютные размеры, скорость сварки, номер операции, функция удержания, перегрев, промежуточный индикатор дуги;
- импульс отрыва капли;
- рабочая память;
- дополнительные функции для сварки алюминия;
- дополнительные панели дистанционного управления;
- цифровой интерфейс по датам RS 485 / RS 232;
- автоматическое охлаждение вентилятором.

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						29
		№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 1.9 - Технические характеристики инверторного аппарата

Наименование параметра	Значение
Напряжение питающей сети, В	3x220/3 x 380
Частота питающей сети, Гц	50/60
Номинальный сварочный ток, А (при ПВ, %)	410 (60%)
	310 (100%)
Напряжение холостого хода	54
Пределы регулирования сварочного тока, А	35-500
Количество роликов, шт	4
Количество ступеней регулирования, шт.	4x7
Потребляемый ток (100% ПВ), Вт	15,9
Рабочее напряжение, В	15,8-39
КПД	80% (200 А)
Диаметр электродной проволоки, мм	0,8-1,6
Тип разъема горелки	евроразъем
Масса, кг	156
Габариты, мм, не более	890/460/945

#### Сварочная горелка.

Все сварочные горелки поставляются как стандартные комплектующие работа и отличаются особой эксплуатационной надежностью; имеют встроенный водяной контур охлаждения и сменный соединительный фланец.



Рисунок 1.7 - Сварочная горелка

Очистка горелки может проводиться пневматическим способом (сжатым воздухом, 7 бар - минимально), а газовое сопло может использоваться как тактильный сенсор, служащий для обеспечения функции сдвига программ.

Таблица 1.10 - Технические характеристики сварочной горелки

Длина горелки	395 мм
Допустимая нагрузка при 100% D.C.	700 А
Угол наклона горелки	30

### Контроль качества сварных соединений

Контроль качества шва необходимо производить для выявления наружных дефектов шва.

Для выявления наружных дефектов используем визуально-измерительный контроль шва и МПД (магнитно-порошковая дефектоскопия). Визуально — измерительный контроль (ВИК) сварных швов — это внешний осмотр достаточно крупных сварных конструкций, как невооруженным глазом, так и при помощи различных технических приспособлений для выявления более мелких дефектов, не поддающихся первоначальной визуализации, а также с использованием преобразователей визуальной информации в телеметрическую. ВИК относится к органолептическим (проводится органами чувств) методам контроля и осуществляется в видимом спектре излучений. Визуальное обследование в поисках теоретических дефектов производят с внешней стороны сварного шва, где при их обнаружении можно выполнить минимальные измерения с помощью оптических приборов и инструментов, заключить акт визуального осмотра.

Магнитопорошковый контроль (МПД). Для обнаружения дефекта на поверхность контролируемого изделия наносят магнитный порошок. После намагничивания детали частички порошка соединяются в цепочку, а над дефектом они скапливаются под действием результирующей силы.

МПД предназначен для выявления тонких поверхностных и подповерхностных нарушений сплошности металла - дефектов, распространяющихся вглубь изделий. Такими дефектами могут быть трещины, волосовины, надрывы, флокены, непровары, поры. Чувствительность МПД определяется магнитными характеристиками материала контролируемого изделия, шероховатостью

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						31
		№ документа	Подпись	Дата		

поверхности контроля, ориентацией намагничивающих полей по отношению к плоскости дефекта, качеством дефектоскопических средств и освещенностью контролируемой поверхности.

Виды наружных дефектов: перекося и смещение кромок, неравномерное сечение шва по ширине и толщине, подрезы кромок основного металла, прожоги, не провары, незавершенные углубления швов, наружные трещины в шве, основном металле и др.

#### Лазерный датчик слежения за швом Scansonic TH 6D

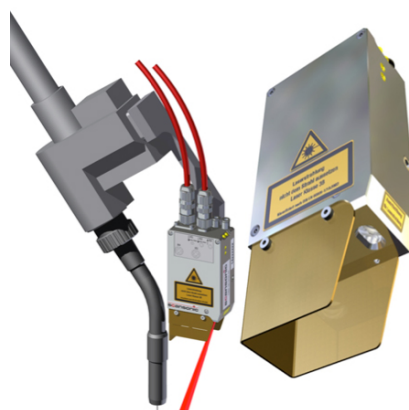


Рисунок 1.10 - Лазерный датчик слежения за швом Scansonic TH 6D

Система оптического слежения за швом TH6D предназначена для использования в автоматизированных производственных процессах лазерной и дуговой сварки, клейки или в других технологических операциях, где требуется четкое и безошибочное позиционирование рабочего инструмента.

