

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования

РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОГО РОБОТА ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ  
СТЫКОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ

Дипломный проект  
по направлению 44.03.04. Профессиональное обучение (по отраслям)

Идентификационный код ВКР: 307

Екатеринбург

2017

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра технологии машиностроения, сертификации и  
методики профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующий кафедрой ТМС

\_\_\_\_\_ Н. В. Бородина

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017г.

РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОГО РОБОТА ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ  
СТЫКОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ

Пояснительная записка к дипломному проекту  
по направлению 44.03.04. Профессиональное обучение (по отраслям)  
Идентификационный код ВКР: 307

Исполнитель:

студент группы ЗКМ 403С

Д. В. Зыков

Руководитель:

доцент кафедры ТМС

канд. техн. наук, доцент

Г. Н. Мигачёва

Екатеринбург

2017

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 68 листов машинописного текста, 11 таблиц, 22 рисунка, 28 использованных источников, приложения на 30 листах, включающие чертежи и спецификации на 23 листах.

Ключевые слова: НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ, СВАРНОЙ ШОВ, ДЕФЕКТЫ, ТРУБОПРОВОД.

В дипломном проекте разработаны:

- предложения по совершенствованию процесса контроля сварных швов магистральных трубопроводов;
- конструкция автономного робота для визуального контроля корня сварного шва;
- методика визуального контроля корня сварного шва магистрального трубопровода;
- планы занятий по повышению квалификации специалистов ультразвукового контроля.

Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата		ДП 44.03.04. 307 ПЗ			
Инв. № подл.	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	Разработка автономного робота для визуального контроля стыковых сварных соединений трубопроводов. Пояснительная записка.			Тит	Лист	Листов
	Разраб.	Зыков							У	2	68
	Пров.	Мигачёва							РГППУ, ЗКМ-403С		
	Т. контр.										
	Н. контр.	Кривоногова									
	Уте.	Бородина									

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВИДАХ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ.....	8
1.1. Визуальный и измерительный контроль .....	8
1.2. Радиографический метод неразрушающего контроля .....	9
1.3. Ультразвуковой метод неразрушающего контроля.....	10
2. ДЕФЕКТЫ СВАРНЫХ ШВОВ .....	15
3. АНАЛИЗ ПРИЧИН БРАКА.....	24
3.1. Определение принципов браковки .....	24
3.2. Решение по совершенствованию контроля.....	25
4. РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОГО ВИДЕОРОБОТА.....	27
4.1. Формулировка условий .....	27
4.2. Техническое решение.....	27
5. МЕТОДИКА ОБСЛЕДОВАНИЯ СВАРНЫХ ШВОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОНОМНОГО ВИДЕОРОБОТА .....	33
6. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	38
6.1. Анализ нормативной документации.....	38
6.2. Обучение сотрудников на производстве .....	42
6.2.1. Теоретическое занятие .....	42
6.2.2. Практическое занятие.....	49
6.2.3. Комплект контрольно-оценочных средств по повышению квалификации «Специалист по ультразвуковому методу контроля» ..	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	66
Приложение А – Лист задания на выпускную квалификационную работу.....	69
Приложение Б.1 – Видеоробот Сборочный чертёж.....	71
Приложение Б.1.1 – Видеоробот Спецификация .....	72
Приложение Б.1.2 – Чертёж детали «Позиционирующая пластина».....	73
Приложение Б.2 – Видеоустройство Сборочный чертёж.....	74
Приложение Б.2.1 – Видеоустройство Спецификация .....	75

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04. 307 ПЗ

Лист

3

Приложение Б.2.2 – Чертёж детали «Основание».....	76
Приложение Б.2.3 – Чертёж детали «Рамка».....	77
Приложение Б.2.4 – Чертёж детали «Направляющая».....	78
Приложение Б.2.5 – Чертёж детали «Кронштейн».....	79
Приложение Б.3.2 – Рама с приводом Сборочный чертёж.....	80,
Приложение Б.3.1 – Рама с приводом Спецификация .....	81
Приложение Б.3.2 – Чертёж детали «Рама».....	83
Приложение Б.3.3– Чертёж детали «Сменная ось»....	84
Приложение Б.3.4 – Чертёж детали «Втулка».....	85
Приложение Б.3.5 – Чертёж детали «Задняя ось».....	86
Приложение Б.3.6 – Чертёж детали «Вставка».....	87
Приложение Б.4 – Подшипник в корпусе Сборочный чертёж.....	88
Приложение Б.4.1 – Подшипник в корпусе Спецификация .....	89
Приложение Б.4.2 – Чертёж детали «Корпус».....	90
Приложение Б.5 – Колесо Сборочный чертёж.....	91
Приложение Б.5.1 – Колесо Спецификация .....	92
Приложение Б.5.2 – Чертёж детали «Колесо».....	93
Приложение Б.5.3 – Чертёж детали «Шина».....	94
Приложение В – Акт испытаний рабочей модели видеоробота.....	95
Приложение Г – Производственная характеристика.....	96
Приложение Д – Карточка – задание.....	97
Приложение Е – Карта дефектов.....	98
Приложение Ж – Лист утверждения методики обследования.....	99
Приложение И – Приказ о внедрении разработки.....	99

## СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

НК – Неразрушающий контроль.

ВИК – Визуально измерительный контроль.

РК – Радиографический контроль.

УЗК – Ультразвуковой контроль.

					<i>ДП 44.03.04. 307 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>5</i>

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время средний срок эксплуатации около 40% магистральных газопроводов превысил 30-летний рубеж. Старение магистральных трубопроводов влечет за собой большой объем работ по их ремонту и реконструкции [1]. Неразрушающий контроль качества сварных соединений – важнейшая технологическая операция, выполняющая функцию подтверждения соответствия качества сварочных работ требованиям нормативной документации, где ультразвуковой метод неразрушающего контроля является одним из основных. Современный уровень развития средств неразрушающего контроля и их многообразие также требуют рационального выбора способов в зависимости от примененной технологии сварки и в целом от организации сварочно-монтажных работ на объекте. В связи с тем, что при больших объемах сварочных работ в основном стали применяться механизированные способы сварки, возникла потребность применения механизированного и автоматизированного ультразвукового контроля.

Актуальность работы обусловлена тем, что проведение механизированного и автоматизированного ультразвукового контроля затруднено сложностью идентификации дефектов корня сварного шва, таких как непровар в корне шва, незаполнение корня сварного шва, провис, трещина. В тоже время выше названные дефекты легко определяются при визуальном контроле. Для проведения визуального контроля корня сварного шва трубопровода предназначена предлагаемая разработка. Для обучения Специалистов НК новым методам работы в данном дипломном проекте разработаны планы занятий повышения квалификации специалистов по ультразвуковому контролю.

					<i>ДП 44.03.04. 307 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

Целями данной работы является:

- разработка конструкции автономного робота для визуального контроля стыковых сварных соединений трубопроводов;
- разработка методики контроля корня сварного шва с применением автономного видеоробота;
- разработка планов занятий по повышению квалификации специалистов ультразвукового контроля.

Для достижения цели данной работы поставлены следующие задачи:

- выполнить аналитический обзор информации по дефектам сварных швов трубопроводов;
- выполнить аналитический обзор информации по способам контроля сварных швов магистральных трубопроводов;
- выполнить аналитический обзор информации по оборудованию дистанционного визуального контроля;
- выполнить аналитический обзор информации по способам ультразвукового контроля стыковых сварных соединений, акцентируя внимание на особенностях применения механизированного и автоматизированного ультразвукового контроля;
- разработать конструкцию автономного робота для визуального контроля стыковых сварных соединений трубопроводов;
- разработать методику визуального контроля корня сварного шва магистрального трубопровода с применением автономного видеоробота;
- разработать планы занятий повышения квалификации специалистов по ультразвуковому контролю.

Разработанный робот и программа повышения квалификации позволят предприятию ООО «Газдиагностика» повысить качество и сократить время проведения ультразвукового контроля сварных соединений магистральных газопроводов.

					<i>ДП 44.03.04. 307 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7



# 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВИДАХ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Классификация видов НК установлена государственным стандартом ГОСТ Р 56542-2015 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов» [2]. Методы каждого вида неразрушающего контроля классифицируются по следующим признакам:

- характеру взаимодействия физических полей или веществ с контролируемым объектом;
- первичным информативным параметрам;
- способам получения первичной информации.

В названии методов присутствуют классификационные признаки видов, свойственных данному методу неразрушающего контроля. Рассмотрим подробнее основные методы, применяемые при контроле сварных швов.

## 1.1. Визуальный и измерительный контроль

Проведение ВИК регламентировано РД 03-606-03 «Инструкция по визуальному и измерительному контролю» [3]. ВИК применяется практически в любом производстве, предваряя проведение любого другого метода контроля, а зачастую является единственным видом применяемого контроля.

Этот вид контроля отличается от других физических методов НК границами спектра электромагнитного излучения используемого для получения информации об объекте контроля. При ВИК используется видимое излучение (свет), которое отражаясь от объекта контроля вызывает зрительное ощущение [4]. Распределение спектральных областей в зависимости от длины волны и частоты приведено на рисунке 1.

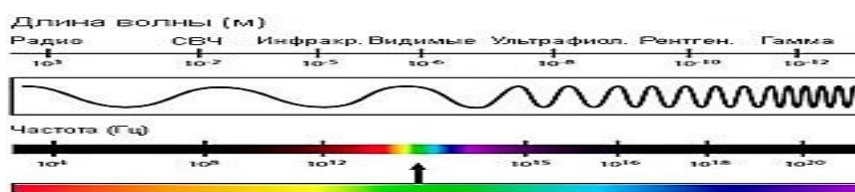


Рисунок 1 - Электромагнитный спектр

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04. 307 ПЗ

Лист

8

Несмотря на то, что этот метод не требует дорогостоящего оборудования, он не уступает по информативности и точности другим видам НК, а при контроле наружных поверхностей, возможно и превосходит их.

## 1.2. Радиографический метод неразрушающего контроля

Радиографический контроль служит для выявления, как внутренних дефектов, так и недоступных для визуального контроля поверхностных дефектов и осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7512-82 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод» [5].

Радиографический метод контроля основан на способности рентгеновских лучей проникать через металл и воздействовать на светочувствительную рентгеновскую пленку, расположенную с обратной стороны сварного шва. В местах где имеются дефекты сплошности контролируемого материала (непровары, поры, трещины, шлаковые включения и др.) поглощение лучей будет меньше и они будут более активно воздействовать на чувствительный слой рентгеновской пленки и напротив, в местах поглотивших большее количество энергии (имеющие большую толщину или плотность) воздействие на чувствительный слой рентгеновской пленки будет меньше. Пример изображения дефектов полученных при проведении РК приведён на рисунке 2.

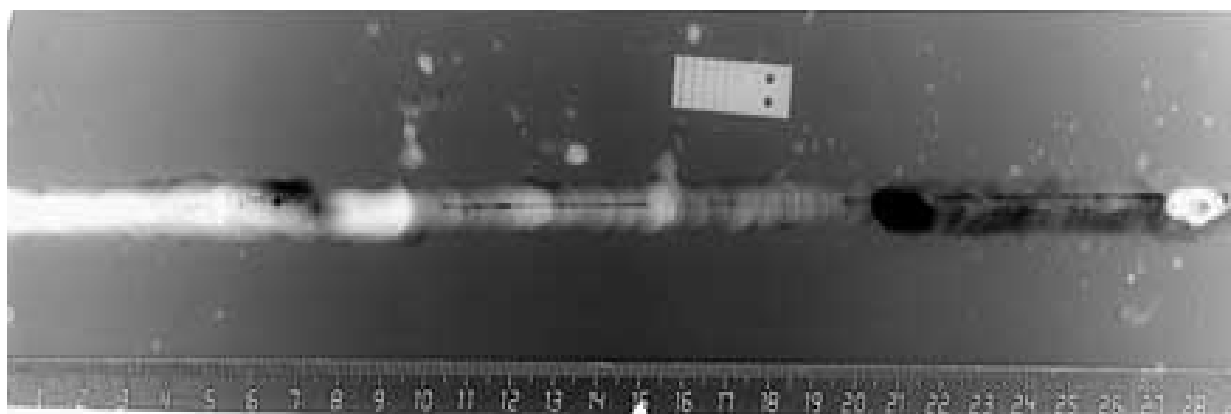


Рисунок 2 - Рентгенографическое изображение стыкового сварного шва с дефектами

					<i>ДП 44.03.04. 307 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

Радиографический контроль сварных соединений обнаруживает наличие шлаковых включений, трещин и подрезов, радиальных деформаций контура (выпуклостей и вогнутостей) шовных соединений, в том числе с внутренней стороны шва.

Преимущества рентгеновского контроля:

- Возможность точной локализации обнаруженных дефектов, что дает возможность быстрого ремонта;
- Возможность оценки величины выпуклости и вогнутости валиков усиления сварного шва.
- Возможность наглядно определять вид и характер выявленных дефектов.

Недостатки рентгеновского контроля:

Радиационный контроль не позволяет выявлять: поры и включения или непровары и трещины диаметром поперечного сечения или высотой менее удвоенной чувствительности контроля; непровары и трещины с раскрытием менее 0,1 мм или если их плоскость раскрытия перпендикулярно направлению просвечивания; любые дефекты, если их изображение на снимках совпадает с изображением посторонних деталей, острых углов или резких перепадов толщин свариваемых элементов. Кроме того к существенным недостаткам радиографического контроля следует отнести его рентгеновское излучение, являющееся ионизирующим, которое оказывает воздействие на живые организмы и может являться причиной лучевой болезни и рака [6].

### **1.3. Ультразвуковой метод неразрушающего контроля**

Ультразвуковой метод контроля сварных соединений является одним из основных методов неразрушающего контроля. Требования к проведению УЗК устанавливает ГОСТ Р 55724-2013 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые» [7].

Ультразвуковой контроль основан на способности высокочастотных колебаний (обычно в диапазоне волн от 0,5МГц до 10МГц) проникать в металл

					<i>ДП 44.03.04. 307 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

и отражаться от поверхности пустот и включений с плотностью отличной от плотности контролируемого объекта [8]. Искусственно созданная направленная волна проникает в проверяемое соединение и в случае обнаружения дефекта отклоняется от своего нормального распространения, принцип проведения УЗК приведён на рисунке 3. Оператор видит это отклонение на экранах приборов и по определенным показаниям данных может дать характеристику выявленному дефекту, например:

- расстояние до дефекта — по времени распространения ультразвуковой волны в материале;
- относительный размер дефекта — по амплитуде отраженного импульса.

На сегодняшний день в промышленности применяют пять основных методов проведения УЗК (согласно ГОСТ 23829-85) [11], которые отличаются между собой только способом регистрации и оценки данных.

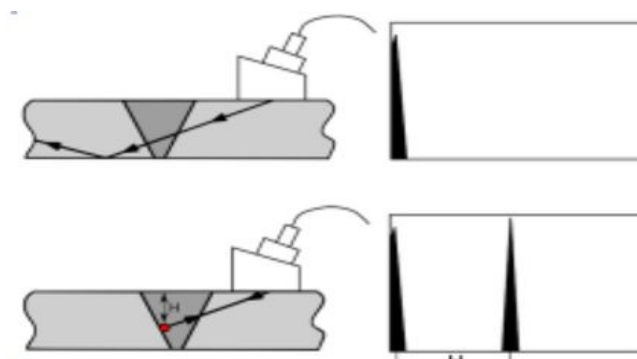


Рисунок 3 - Обнаружение дефекта при УЗК

Ультразвуковой метод применяют в основном для выявления внутренних дефектов, но может быть использован и для выявления поверхностных дефектов. Важнейшим преимуществом ультразвукового контроля, в отличие от радиографии, является высокая вероятность выявления наиболее опасных плоскостных дефектов. Экспериментальным путем установлено, что производительность ультразвукового контроля в среднем в 3-10 раз выше радиографического. Кроме того, себестоимость ультразвукового контроля в 4-8 раз ниже.

Ультразвуковые методы контроля качества металлов и сварочных соединений имеют ряд преимуществ. К ним относятся безопасность для человека, высокая скорость и точность исследования, низкая стоимость, высокая мобильность, возможность проведения ультразвукового контроля на действующем объекте, сохранность объекта контроля при проведении исследований.

- К недостаткам этого метода относятся:
- сложность в идентификации вида и размера дефекта;
- сложности связанные с контролем металлов с крупнозернистой структурой;
- необходимость подготовки поверхности для ввода ультразвуковых волн в металл;
- необходимость в использовании контактных жидкостей для обеспечения стабильного акустического контакта.

#### 1.4. Применяемость методов

Для сравнения методов НК составим таблицу 1 по затратам на различные методы контроля и таблицу 2 по применяемости методов.

Таблица 1 – Затраты на контроль

Вид НК	Стоимость оборудования	Затраты на ремонт/поверку оборудования	Затраты на контроль 100 ст.	Трудоёмкость контроля [10] чел/час
ВИК	50 000р.	12 000р.	1 000р.	1,04
РК	800 000р.	200 000р.	50 000р.	6,85
УЗК	400 000р.	30 000р.	3 000р.	3,73

Таблица 2 - Применение методов НК

Вид НК	Обнаруживаемые дефекты	Сложность применения	Достоинства	Недостатки
ВИК	Наружные, видимые	Низкая	Низкая стоимость и сложность	Обнаружение только наружных дефектов
РК	Внутренние и наружные	Средняя	Не высокая сложность, возможность обнаружения внутренних и наружных дефектов, простота идентификации	Не возможность выявления трещиноподобных дефектов с малым раскрытием
УЗК	Внутренние и наружные	Высокая	Не высокая стоимость, возможность обнаружения внутренних и наружных дефектов и уменьшения трудоёмкости за счёт механизации и автоматизации	Сложность в идентификации дефектов, высокие требования к квалификации персонала.

Для сравнения методов НК представленную информацию сведём в таблицу 3, присвоив каждому критерию оценки таблиц 1 и 2 балл по пятибалльной шкале и построим гистограмму (рисунок 4) для наглядности результатов.

Таблица 3 – Оценка методов НК

Вид НК	Стоимость оборудования	Затраты на контроль	Оперативность контроля	Выявляемость дефектов	Сложность контроля
ВИК	1	1	1	2	1
РК	5	5	3	4	3
УЗК	3	1	5	5	5

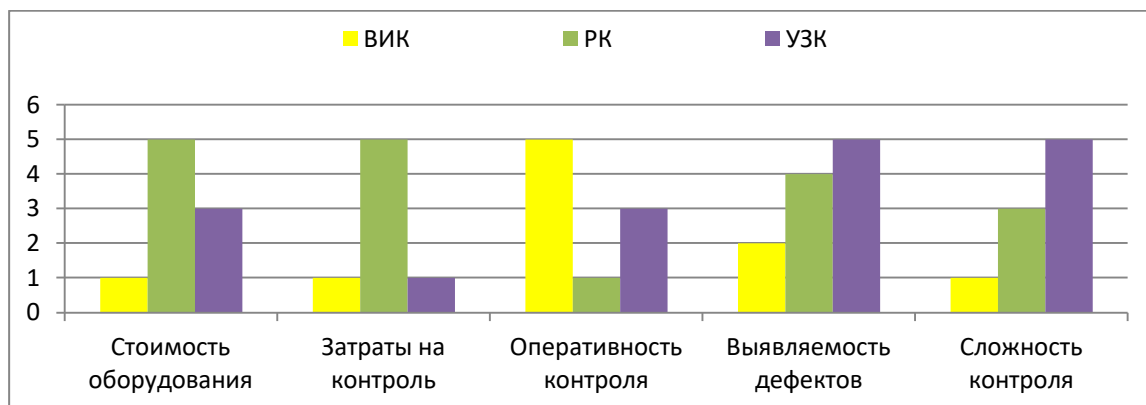


Рисунок 4 - Оценка методов НК

Как видно из представленной гистограммы по выявляемости дефектов на первом месте стоит УЗК, но в тоже время этот метод контроля является и самым сложным, его основной сложностью является идентификация вида и размера обнаруженного дефекта. Но затраты на контроль и оборудование УЗК гораздо меньше чем на РК, который позволяет получить более точную информацию о видах и размерах дефектов. ВИК также менее затратен, но этот метод даёт информацию только о поверхностных дефектах, вследствие чего может применяться только совместно с другими методами позволяющими обнаруживать поверхностные и внутренние дефекты.