Триангуляционный датчик, не касаясь поверхности, определяет шов между деталями и передает информацию роботу о положении шва, размере зазоров, смещениях, а также ориентирует сварочную технику к обрабатываемой поверхности. Датчик очень надежен в эксплуатации. Особенно, благодаря встроенному фильтру, который отсекает посторонний свет, помехи, и обеспечивает бесперебойную работу даже вблизи обрабатываемой поверхности. Качественная обработка сигналов позволяет надежно отслеживать швы на деталях со сложной геометрией и на поверхностях, обладающих высоким коэффициентом отражения.

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						32
		№ документа	Подпись	Дата		



Таблица 1.14 - Технические характеристики лазерного датчика слежения за швом Scansonic TH 6D

Наименование	M drive Rob 2Standart
Линий измерения	3
Диапазон измерения (ШхВ) мм	16x24
Разрешение, мм	0,03x0,07
Рабочее положение, мм	150(±12)
Диапазон частот, Гц	60-240
Рабочая температура	+10°Сдо+45°С
Размеры (ДхШхВ) мм	70x40x100
Вес, кг	0,53

Таблица 1.15 – Технологическая схема сборки и сварки люка полувагона

№ операции	Наименование операции	Содержание операции	Используемое оборудование и режимы
1	2	3	4
2	Комплектование	Клепанный подузел 1 шт Обвязка правая 1 шт Обвязка левая 1 шт Обвязка передняя 1 шт Обвязка средняя 1 шт	
3	Сборка	Клепанный подузел установить в стенд. Уложить поверх обвязки: боковые, переднюю, средние. Прихватка: $U_d = 20В$ , $I_{св} = 120А$ , $V_{св} = 13 \pm 5$ м/ч. Шаг прихватки 30/100.	Сборочный стенд сварочный полуавтомат Logch P 4500
4	Зачистка		Шлифмашинка ТМШ-20000, шабер, щётка металлическая
5	Сварка Сварка передней и средней обвязки с клёпанным подузлом.	Режимы $U_d = 29В$ , $I_{св} = 300А$ , $V_{св} = 40$ м/ч $d = 1.6мм$ , Св-08Г2С, Corgon 18 Шаг 60/150	Робототехнический комплекс (РТК) KR 16 ARC HW Источник питания TP5/T5 4000/5000
7	Сварка Сварка продольных швов	Режимы $U_d = 29В$ , $I_{св} = 300А$ , $V_{св} = 40$ м/ч $d = 1.6мм$ , Св-08Г2С, Corgon 18 Шаг 100/100	Робототехнический комплекс (РТК) KR 16 ARC HW Источник питания TP5/T5 4000/5000
	Зачистка		Шлифмашинка ТМШ-20000, шабер, щётка металлическая
11	Контроль	ВИК	Линейка-500 ГОСТ 427-75, Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89 УШС

### 3 Методическая часть

В технологической части разработанного дипломного проекта разработана технология сборки и сварки крышки люка полувагона. В процессе разработки предложена замена механизированной сварки рамы на электродуговую сварку с использованием роботизированного сварочного комплекса. Для осуществления данного технологического процесса разработана технология, предложена замена сборочного и сварочного оборудования на более современное, что позволяет использовать сварочного автомата для производства процесса сварки. Реализация разработанной технологии предполагает подготовку рабочих, которые могут осуществлять эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт предложенного оборудования.

К сварочным работам по проектируемой технологии допускаются рабочие по профессии «Оператор роботизированной сварки» уровень квалификации 3. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня), 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 такие нормативные документы как Профессиональные стандарты.

*Профессиональный стандарт* является новой формой определения квалификации работника по сравнению с единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих и единым квалификационным справочником должностей руководителей, специалистов и служащих.

*Профессиональные стандарты применяются:*

– работодателями при формировании кадровой политики и в управлении персоналом, при организации обучения и аттестации работников, разработке должностных инструкций, тарификации работ, присвоении тарифных

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						34
		№ документа	Подпись	Дата		

разрядов работникам и установлении систем оплаты труда с учетом особенностей организации производства, труда и управления;

- образовательными организациями профессионального образования при разработке профессиональных образовательных программ;

- при разработке в установленном порядке федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования.

## 2.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов

В данном случае рассмотрим следующие профессиональные стандарты:

1. 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)

2. Профессиональный стандарт «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (код 40.109, рег. № 664, Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России 31.12.2015 г., рег. № 40426).