*ДП 44.03.04. 307 ПЗ*

*Лист*

*14*

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>

## 2. ДЕФЕКТЫ СВАРНЫХ ШВОВ

При монтаже магистральных трубопроводов применяются трубы Ду 700–1400 с толщиной стенки 8 – 21 мм. Сортамент труб применяемых при монтаже магистральных и технологических трубопроводов регламентирован ГОСТ 31447-2012 «Трубы стальные сварные для магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов. Технические условия» [11]. Основным видом сварного соединения выполняемого при монтаже трубопроводов является «С 17» по ГОСТ 16037-80 «Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением № 1)» [12] (рисунок 5). Согласно СТО Газпром 2-2.4-083-2006 «Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов» [13]. Основные параметры сварного соединения С17:

$e$  - ширина валика усиления облицовки сварного шва;

$e_1$  - ширина валика усиления корня сварного шва;

$g$  - высота валика усиления облицовки сварного шва;

$g_1$  – высота валика усиления корня сварного шва.

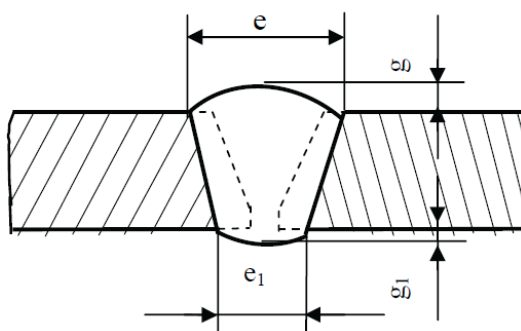


Рисунок 5 - Параметры сварного шва С17

Основной для классификации и описания дефектов сварки является ГОСТ Р ИСО 6520-1-2012 «Сварка и родственные процессы. Классификация дефектов геометрии и сплошности в металлических материалах. Часть 1. Сварка плавлением» [14].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04. 307 ПЗ

Лист

15



Рассмотрим наиболее часто встречающиеся дефекты сварных соединений и приведём критерии отбраковки по [13] для участка газопровода третьей категории уровня качества «В», как наиболее распространённого. При оценке допустимости дефектов рассматриваются такие характеристики дефектов (рисунок 6) как:

$d$  - диаметр (максимальный размер) дефекта округлой формы, мм;

$h$  - высота дефекта в миллиметрах или процентах от толщины стенки;

$l$  - протяженность дефекта, мм;

$w$  - ширина дефекта, мм;

$L$  - расстояние между соседними дефектами, мм;

$\Sigma d$  - допустимая суммарная протяженность дефектов (мм) на оценочном участке шва длиной  $D$  мм.

Длина оценочного участка шва при определении суммарной протяженности дефектов равна:

– 300 мм для труб с наружным диаметром более 530 мм;

– 1/6 длины шва для труб с диаметром от 100 мм до 530 мм включительно;

– периметру сварного соединения для труб с диаметром менее 100 мм.

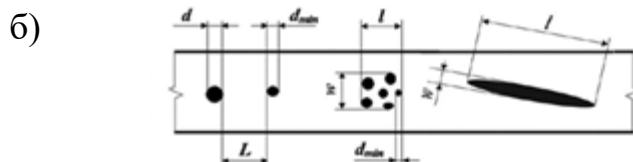
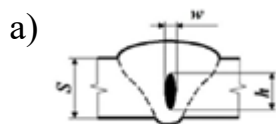


Рисунок 6 - Схематическое изображение сварного шва и определение размеров дефектов при разбраковка,  
а – вид в сечении, б - вид в плане,  $S$  – толщина стенки трубы

*Трещина* (рисунок 7) - нарушение сплошности, вызванное локальным разрывом в результате охлаждения или действия нагрузок [15].

Наблюдается как, разрывы металла по границам кристаллизующихся зерен или по самим кристаллам металла сварного соединения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Допустимость:

Любой длины и направления относительно сварного шва - не допускаются.

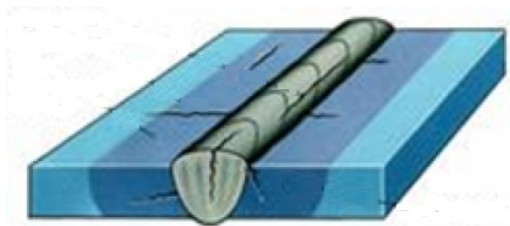


Рисунок 7 - Трещины

Газовая полость (пора) (рисунок 8) - полость, образованная задержанным газом выделяющимся при кристаллизации [15].

Возникают в жидкой сварочной ванне, образуются газовые пузырьки которые фиксируются в расплавленном металле шва при его кристаллизации.

Допускаются:

- единичные при  $L \geq 3d - d, h, l_l, l_t \leq 0,2S, \text{ но } \leq 2,5 \text{ мм}; \text{ при } L \geq 5d - d, h, l_l, l_t \leq 0,25S, \text{ но } \leq 3,0 \text{ мм}; \Sigma D \leq 50 \text{ мм};$
- цепочки  $d, h, l_t \leq 0,15S, \text{ но } \leq 2,0 \text{ мм}; l_l \leq S, \text{ но } \leq 30 \text{ мм}; \Sigma D \leq 30 \text{ мм};$
- скопления  $d, h \leq 0,1S, \text{ но } \leq 1,5 \text{ мм}; l_l, l_t \leq 0,5S, \text{ но } \leq 15 \text{ мм}; \Sigma D \leq 30 \text{ мм};$
- канальные  $h, l_t \leq 0,1S, \text{ но } \leq 1,5 \text{ мм}; l_l \leq 0,5S, \text{ но } \leq 12,5 \text{ мм}; \Sigma D \leq 25 \text{ мм};$

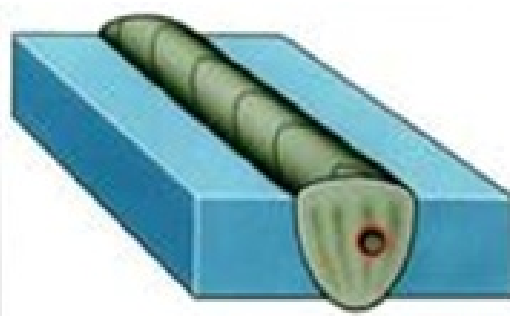


Рисунок 8 - Газовая пора

Шлаковое включение (рисунок 9) - полость в сварном шве заполненная шлаком [15].

Шлаковые включения являются результатом небрежной очистки кромок деталей и сварочной проволоки от окалины, ржавчины и грязи, а также (при многослойной сварке) неполного удаления шлака с предыдущих слоев. Кроме того, они возникают при сварке длинной дугой, неправильном наклоне

электрода, недостаточной величине сварочного тока или мощности горелки, завышенной скорости сварки.

Допускаются:

- единичные компактные  $h \leq 0,1S$  при  $l_t \leq 3,0$  мм;  $l_1 \leq 0,5S$ , но не более 7,0 мм;  $\Sigma Д \leq 30$  мм;
- цепочки  $d, h, l_t \leq 0,1S$ , но  $\leq 1,5$  мм;  $l_1 \leq 2S$ , но  $\leq 25$  мм;  $\Sigma Д \leq 50$  мм»
- скопления  $d, h \leq 0,1S$ , но  $\leq 1,5$  мм;  $l_1, l_t \leq 0,5S$ , но  $\leq 12,5$  мм;  $\Sigma Д \leq 30$  мм;
- односторонние удлиненные  $h \leq 0,1S$ , но  $\leq 1,5$  мм;  $l_1 \leq 2S$ , но  $\leq 25$  мм;  $\Sigma Д \leq 50$  мм.

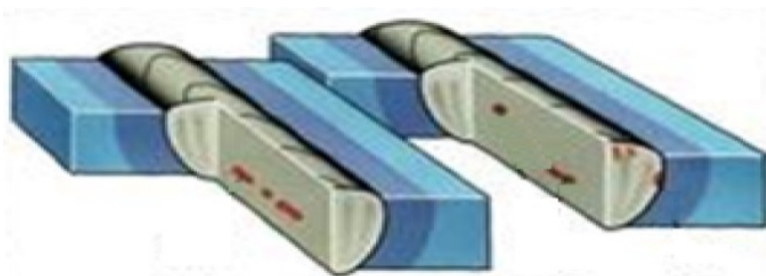


Рисунок 9 - Шлаковые включения

*Превышение проплава* (рисунок 10) - избыточное количество наплавленного металла при сварке корня шва [15].

Под действием собственного веса металл сварочной ванны провисает и шов формируется с избыточной выпуклостью в нижней части.

Допускаются:  $h \leq 5,0$  мм;  $l_1 \leq S$ ;  $\Sigma Д \leq 50$  мм.

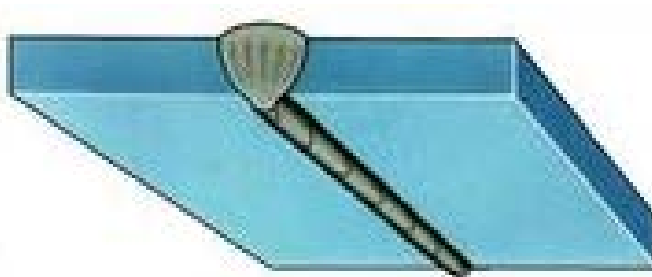


Рисунок 10 - Превышение проплава (провис)

*Вогнутость корня шва* (рисунок 11) - неглубокое углубление в корне сварного шва, возникшее вследствие усадки в стыковом сварном шве [15].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04. 307 ПЗ

Лист

18

С обратной стороны шва корень имеет вогнутость. Дефект виден невооруженным глазом при визуальном контроле.

Допускаются:  $h \leq 0,2S$ , но  $\leq 2,0\text{мм}$ ;  $l_1 \leq 2S$ , но  $\leq 50\text{мм}$ ;  $\Sigma Д \leq 100\text{мм}$ .



Рисунок 11 - Вогнутость корня шва (утяжина)

*Несплавление* (рисунок 12) - Отсутствие соединения между основным и наплавленным металлом или между отдельными слоями (валиками) [15].

При дуговой сварке дуга не расплавила часть кромки стыка и не сформировала шов с ее участием.

Допускаются:

- в корне шва  $h \leq 0,05S$ , но  $\leq 0,75\text{ мм}$ ;  $l_1 \leq S$ , но  $\leq 15\text{ мм}$ ;  $\Sigma Д \leq 30\text{ мм}$ ;
- межслойные  $l_1 \leq 2S$ , но  $\leq 30\text{ мм}$ ;  $\Sigma Д \leq 30\text{ мм}$ ;
- по разделке кромок  $h \leq 0,05S$ , но  $\leq 1,0\text{ мм}$ ;  $l_1 \leq S$ , но  $\leq 15\text{ мм}$ ;  $\Sigma Д \leq 15\text{ мм}$ ;
- по разделке кромок, выходящие на поверхность  $h \leq 0,05S$ , но  $\leq 0,75\text{ мм}$ ;
- $l_1 \leq S$ , но  $\leq 15\text{ мм}$ ;  $\Sigma Д \leq 15\text{ мм}$ .

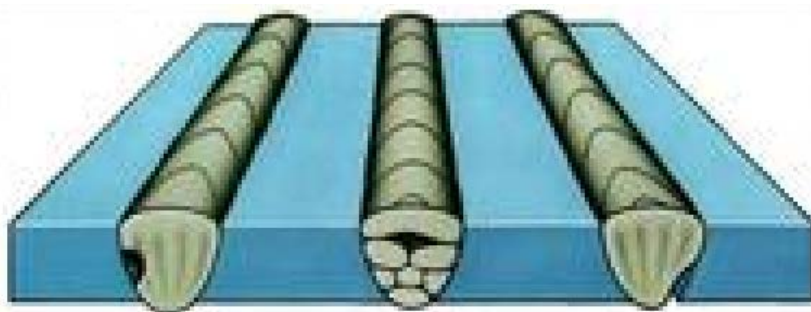


Рисунок 12 – Несплавление

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## 2.1. Анализ распределения дефектов

В процессе прохождения преддипломной практики с целью определения проблем при проведении НК сварных соединений, на основании заключений по НК, была проведена выборка наиболее часто встречающихся дефектов сварных швов при проведении капитального ремонта участка магистрального газопровода «Пунга-Ухта-Грязовец» Нюксенского ЛПУ МГ ООО «Газпром трансгаз Ухта».

В процессе анализа заключений по НК была составлена таблица по видам наиболее часто встречающихся дефектов сварных швов, результаты представлены на рисунке 13. Из представленной диаграммы видно, что почти половина (47%) дефектов обнаружено в корне сварного шва из которых около 10% (22% от общего числа дефектов) - превышение проплава (провис), и около 8% (18% от общего числа дефектов) - утяжины такие дефекты не являются особо опасными и допускаются, если они не превышают установленных размеров.



Рисунок 13 - Диаграмма распределения дефектов сварных соединений

Для анализа и наглядного представления вклада различных дефектов в результат дефектности всего участка капитального ремонта воспользуемся таким инструментом как диаграмма Парето [16]. И хотя нельзя утверждать, что деление 80% на 20%, положенные в основу принципа Парето, полностью

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

можно применить в нашем случае, т. к. оставшиеся 80% не входящих в группу основных причин влияющих на процесс, тоже оказывают влияние на качество выполненного ремонта всего участка. Так к примеру по количеству критических дефектов на первом месте стоят трещины, а на последнем несплавление в заполнении шва, но это значит лишь то, что дефектов типа трещины на этом участке было обнаружено больше и необходимо обратить особое внимание на способы контроля и исправления таких дефектов.

В процессе анализа заключений по НК были составлены диаграммы Парето по видам наиболее часто встречающихся дефектов сварных швов (рисунок 14) и по дефектам, превышающим браковочные значения (рисунок 15).

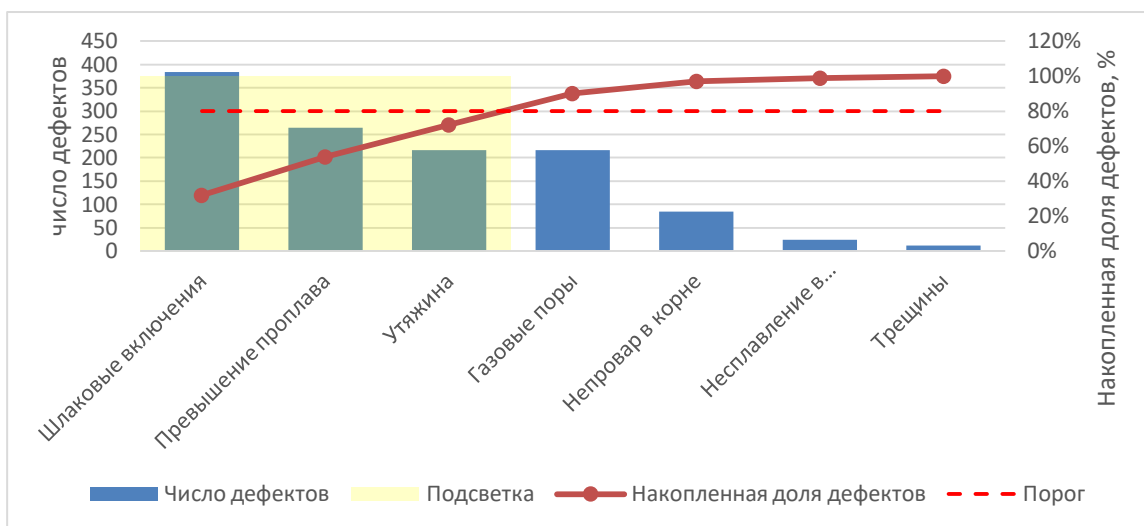


Рисунок 14 - Диаграмма распределения общего количества дефектов сварных соединений

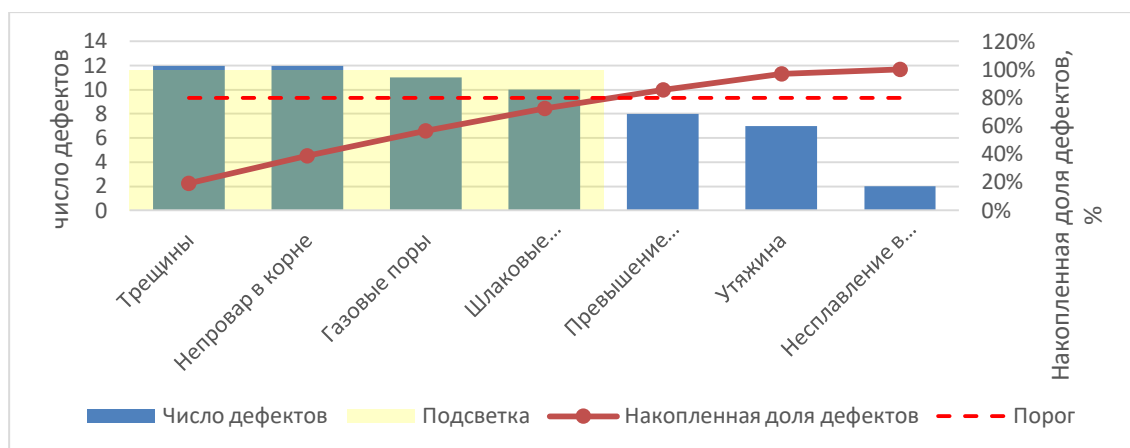


Рисунок 15 - Диаграмма распределения критических дефектов

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Из представленных диаграммы видно, что по виду дефектов наибольшее влияние на качество сварочного процесса имеют такие дефекты как: шлаковое включение, превышение проплава, утяжина. Но в тоже время при анализе процесса по критичности дефектов дефекты типа: превышение проплава и утяжина исключаются из списка дефектов оказывающих особое влияние на процесс сварки. Такие дефекты легко обнаруживаются при УЗК, но идентификация их затруднена ввиду схожести показаний ультразвукового дефектоскопа при регистрации дефектов таких как: трещина в корне, непровар, несплавление в корне, провис, утяжина. Помощь в идентификации таких дефектов может оказать визуальный контроль, но проведение такого контроля затруднено ограничением доступа к корню сварного шва или радиографический контроль, но он самый трудоёмкий и дорогостоящий из всех методов контроля.

## 2.2. Средства неразрушающего контроля

ВИК – визуальный контроль проводится сварщиком в процессе работы как невооружённым глазом, так и с помощью увеличивающих луп и замеченные им дефекты своевременно устраняются, вследствие чего довольно редко встречаются дефекты наружной поверхности сварного шва. В то же время контроль внутренней поверхности сварного шва затруднён, в виду ограниченности доступа, поэтому довольно часто при приёмочном контроле фиксируются дефекты сварного шва, такие как провисы и утяжины, которые могли быть обнаружены при возможности осмотра сварного шва изнутри трубы.

При проведении радиографического контроля используются импульсные рентгеновские аппараты, крепящиеся снаружи трубы (просвет через две стенки) или устанавливающиеся на специальный кроулер, который автономно передвигается внутри трубопровода и останавливается в определённой точке для выдачи дозы излучения (панорамный просвет).

					<i>ДП 44.03.04. 307 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22

Излучение, пройдя через контролируемый объект, воздействует на рентгеновскую плёнку на которой после проявки можно визуально по светлым или затемнённым местам определить наличие дефектов, при этом провис будет более светлым, а утяжина будет выглядеть темнее. Хорошо этим методом контроля определяются также поры и шлаковые включения, в то время как трещины, непровары и несплавления, ввиду малого раскрытия могут быть не обнаружены. Также этот метод контроля довольно дорогостоящий из-за дороговизны средств контроля.

В плане экономичности, из методов контроля позволяющих обнаружить дефекты сварных швов, первое место занимает ультразвуковой контроль, т.к. приборы УЗК стоят в разы меньше рентген аппаратов и в процессе контроля не требуют расходных материалов, за исключением контактной смазки, в качестве которой используется обычный обойный клей, расход которого составляет 200гр на 4,5 м сварного шва. На предприятии ООО «Газдиагностика» для проведения УЗК используются ультразвуковые установки «СКАРУЧ» имеющие возможность проводить контроль как в ручном так и механическом и автоматическом режимах [17]. Но при проведении контроля возникает сложность с идентификацией дефектов в корне сварного шва, т. к. в механическом и автоматическом режимах установка даёт информацию о наличии дефекта в корне шва (рисунок 16), а для идентификации дефекта приходится переключать дефектоскоп в режим ручного контроля, что очень замедляет процесс контроля.