На первом этапе рассмотрим функциональную карту видов трудовой деятельности по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня), так как в базовой технологии сварочные работы осуществляются с применением полуавтоматической сварки в среде защитных газов.

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

Характеристики	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Оператор роботизированной сварки
1	2	3
Трудовая функция	Частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) из различных материалов (сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов), предназначенных для работы под давлением, под статическими, динамическими и вибрационными нагрузками	Полностью механизированная и автоматическая сварка плавлением металлических материалов

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
Трудовые действия	Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настройка сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей). Выполнение частично механизированной сварки (наплавки) плавлением крышки люка полувагона	Изучает производственное задание, конструкторскую и производственно-технологическую документацию. Готовит рабочее место и средства индивидуальной защиты. Проверяет работоспособность и исправность сварочного оборудования для сварки в среде защитных газов.
Необходимые умения:	Проверять работоспособность и исправность сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настраивать сварочное оборудование для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением крышки люка полувагона	Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку. Применять сборочные приспособления для сборки и сварки в среде защитных газов
Необходимые знания	Специализированные функции (возможности) сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением. Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений сложных и ответственных конструкций, выполняемых частично механизированной сваркой (наплавкой) плавлением.	Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением и обозначение их на чертежах. Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов. Сварочные автоматы для сварки в среде защитных газов
Другие характеристики:	Область распространения частично механизированной сварки (наплавки) плавлением в соответствии с данной трудовой функцией: механизированная сварка крышки люка полувагона	Область распространения в соответствии с данной трудовой функцией: сварка дуговая в среде защитных газов крышки люка полувагона
Характеристики выполняемых работ:	прихватка элементов конструкции частично механизированной сваркой плавлением во всех пространственных положениях сварного шва; частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций типа крышки люка полувагона	

*Вывод:* результатом сравнения функциональных карт рабочих по профессиям «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня) и «Оператор роботизированной сварки» является следующее:

Необходимые знания:

Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку. Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку. Пользоваться техникой полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов. Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования для своевременной корректировки режимов в случае отклонений параметров процесса сварки, отклонений в работе оборудования или при неудовлетворительном качестве сварного соединения. Применять измерительный инструмент для контроля собранных и сваренных конструкций (изделий, узлов, деталей) на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации. Исправлять выявленные дефекты сварных соединений.

Необходимые умения:

Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением, и обозначение их на чертежах. Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов. Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью механизированную и автоматическую сварку плавлением. Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением. Сварочные материалы для полностью механизированной и авто-

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						37
		№ документа	Подпись	Дата		

матической сварки плавлением Требования к сборке конструкции под сварку. Технология полностью механизированной и автоматической сварки плавлением. Требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля. Виды дефектов сварных соединений, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения. Правила технической эксплуатации электроустановок. Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ. Правила эксплуатации газовых баллонов. Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте.

На основании выявленного сравнения возможно разработать содержание краткосрочной подготовки по профессии «Оператор роботизированной сварки» и провести данную работу в рамках промышленного предприятия без отрыва от производства.

## 2.2 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, общепромышленный 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.

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						38
		№ документа	Подпись	Дата		

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. Продолжительность обучения 1 месяц.

Таблица 2.2 - Учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор роботизированной сварки» 3-го уровня

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1.	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ	62
1.1	Основы экономики отрасли	3
1.2	Материаловедение	3
1.3	Основы электротехника	2
1.4	Чтение чертежей	2
1.5	Спецтехнология	52
2.	ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ	122
2.1	Упражнения по роботизированной сварке несложных деталей на учебно-производственном участке	36
2.2	Работа на предприятии	86
	Консультации	2
	Квалификационный экзамен	8
	ИТОГО	194

Реализация разработанного учебного плана осуществляется отделом технического обучения предприятия.

### 2.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»

Основной задачей теоретического обучения является формирование у обучаемых системы знаний об основах современной техники и технологии производства, организации труда в объеме, необходимом для прочного овладения профессией и дальнейшего роста профессиональной квалификации рабочих, формировании ответственного отношения к труду и активной жизненной позиции. Программа предмета «Спецтехнология» разрабатывается на основе квалификационной характеристики, учебного план переподготовки и учета требований работодателей.