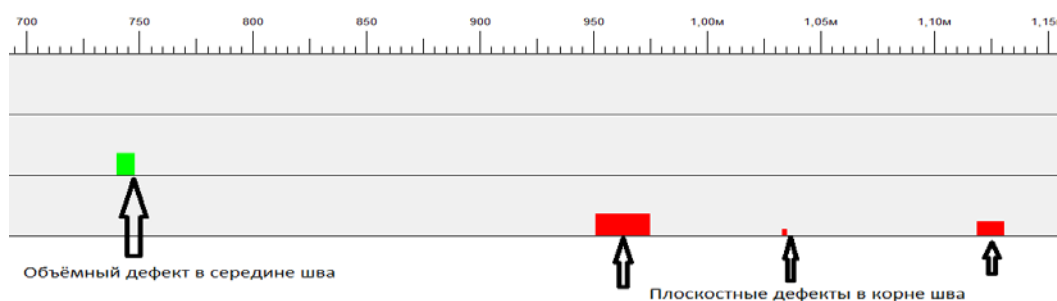


Рисунок 16 - Фрагмент дефектограммы сварного шва проконтролированного УИУ «СКАРУЧ» в автоматическом режиме

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



### 3. АНАЛИЗ ПРИЧИН БРАКА

Согласно ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения» [18]. Брак - продукция, передача которой потребителю не допускается из-за наличия дефектов. Дефект - Каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям.

#### 3.1. Определение принципов браковки

При монтаже магистральных газопроводов самыми распространёнными видами дефектов являются дефекты сварных швов. Происхождение таких дефектов различно и обусловлено разнообразными причинами. Но в данной работе мы рассматриваем не сами дефекты сварных швов, а процесс контроля идентификации и определения допустимости дефектов.

При проведении контроля конечный продукт – заключение, в котором указываются все обнаруженные дефекты их размеры, местоположение и допустимость по НД. При неверной идентификации дефекта происходит неверная оценка его допустимости, следовательно применимо к данному случаю, возможно говорить о браке, как о недостоверно проведённом контроле.

Недостоверность контроля так же имеет различные причины. В первую очередь можно назвать «человеческий фактор» и это зачастую недостаточная квалификация специалистов, для минимизации данного фактора в предложенной работе приведены планы занятий по обучению специалистов ультразвукового контроля. Но существует ещё и такой фактор имеющий большое значение для результатов контроля как «погрешность измерения», возникающий из-за изменений условий измерения, это составляющая систематической погрешности измерения, являющаяся следствием неучтенного влияния отклонения в одну или другую сторону какого-либо из параметров. Так к примеру при ультразвуковом контроле в результате допуска на прокат по ГОСТ 19903-74 «Прокат листовой горячекатаный» [19], одни и те же показания прибора могут указывать на глубину обнаруженного дефекта с

					<i>ДП 44.03.04. 307 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		24

допуском 2,61 мм что наглядно демонстрирует рисунок 17.

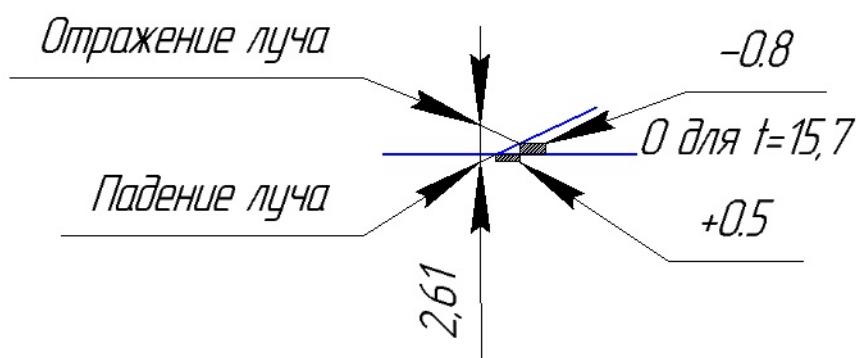


Рисунок 17 - Отклонение в показаниях ультразвукового прибора в результате допуска по толщине листа

Для точного определения вида и координат дефектов, обнаруженных при УЗК, необходимо проводить дополнительные измерения, что возможно только при наличии достаточного времени и невозможно в трассовых условиях. Вследствие этого зачастую чтобы не допустить аварийной ситуации, дефекты классифицируются по более жёсткому признаку и сварной шов вырезается, что приводит к увеличению продолжительности и стоимости работ.

### 3.2. Решение по совершенствованию контроля

В связи с тем, что при больших объёмах сварочных работ в основном применяются механизированные и автоматизированные способы сварки, возникла потребность в оперативном выполнении значительных объёмов работ по НК сварных соединений. На основании анализа проведения работ по НК приходим к выводу что самым оптимальным методом контроля, позволяющим выявить большинство дефектов сварных швов можно признать УЗК. Для сокращения времени контроля целесообразно применение механизированного и автоматизированного ультразвукового контроля. При проведении механизированного и автоматизированного ультразвукового контроля возникают затруднения при идентификации вида дефектов в корне сварного соединения. Например дефекты типа «утяжина» и «непровар»

регистрируются дефектоскопом одинаково, в то время как допустимые размеры первого:  $h \leq 0,2S$ , но  $\leq 2,0$  мм;  $l \leq 2S$ , но  $\leq 50$ мм;  $\Sigma D \leq 100$  мм, а второго гораздо меньше:  $h \leq 0,05S$ , но  $\leq 0,75$  мм;  $l \leq S$ , но  $\leq 15$  мм;  $\Sigma D \leq 30$  мм. Для точной идентификации дефектов, в настоящее время переключают дефектоскоп в ручной режим контроля, что значительно увеличивает время контроля, практически приближая его к времени затрачиваемому на контроль в ручном режиме (рисунок 18).

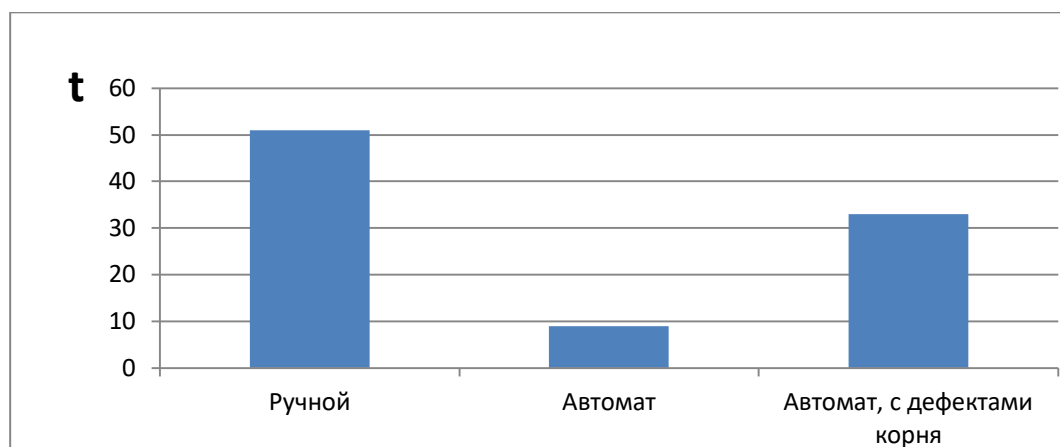


Рисунок 18 - Трудоёмкость контроля

Проблема: вследствие сложности идентификации дефектов корня сварного шва, увеличивается трудоёмкость автоматизированного УЗК.

Для совершенствования контроля предлагается использовать автономный робот, позволяющий проводить визуальный контроль корня сварного шва.

## 4. РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОГО ВИДЕОРОБОТА

Мобильные роботы специального применения активно разрабатываются в ОКБ специальной робототехники МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ «Станкин», КЭМЗ, НПО «Тарис» и зарубежных организациях [20], но все эти конструкции предназначены для полной внутритрубной диагностики трубопроводов, в следствии чего несут множество не востребуемых функций, значительно влияющих на стоимость конструкции.

### 4.1. Формулировка условий

В связи с тем, что в сутки сварочными комплексами сваривается до 50 сварных швов при средней длине трубы 11,3 м, автономность робота должна составлять более 565 м. Использование для управления и передачи информации кабеля исключить, вследствие возможного перетирания и обрыва. Т.к. передача видеоинформации изнутри трубы затруднена, ввиду несовершенства средств беспроводной связи, необходимо обеспечить запись видеоинформации с возможностью последующей привязки каждого снимка к координатам конкретного сварного шва. Необходимо обеспечить простоту конструкции и изготовление с минимальными затратами.

### 4.2. Техническое решение

Для подбора двигателя примем необходимую скорость движения равной 3 км/ч и максимальный вес робота 100 кг, тогда по [21] с учётом, коэффициента качения  $k = 0,018$  и усилия на преодоление максимального уклона  $\alpha = 10^\circ$

$$N_{\text{тр}} = (g \cdot k \cdot m \cdot V) + (m \cdot g \cdot \sin\alpha) = \\ = (9,8 \cdot 0,018 \cdot 1000 \cdot 0,83) + (1000 \cdot 9,8 \cdot 0,17) = 18,12 \text{ кВт.}$$

Средний эксплуатационный КПД двигателя примем 0,7; КПД редуктора – 0,9; КПД контроллера, батареи, проводов – 0,9. Отсюда общий КПД = 0,57, тогда мощность на моторе и батарее =  $18,12 : 0,57 \approx 32$  кВт.

Из предложений торговых организаций выбираем мотор-редуктор серии

					ДП 44.03.04. 307 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

WG7152 состоящий из реверсивного коллекторного двигателя постоянного тока и червячного редуктора.

Характеристики мотор-редуктора:

мощность - 50Вт;

напряжение питания - 12В;

скорость холостого хода - 2800 об/мин;

номинальная скорость - 2450 об/мин;

передаточное число редуктора 1:40.

Произведём расчёт возможного пробега робота с применением двух аккумуляторов с общей ёмкостью 200 А·ч.

$I = N : U = 3200:200 = 16$  ампер. При ёмкости батареи 200 А·ч, допустимый разряд 150 А·ч, тогда время допустимого разряда  $150:16 = 9,4$  ч. Отсюда пробег составит  $9,4 \cdot 3 = 28,2$  км. Что в нашем случае с учётом незначительного энергопотребления электронной части прибора, совершенно достаточно.

Планируемая структурная схема видеоробота приведена на рисунке 19.

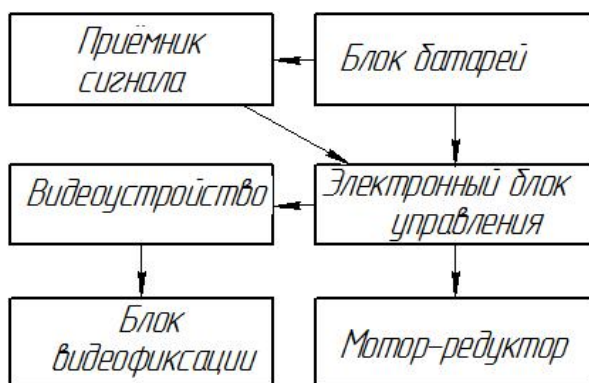


Рисунок 19 - Структурная схема видеоробота

Робот представляет собой самоходную аккумуляторную тележку, которая по команде оператора движется внутри трубопровода, приняв команду магнетопа (устройство управления роботом посредством электромагнитного излучения) останавливается у сварного шва предназначенного к обследованию, после остановки делается серия из четырёх

фотоснимков корня сварного шва, затем робот движется до следующего маркера, далее процесс повторяется необходимое количество раз. По завершению работы, с блока видеофиксации снимается информация и на ПК в программах «Paint» и «MicrosoftWord» производится компоновка снимков для получения изображения сварного шва.

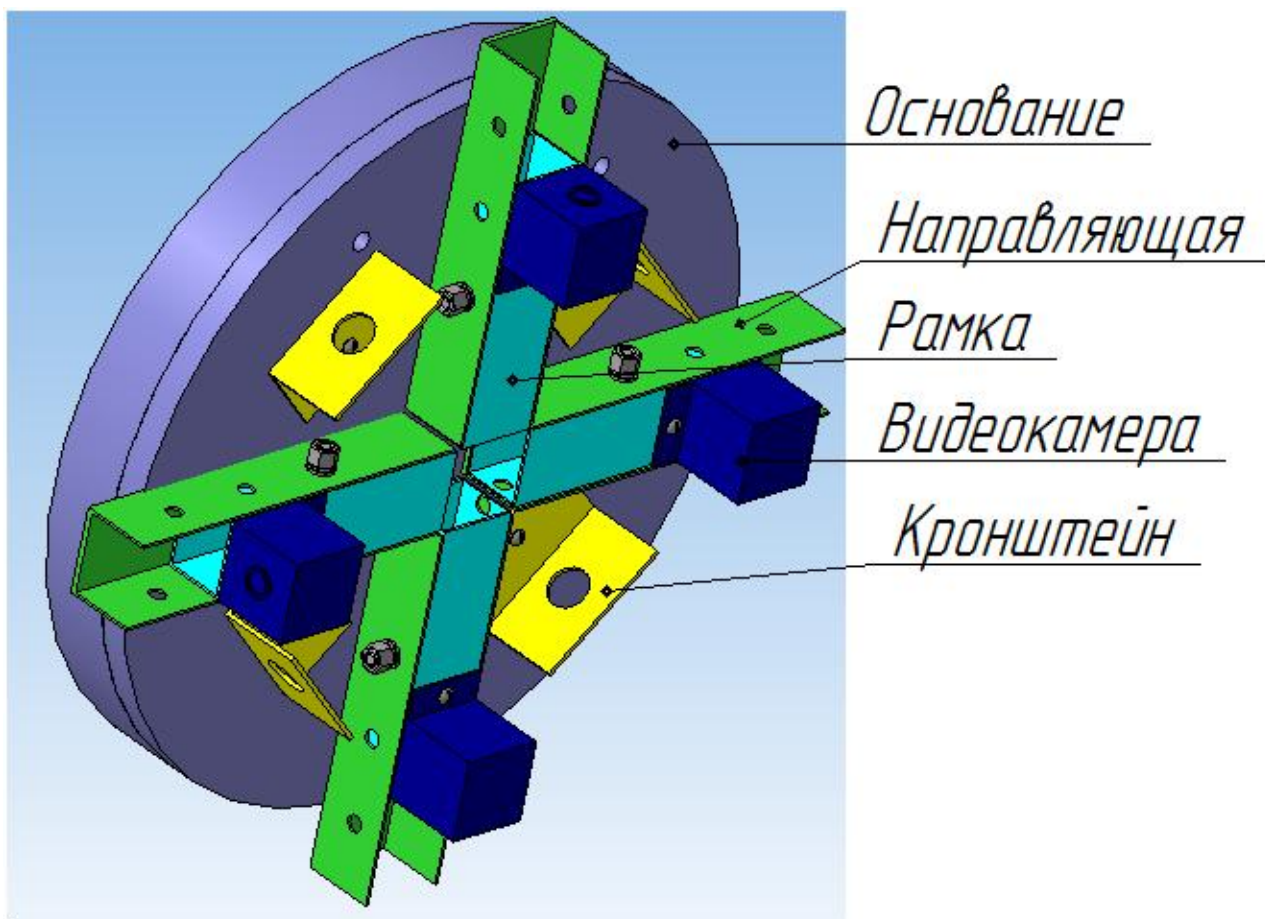


Рисунок 20 – Видеоустройство

*Описание видеоустройства* - На алюминиевом основании, диаметром 250 мм и толщиной 35 мм, крепится основная конструкция. Направляющие для крепления видеокамер изготовим из алюминиевого швеллера с внутренним размером полки 28 мм.

Для возможности использовать видеоустройство на всех применяемых типоразмерах трубопроводов произведём расчёт фокусного расстояния точки видеосъёмки, от центра трубы.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04. 307 ПЗ

Лист

29

Поскольку у нас четыре видеокамеры площадь съёмки одной видеокамеры примем за сторону квадрата вписанного в диаметр трубопровода:

$$a = \frac{d}{\sqrt{2}}$$

$$\text{а) } \frac{1400}{\sqrt{2}} = 990; \quad \text{б) } \frac{1200}{\sqrt{2}} = 849; \quad \text{в) } \frac{1000}{\sqrt{2}} = 707; \quad \text{г) } \frac{700}{\sqrt{2}} = 495.$$

С учётом возможной погрешности позиционирования, увеличим вычисленные размеры для получения гарантированного перекрытия фотоснимками 100% периметра. Примем: а) 1010; б) 870; в) 730; г) 520.

Поскольку угол обзора применяемых видеокамер составляет  $120^\circ$ , применив формулу прямоугольного треугольника  $b = a \cdot \operatorname{tg} \beta$  получим, расстояния от центра диаметра трубы до точек фотосъёмки которые составят:

а) при  $\varnothing 1400 = 230$  мм; б) при  $\varnothing 1200 = 184$  мм; в) при  $\varnothing 1000 = 154$  мм; г) при  $\varnothing 700 = 110$  мм соответственно.

На основании полученных данных выполнены по три позиционирующих отверстия в направляющих швеллерах и по два в каркасах крепления видеокамер, что позволяет позиционировать видеокамеры по четырём положениям соответствующим таким типоразмерам труб как: Ду 1400, Ду 1200, Ду 1000, Ду 700.

Каркасы крепления видеокамер изготовим из алюминиевой трубы квадратного сечения со стороной квадрата 28 мм, что обеспечит свободную посадку в направляющих швеллерах.

В качестве устройств приёма видеосигнала применены четыре автомобильные видеокамеры высокого разрешения HDCAM8008. Необходимый уровень освещённости достигается применением светодиодных ламп ЭРА LED smd JC-2w-842-G4. Блоком видеофиксации служит 4х канальный автомобильный видеорегистратор NSCAR 40.

Для управления роботом применим систему управления, использующуюся на радиографических кроулерах, состоящую из излучателя электромагнитных импульсов (магнетоп) и приёмника который состоит из

двух электромагнитных катушек. При приближении магнетопа к катушке приёмника происходит резонанс и ток в катушке увеличивается, что служит сигналом блоку управления на включение запрограммированного алгоритма действий: включение двигателя или выключение двигателя, включение видеоустройства и т.п.

Зная исполнительные размеры конструкции, разработаем чертежи деталей и сборочных элементов. Раму для облегчения конструкции изготовим из квадратной трубы сечением 20×30мм. Для нивелирования возможных смещений возникающих при изготовлении и сборке конструкции применим двухрядные радиальные подшипники. Для обеспечения позиционирования видеоустройства по центру трубы, на основании ранее выполненных расчётов, предусмотрим изготовление четырёх вариантов сменных осей. Для позиционирования по вертикали на раме предусмотрим позиционирующие отверстия диаметром 6 мм – для видеоустройства и 5 мм – для приёмника магнетопа, различные диаметры отверстий предусмотрены с целью предупреждения ошибки сборки. Пример расположения робота в трубопроводах различных диаметров приведён на рисунке 21.

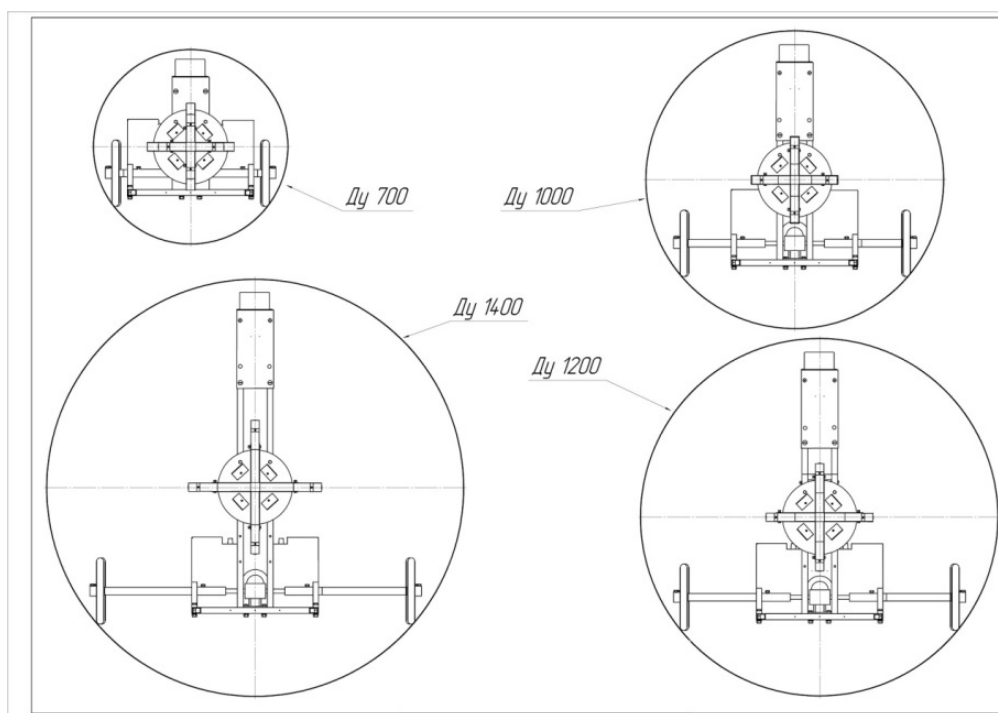


Рисунок 21 – Расположение видеоробота в трубопроводе

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04. 307 ПЗ

Лист

31



Комплект разработанных чертежей видеоробота приведён в приложении Б к данному проекту.