Таблица 2.3 – Тематический план предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	Источники питания для роботизированной сварки	8
2	Сварочные материалы	6
3	Оборудование для роботизированной сварки	10
3.1	Устройство и основные узлы роботизированного сварочного автомата	5
3.2	Типовые конструкции сварочной головки	5
4	Технология роботизированной сварки	10
5	Контроль качества сварных швов	10
6	Техника безопасности при работе на автоматических сварочных установках	8
	Итого:	52

В данной программе предусматривается изучение технологии и техники роботизированной сварки, устройство работы и эксплуатации оборудования различных типов, марок и модификаций.

#### 2.4 Разработка плана - конспекта урока

В рамках теоретического обучения по предмету «Спецтехнология» нами разработана методика проведения урока.

Тема урока «Устройства и принцип работы сварочного робота KR 16 ARC HW»

##### Цели занятия:

*Обучающая:* Формирование знаний об устройстве и основных узлах сварочного робота KR 16 ARC HW, их назначении и принципе работы.

*Развивающая:* развивать техническое и логическое мышление, память, внимание.

*Воспитательная:* воспитывать сознательную дисциплину на занятии, ответственность и бережное отношение к оборудованию учебного кабинета.

Тип урока: урок новых знаний.

Методы обучения: словесный, наглядный, объяснительно иллюстративные методы.

##### Дидактическое обеспечение занятия:

– плакат «Конструкция сварочного робота KR 16 ARC HW»

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						40
		№ документа	Подпись	Дата		



### Структура урока:

1. Организационный момент;
2. Подготовка обучающихся к изучению нового материала;
3. Сообщение темы и цели занятия;
4. Актуализация опорных знаний;
5. Изложение нового материала;
6. Первичное закрепление изученного материала.
7. Выдача домашнего задания.

### **План-конспект**

Таблица 2.4 - План-конспект

Планы занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент 5мин.	Здравствуйте, садитесь, приготовьте тетради и авторучки.	Приветствую обучающихся, проверяю явку и готовность к занятию.
Подготовка обучающихся к изучению нового материала 10 мин	Тема раздела сегодняшнего занятия «Оборудование для роботизированной сварки» Тема занятия: «Устройства и принцип работы сварочного робота KR 16 ARC HW» Цель нашего занятия: «Формирование знаний об устройстве и основных узлах сварочного робота KR 16 ARC HW, их назначении и принципе работы»	Сообщаю тему раздела и занятия, объясняю значимость изучения темы. Мотивирую на продуктивность работы на занятии. Озвучиваю цель урока.
Актуализация опорных знаний 15 мин.	Для того что бы приступить к изучению нового материала повторим ранее пройденный материал по вопросам: 1. Чем отличается аппарат для механизированной сварки от аппарата для роботизированной сварки? 2. Расскажите о системе обозначения сварочных роботов.	Предлагаю ответить на вопросы по желанию, если нет желающих, опрашиваю выборочно.
Изложение нового материала 35минут	Хорошо! Повторили предыдущую тему, а теперь приступим к изучению нового материала по следующему плану: Основные узлы и механизмы сварочного робота; Сварочными роботами принято называть полностью автоматизированные системы для выполнения сварочных работ с возможностью программирования.	Прошу учащихся записать определение, что такое сварочный автомат и его назначение.

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3
	<p>Основные задачи, которые преследует роботизация — это вывод человека из сварочной зоны, полная автоматизация производства, а значит и повышение производительности в несколько раз. В настоящее время широко применяется автоматическая сварка. Это объясняется большой производительностью, качеством шва и экономически целесообразным решением. Автоматическая сварка широко применяется на конвейерных линиях в машиностроении при сварке корпусов всех видов транспортных средств и строительномонтажных конструкций при их предварительной сборке и сварке и т. д.</p> <p>Давайте рассмотрим основные узлы робота KR 16 ARC HW</p>	<p>Объясняю основные задачи по внедрению в технологии роботов.</p>
	 <p><b>Сварочный робот</b> состоит из механической части (собственно робота) и системы управления. Механическая часть робота имеет подвижную руку и шарнирную кисть, в захвате которой закрепляется рабочий инструмент. Сварочный робот, дополнительно комплектуется необходимым сварочным оборудованием. Например, сварочный робот для дуговой сварки в защитном газе имеет сварочную горелку, механизм подачи проволоки, катушку, газовую аппаратуру, источник</p>	<p>Показываю плакат «основные узлы робота KR 16 ARC HW» Дальнейшее объяснение веду по плакату</p> <p>Вместе разбираем устройство механизмов, схемы, записываем основные моменты.</p> <p>Рассказываю из каких элементов состоит робот.</p> <p>Диктую под запись.</p>

Окончание таблицы 2.6

1	2	3
	<p>питания сварочного тока. В этом случае в качестве рабочего инструмента робота используется сварочная горелка (при дуговой сварке) или сварочные клещи (при контактной точечной сварке). Механизм функционирует по определённой программе, и может быть перепрограммирован. Важный классификационный признак сварочных роботов – это число степеней свободы, то есть подвижность их руки. С увеличением количества степеней свободы сварочного манипулятора, усложняются производственные задачи, которые сможет выполнить этот механизм. Важно, что прообраз такого устройства – это человеческая рука, обладающая 37 подвижностями. Однако это большое число, которое большинству сварочных роботов просто не требуется, так как выполняемые им операции не многочисленны. Наличие трёх – восьми степеней свободы считается достаточным. Устройства для выполнения сварочных работ могут быть стандартного типа или могут производиться под конкретный заказ, исходя из технических требований заказчика.</p>	<p>Рассказываю о возможных комплектациях сварочного робота, в зависимости от технологических задач.</p> <p>Объясняю, что является рабочим элементом робота.</p> <p>Слушатели записывают.</p> <p>Рассказываю о степенях свободы робота.</p> <p>Отвечаю на вопросы слушателей.</p>
<p>Первичное закрепление 15 мин</p>	<p>Вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Почему внедряют в технологический процесс сварочные роботы?</li> <li>2. Из каких элементов состоит сварочный робот?</li> <li>3. Что называется рабочим элементом сварочного робота?</li> <li>4. Какое число степеней свободы имеет сварочный робот?</li> </ol>	<p>Задаю вопросы.</p> <p>Обобщаю ответы обучающихся</p>
<p>Выдача домашнего задания. 5 минут</p>	<p>Теперь запишем домашнее задание: повторить из каких узлов состоит сварочный робот и сколько степеней свободы имеет.</p>	<p>Разбираем домашнее задание, что нужно повторить к следующей теме.</p>

Методическая часть дипломного проекта раскрывает научно-обоснованную целенаправленную учебно-методическую работу преподавателя, которая обеспечивает единство планирования, организации и контроля качества усвоения нового содержания обучения.

Содержание технологического раздела дипломного проекта явилось составной частью методической разработки.

Выполнив методическую часть дипломного проекта:

- изучили и проанализировали Профессиональный стандарт по профессии «Оператор роботизированной сварки»;
- составили учебный план для обучения по профессии «Оператор роботизированной сварки»;
- разработали тематический план предмета «Спецтехнология»;
- разработали план - конспект урока по предмету «Спецтехнология», в котором максимально использовали результаты разработки технологического раздела дипломного проекта;
- разработали средства обучения для выбранного занятия.

Считаем, что данную разработку, возможно, использовать в процессе переподготовки рабочих по профессии «Оператор роботизированной сварки», ее содержание способствует решению основной задачи профессионального образования - подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочих профессий.

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						44
		№ документа	Подпись	Дата		

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения дипломного проекта был проанализирован базовый вариант изготовления крышки люка полувагона, выявлены его минусы. Были рассмотрены другие способы сварки и выбран один, по которому и разрабатывался в дальнейшем дипломный проект. Сделаны расчеты режимов сварки.

Разработана программа переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением».

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						45
		№ документа	Подпись	Дата		

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / А.И.Акулов, Г.А.Бельчук, В.П.Демянцевич. - М.: Машиностроение, 1977. - 432 с.
- 2 Теория сварочных процессов: учебник для вузов / А.В. Коновалов, А.С.Куркин, Э.Л.Макаров [и др.]; под ред. В.М. Неровного. — 2-е изд., испр. И доп. – М.: Изд-во МГТУ, 2007. - 752 с.
- 3 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.
- 4 Алешин, Н.П. Сварка, наплавка, контроль: в 2-х томах / Т.1 Н.П. Алешин - М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. - 428 с.
- 5 Милютин, В.С. Источники питания для сварки. / В.С. Милютин, М.П. Шалимов, С.М. Шанчуров. - М.: Айрис - пресс, 2007. - 384 с.
- 6 Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х Т.1/Редкол. Г.А. Николаев (пред.) и др. Под ред. Н.А. Ольшанского.- М.: Машиностроение, 1978. - 504 с.
- 7 Чернышов, Г.Г. Технология электрической сварки плавлением./ Г.Г. Чернышов, - М.: Издательский центр Академия, 2006. – 448 с.
- 8 Походня, И.К. Металлургия дуговой сварки. / Походня, И.К., Явдошин И.Р., Пальцевич А.П., Котельчук А.С. Под редакцией Походни И.К. - Киев: Наукова думка, 2004. - 442 с.
- 9 Куркин, С.А. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций / С.А. Куркин. - М.: Машиностроение, 1989. – 256 с.
- 10 Батышев, С.Я. Профессиональная педагогика: учебник для студентов, обучающихся по педагогическим специальностям и направлениям / С.Я.Батышев [и др.]. – М.: Ассоциация «Профессиональное образование», 1997. –512 с.