Таким образом, разработанный робот производит фотосъёмку корня сварного шва с целью идентификации дефектов обнаруженных при УЗК. Преимуществом разработанной конструкции является простота изготовления и применения. Автономность обследования составляет более 10 км, что позволяет проводить обследование сварных стыков сваренных в течение нескольких дней за один запуск робота. Экономическая выгода в применении разработанного робота очевидна, хотя и не поддаётся точным вычислениям, она состоит в уменьшении времени, затрачиваемом на контроль сварных стыков и в сокращении количества стыков отданных на вырез в результате неверно идентифицированных дефектов. Эффективность работы видеоробота доказана проведением полевых испытаний рабочей модели изготовленной на базе радиографического кроулера, акт испытаний приведён в приложении В.

					<i>ДП 44.03.04. 307 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32

## 5. МЕТОДИКА ОБСЛЕДОВАНИЯ СВАРНЫХ ШВОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОНОМНОГО ВИДЕОРОБОТА

На основании нормативных документов применяемых в ООО «Газдиагностика» и технических возможностей разработанной конструкции, разработаем методику обследования сварных швов трубопроводов с применением автономного видеоробота.

### 5.1. Область применения

5.1.1. Настоящая методика предназначена для персонала ООО «Газдиагностика» выполняющего работы по ультразвуковому контролю сварных соединений магистральных газопроводов.

5.1.2. Настоящий документ регламентирует порядок применения автономного видеоробота при идентификации дефектов корня сварного шва.

5.1.3. Автономный видеоробот предназначен для видеофиксации внутренней части периметра трубопровода с целью идентификации дефектов.

5.1.4. Необходимость применения данной методики регламентируется внутренними документами ООО «Газдиагностика».

### 5.2. Нормативные документы

5.2.1. РД 03-606-03 Инструкция по визуальному и измерительному контролю.

5.2.2. СТО Газпром 2-2.4-083–2006 Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов.

5.2.3. Инструкция по оценке дефектов труб и соединительных деталей при ремонте и диагностировании магистральных газопроводов.

#### Требования безопасности

5.2.4. ГОСТ Р 12.0.006-2002 Общие требования к управлению охраной труда в организации.

					<i>ДП 44.03.04. 307 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		33

5.2.5. ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ Процессы производственные. Общие требования безопасности.

5.2.6. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

5.2.7. ГОСТ 12.2.061-81 (СТ СЭВ 2695-80) ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.

5.2.8. ГОСТ 12.4.011-89 (СТ СЭВ 1086-88) ССБТ Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

5.2.9. ГОСТ 12.4.016-83 ССБТ. Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества.

Дефектоскописты и персонал, задействованный в подготовке к контролю, должны проходить инструктаж по технике безопасности в сроки, установленные приказом по предприятию. Проведение инструктажа регистрируется в специальном журнале.

Не рекомендуется проводить контроль в ночное время (от 0 до 6 часов утра).

Мероприятия по пожарной безопасности осуществляют в соответствии с требованиями стандартов охраны труда:

а) ГОСТ 12.2.037-78 ССБТ. Техника пожарная. Требования безопасности.

б) ГОСТ 12.1.004-76 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

При использовании на участке контроля грузоподъемных механизмов должны соблюдаться требования НД:

в) ГОСТ 12.3.009-76 (СТ СЭВ 3518-81) (1996) ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности.

г) ГОСТ 12.3.020-80 (1999) ССБТ. Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности.

### 5.3. Подготовка работа к работе

#### 5.3.1. Перед началом работы:

- проверить заряд основных аккумулятов, при полном заряде индикатор зелёный, при красном индикаторе - зарядить;
- проверить заряд магнетопа, при полном заряде светодиод - зелёный, при красном индикаторе - зарядить;
- обеспечить необходимое свободное пространство на карте памяти видеорегистратора;
- установить оси колёс, магнетоп и видеоустройство, в соответствии с обследуемым диаметром.

Таблица 4 – Сборка видеоробота при позиционировании в различных типоразмерах труб

Ду	Длина сменной оси	Видеоустройство			Приёмник магнетопа		
		Отверстие направляющей	Отверстие рамки	Отверстие стойки рамы Ø 6 мм.	Отверстие позиционирующей пластины	Отверстие стойки рамы Ø 5 мм.	Отверстие вставки Ø 5 мм.
700	15	Низ	Верх	Низ	Верх	Верх	
1000	133	Середина	Верх	Середина	Низ	Низ	
1200	215	Верх	Верх	Верх	Низ		Низ
1400	288	Верх	Низ	Вставка	Низ		Верх

5.3.2. Поместить устройство в трубопровод.

5.3.3. Установить и подключить аккумуляторы.

5.3.4. Провести УЗК в соответствии с технологической картой на контроль.

5.3.5. Промаркировать сварные соединения с обнаруженными дефектами корня сварного шва.

5.3.6. Установить магнетоп на расстоянии 100 мм против хода движения, от предназначенного к визуальному обследованию сварного шва.

5.3.7. Запустить видеоробот.

5.3.8. При остановке у сварного шва предназначенного к обследованию прозвучит один длинный звуковой сигнал.

5.3.9. При производстве видеосъёмки прозвучит два коротких звуковых сигнала.

5.3.10. Дать команду магнетопом на продолжение движения робота.

5.3.11. Повторить пункты 5.3.6 – 5.3.10 необходимое количество раз.

5.4. Завершение работы

5.4.1. Скопировать данные карты памяти на ПК.

5.4.2. Отключить и отсоединить видеоустройство от кроулера.

5.5. Компоновка видео данных

5.5.1. Видеоснимки на карте памяти нумеруются автоматически, первый снимок соответствует первому проконтролированному сварному шву.

5.5.2. Данные видеокамер записываются в папки соответствующие порядковому номеру видеокамеры: №1 – зенит, №2 – 3 часа, №3 – 6 часов, №4 – 9 часов, соответственно.

5.5.3. Выбрать необходимые снимки и обрезав их по вертикали с тем чтоб высота снимка составляла 3 см и изображение сварного шва находилось в центре снимка, вставить в прилагаемый блок, сверху вниз по порядку, пример размещения фотографий приведён на рисунке 22.



№ 1												
	3950	4050	4150	4250	4350	50	150	250	350	450	550	
№ 2												
	650	750	850	950	1050	1150	1250	1350	1450	1550	1650	
№ 3												
	1750	1850	1950	2050	2150	2250	2350	2450	2550	2650	2750	
№ 4												
	2850	2950	3050	3150	3250	3350	3450	3550	3650	3750	3850	

Рисунок 22 – Размещение фотографий сварных швов

## 5.6. Пример расшифровки результатов контроля

5.6.1. В координатах 1400 - 1550 и 3700 – 3850, зафиксированы сигналы в корне сварного шва, на полученных фотографиях виден дефект типа «провис».

5.6.2. В координатах 3900 – 4050, неравномерный сварной шов, при наличии сигнала дефектоскопа, в этом месте вероятен «непровар».

					<i>ДП 44.03.04. 307 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		37

## 6. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для обеспечения высокого качества контроля сварных швов при монтаже магистральных трубопроводов необходимо получение знаний по контролю дефектов корня шва. Предложенный в данном проекте способ позволяет увеличить скорость контроля и надёжность идентификации дефектов корня шва. В связи с тем, что данный способ обследования не применялся ранее возникла потребность проведения обучения специалистов.

### 6.1. Анализ нормативной документации

Проанализировав ГОСТ Р 54795-2011/ISO/DIS 9712 «Контроль неразрушающий. Квалификация и сертификация персонала» [22] и ПБ 03-440-02 «Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля» [23], можно отметить, что в настоящее время специалисты по неразрушающему контролю обучаются в специализированных центрах подготовки кадров где получают в основном теоретические знания. Практические навыки и умения предполагается получать на производстве, т.к. вышеназванными нормативными документами предусмотрено, для аттестации специалиста I уровня, необходимо иметь стаж работы 6 месяцев, а для аттестации на II уровень – 18 месяцев, а при наличии I уровня – 12 месяцев.

Рассмотрим программу курса «Неразрушающие методы контроля качества. Ультразвуковой контроль» подразделения «Серти НК» ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н. Э. Баумана» [24], рассчитанную на 80 часов обучения при подготовке специалистов ультразвукового контроля. Приоритетом при выборе программы обучения для анализа, послужила широкая известность данного учебного заведения выпускающего высококлассных специалистов.

Программа состоит из модулей:

Модуль 1. Физические основы ультразвукового метода контроля. Рассчитан на 8 часов теоретического обучения, 2 часа консультаций и 2 часа выполнение аттестационной работы по модулю в форме тестирования.

Модуль 2. Оборудование ультразвукового метода контроля. Рассчитан

					<i>ДП 44.03.04. 307 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		38

на 4 часа теоретического обучения.

Модуль 3. Технология ультразвукового метода контроля. Рассчитан на 16 часов теоретического обучения.

По итогам изучения 2 и 3 модулей предусмотрено 4 часа консультаций и 12 часов на выполнение аттестационной работы по модулям в форме тестирования.

Так же программой предусмотрено проведение практики состоящей из 8 часового мастер-класса и 16 часов практических занятий, на которых слушатели должны рассмотреть и получить практические навыки проведения УЗК. Среди вопросов практического обучения предусмотрен и такой как «Принятие решения о типе выявленной несплошности в соответствии с требованиями ТИ и документации, содержащей требования к качеству продукции».

Подразумевается, что при успешном освоении предложенной программы обучения, слушатели будут в состоянии выполнять трудовые функции по специальности дефектоскопист ультразвукового контроля. Но практика показывает, что по завершению обучения подготовленный специалист может выполнять только простейшие виды работ под руководством специалиста более высокого уровня.

Рассмотрим Профессиональный стандарт «Специалист по неразрушающему контролю» [25] и выделим основную трудовую функцию, для разработки методического материала по повышению квалификации специалистов.