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						46
		№ документа	Подпись	Дата		

- 11 Беспалько, В. П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения / В. П. Беспалько. - М.: Высш. шк., 1995. – 336 с.
- 12 Бордовская, Н.В. Педагогика: учеб. для вузов. / Н.В. Бордовская, А.А. Реан. – СПб.: Питер, 2003. – 304 с.
- 13 Алексеенко, Н.А. Экономика промышленного предприятия: учеб. пособие / Н.А. Алексеенко, И.Н. Гуров. 2-е изд., доп. и перераб. - Минск: Изд-во Гревцова, 2011.- 264 с.
- 14 Волков, О.И. Экономика предприятия: учеб. пособие / О.И. Волков, В.К. Скляренко. 2-е изд. - М.: ИНФРА-М, 2013. - 264 с.
- 15 Скакун, В. А. Методика производственного обучения: учебное пособие: в 2 ч. / В.А. Скакун. - М.: Профессиональное образование, 1992.
- 16 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.
- 17 *Методические* указания к курсовому проекту по курсу «Оборудование отрасли» / сост. Л.Т. Плаксина, В.И. Панов, С.А. Задорина. - Екатеринбург: ГОУ ВПО Рос гос. проф.-пед. ун-т, 2008. - 38 с.
- 18 Российская государственная библиотека [Электронный ресурс] / Центр информационных технологий РГБ; ред. Власенко Т.В.; Web-мастер Козлова Н.В. - Электрон. дан. – М.: Рос. гос. б-ка, 2007. – Режим доступа: <http://www.rsl.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус, англ.
- 19 Каталог государственных стандартов [Электронный ресурс]: база данных содержит классификатор и базу данных нормативных документов. - Электрон. дан. – М.: RusCable.Ru, 1999. – Режим доступа: <http://gost.ruscable.ru/cgi-bin/catalog>. – Загл. с экрана
- 20 Багрянский, К.В. Теория сварочных процессов / К.В Багрянский, З.А. Добротина, К.К. Хренов. - Киев.: Высшая школа, 1976. – 424 с.
- 21 Сварка в СССР / под ред. В.А. Винокурова: в 2 т. - М.: Наука, 1981. - Т.2. – 540 с.

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						47
		№ документа	Подпись	Дата		

22 Справочное пособие по нормированию материалов и электроэнергии для сварочной техники / В.М. Рыбаков, Ю.В. Ширшов. - М.: Машиностроение, 1972. - 52 с.

23 Зубченко, А. С. Марочник сталей и сплавов / под ред. А. С. Зубченко. М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.

24 Верховенко Л.В. Справочник сварщика / Л.В. Верховенко, А.К. Тукин.: 2-е изд.. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 480 с.

25 Чвертко, А.И. Оборудование для механизированной дуговой сварки и наплавки / А.И.Чвертко, В.Е. Патон, В.А. Тимченко. – М.: Машиностроение, 1981. –264 с.

26 Толстов, И.А. Повышение работоспособности инструмента горячего деформирования / И.А. Толстов, А.В. Пряхин, В.А. Николаев.– М.: Металлургия, 1990. – 143 с.

27 Крагельский, И.В. Трение и износ в машинах / И.В. Крагельский. – М: Машгиз, 1962. – 382 с.

28 Винокуров, В.А. Справочник сварка в машиностроении: В 4-х т. / под ред. В.А. Винокурова. - М.: Машиностроение, 1979.

Т.1. – 504 с.

Т.2.- 462 с.

Т.3. – 567 с.

29 ГОСТ 2.104 – 68. Единая система конструкторской документации. Основные надписи. - Введ. 1971-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1971. – 35 с

30 ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия / переиздание с поправками и изм. 1 от 18.05.2011 - Москва. ред. 2011. – 19 с.

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						48
		№ документа	Подпись	Дата		



# Приложение А Спецификация

					ДП 44.03.04. 015 ПЗ	Лист
						49
		№ документа	Подпись	Дата		