Наименование вида профессиональной деятельности «Неразрушающий контроль (НК) материалов (в том числе соединений материалов), деталей, сборочных единиц и других объектов контроля (ОК)». Основная цель вида профессиональной деятельности «Проводить оценку соответствия ОК по результатам НК».

Вид трудовой деятельности (группа занятий): Инженеры в

					<i>ДП 44.03.04. 307 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		39



промышленности и на производстве».

Готовность к профессиональной деятельности:

- при освоении рабочей профессии – неразрушающий контроль в соответствии с технологической инструкцией / инструкционной картой / технологической картой (ТИ) без выдачи заключения (3 разряд).
- при обучении повышения квалификации – неразрушающий контроль с определением соответствия объекта контроля требованиям нормативной и иной документации (4 разряд).

Для выполнения трудовой функции «Выполнение НК конкретным методом с оформлением и оценкой результатов контроля» по 4 разряду, дополнительно предусмотрено:

а) Трудовые действия:

- определение пригодности данных, получаемых в процессе НК конкретным методом, для проведения оценки качества ОК;
- корректировка параметров НК конкретным методом в процессе контроля в зависимости от влияния технологических факторов;
- принятие решения о типе выявленной несплошности в соответствии с требованиями ТИ и документации, содержащей требования к качеству объекта контроля по результатам НК;
- анализ данных, полученных по результатам НК конкретным методом и определение соответствия (несоответствия) ОК требованиям нормативной и иной документации по НК;
- осуществление повторного (дублирующего) контроля конкретным методом НК;
- соблюдение техники безопасности при применении средств НК;
- оформление протокола (заключения, акта) по результатам НК.

б) Необходимые умения:

- анализировать данные, полученные по результатам НК конкретным методом, на предмет их полноты и достаточности для принятия решения о качестве объекта контроля;

					ДП 44.03.04. 307 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- выявлять полезный сигнал (информативный параметр) на фоне шумовых факторов;
  - учитывать (минимизировать) влияние технологических факторов на результаты НК конкретным методом;
  - принимать независимое решение о типе выявленной несплошности в соответствии с требованиями нормативной и иной документации по НК;
  - интерпретировать нормативную и иную документацию, содержащую требования к качеству ОК по результатам НК;
  - определять по результатам НК соответствие (несоответствие) ОК требованиям нормативной и иной документации по НК;
  - оформлять протоколы (заключения) по результатам НК конкретным методом;
- в) Необходимые знания:
- физические основы конкретного метода контроля в объеме, необходимом для осуществления данной трудовой функции;
  - практические аспекты реализации технологий проведения НК конкретным методом;
  - шумы, возникающие в процессе контроля конкретным методом и способы их минимизации;
  - ложные показания и причины их возникновения при проведении НК конкретным методом;
  - типы дефектов ОК, причины их образования;
  - идентификационные признаки выявляемых несплошностей при проведении НК;
  - критерии соответствия (несоответствия) ОК требованиям нормативной и иной документации по НК;
  - требования к оформлению и хранению результатов НК конкретным методом.

## 6.2. Обучение сотрудников на производстве

В связи с тем, что по [22] и [23] специалистам аттестуемым на право проведения работ по НК необходимо иметь определённый стаж работы, ООО «Газдиагностика» организует занятия по обучению сотрудников, акцентируя внимание на производственные приёмы применяемые на предприятии. Занятия проводят специалисты занимающие должность «Ведущий инженер», для которых в соответствии с [25] предусмотрено выполнение таких трудовых действий как: - «Проведение обучения на рабочем месте специалистов более низкого уровня квалификации при получении ими новой компетенции, необходимой для профессиональной деятельности и (или) повышении профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации». После проведения обучения согласно утверждённым планам, проводится внутренняя аттестация специалистов, по итогам которой оформляется производственная характеристика с перечислением видов работ выполненных специалистом, для направления в аттестационный центр (см. приложение Г). При успешной сдаче экзаменов в специализированном центре, сотрудники получают квалификационное удостоверение дающее право выполнять работы по НК в соответствии с уровнем и областью аттестации.

Для обучения специалистов УЗК идентификации дефектов корня шва с применением автономного видеоробота разработаем планы занятий и комплект контрольно – оценочных средств.

### 6.2.1. Теоретическое занятие

Пояснительная записка

Настоящая методическая разработка занятия производственного обучения по теме «Идентификация дефектов корня сварного шва с применением автономного робота» составлена для ведущего инженера специалиста ВИК, УЗК, проводящих теоритические занятия для специалистов УЗК ООО «Газдиагностика». Материал занятия позволит сформировать необходимые знания по идентификационным признакам выявляемых

					<i>ДП 44.03.04. 307 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

несплошностей при проведении НК, предусмотренные [25], для выполнения трудовой функции: «Выполнение НК конкретным методом с оформлением и оценкой результатов контроля» В/02.4.

Данная методическая разработка поможет проводящим производственное обучение в определении подходов в эффективной организации процесса обучения, повышения активной самостоятельной деятельности, формирования более прочных умений и навыков, направленных на освоение профессиональных компетенций, развитию и корректированию восприятия, мышления, памяти обучаемых. А также поможет в оптимизации способов:

а) на уровне обучающихся:

- расширения словарного запаса;
- ориентирования в задании;
- освоения профессиональных навыков.

б) на уровне обучающихся:

- систематизации учебного материала, обобщения знаний;
- осуществление контроля за уровнем знаний, умений и навыков.

Методическая разработка занятия

Дисциплина: «Ультразвуковой контроль».

Специальность: специалист по ультразвуковому (УК) методу контроля.

Уровень: II.

Тема занятия: «Идентификации дефектов корня сварного шва с применением автономного робота».

Вид занятия: комбинированный урок.

Форма проведения занятия: изучение нового материала в микрогруппах с использованием элементов технологии «Проблемное обучение».

Продолжительность занятия: 90 минут.

					ДП 44.03.04. 307 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Цели занятия:

а) обучающая: сформировать знания о видах дефектов корня сварного шва, способах их обнаружения идентификации и оценке допустимости;

б) воспитательная: сформировать у обучающихся навыки общения при работе в группах, воспитать внимательность, умение слушать и выступать перед аудиторией;

в) развивающая: развивать познавательные способности обучающихся, умение анализировать, сравнивать, выделять главное, обобщать полученный материал.

Учебное оснащение занятия: доска, экран, проектор.

Наглядные пособия: презентация PowerPoint, тематические плакаты.

Методическое обеспечение занятия:

план занятия;

методическая разработка занятия.

Критерии диагностики эффективности занятия: оценка за выполнение индивидуального задания и за командную работу по итогам соревнования.

В конце занятия обучающийся должен:

а) иметь представление:

– о возможности обнаружения дефектов корня сварного шва;

б) знать:

– классификацию дефектов;

– признаки дефектов;

– допустимые размеры дефектов.

в) уметь:

– идентифицировать дефекты корня сварного шва;

– оценивать допустимость дефектов.

					ДП 44.03.04. 307 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Используемая литература:

1. Зыков Д. В. Методика визуального обследования корня сварного шва с применением автономного видео робота. – Екатеринбург ООО «Газдиагностика», 2017. –5с.
2. СТО Газпром 2–2.4–083–2006. Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов. – М.: ИРЦ Газпром, 2007. – 105 с.
3. Калиниченко Н.П., Васильева М.А., Радостев А.Ю. Атлас дефектов сварных соединений и основного металла / Томск: ТПУ, 2011. –71 с.

Таблица 5 - Хронокарта занятия

№	Этапы занятия	Продолжительность этапа, мин.	Методы и формы работы
1	Организационная часть	5	Приветствие, проверка отсутствующих, представление команд.
2	Задание № 1 «Разминка»	10	Карточки с эхограммами дефектов, написать вид дефекта (см. приложение Д).
3	Сообщение преподавателя	15	Актуализация опорных знаний в виде беседы, презентации, прием «незаконченное предложение».
4	Задание № 2 «Видеоэкскурсия»	15	Установление последовательности этапов контроля сварных швов с применением автономного робота (просмотр видеоролика).
5	Задание № 3 «Карта мысли»	10	Самостоятельная работа обучающихся с графическим организатором.
6	Задание № 4 Таблица «Виды дефектов»	20	Заполнение сводной таблицы, презентация ее каждой командой.
7	Задание № 5 «Ранжирование дефектов»	10	Работа с нормативно-технической документацией (выписка из СТО ).
8	Подведение итогов занятия	5	Выставление оценок за индивидуальное и командное задание.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04. 307 ПЗ

Лист

45

Таблица 6 - Технологическая карта занятия

№	Вре- мя мин.	Содержание деятельности преподавателя	Содержание деятельности обучающихся	Методы и приемы обучения	Средства обучения	Формы и методы контроля качества обучения
1	2	3	4	5	6	7
1	5	<b>Организационная часть</b> Обучающий приветствует студентов, отмечает в журнале отсутствующих	Размещаются в аудитории определенным образом. Выбирают цвет команды			
2	10	<b>Разминка</b> Обучающий выдает каждой команде задание №1 ( Распечатки эхограмм дефектов)	Команды определяют вид дефектов	Мозговой штурм	Эхограммы дефектов. Атлас дефектов	Проверка ранее полученных знаний. Начисляются баллы за правильные ответы
3	15	<b>Сообщение преподавателя</b> Преподаватель вводит обучающихся в тему занятия, актуализирует опорные знания. Демонстрирует плакат «Виды дефектов» <b>«Вызов»</b>	Обучающиеся слушают, отвечают на вопросы	Беседа	Плакат «Виды дефектов»	Зрительная оценка активности студентов
4	15	<b>Видеоэкскурсия</b> Обучающий включает для просмотра видеоролик применения видеоробота, предлагает соотнести, фото полученное роботом с эхограммами дефектов <b>«Осмысление»</b>	Обучающиеся просматривают видео, устанавливают соответствие фотографий и эхограмм дефектов	Соответствие	Видеоролик  Изображение и эхограммы дефектов.	Зрительная оценка активности студентов. Каждой команде начисляются баллы за правильные ответы

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7
5	10	<b>Карта мысли</b> Обучающий предлагает выявить критерии сравнения дефектов с помощью кластера	Обучающиеся читают текст, рисуют кластер	Работа с графическим организатором	СТО Газпром 2-2.4-083–2006	Каждой команде начисляются баллы за кластер
6	20	<b>Виды дефектов</b> Обучающий предлагает заполнить таблицу по выявленным критериям, выступить с презентацией таблицы. <b>«Осмысление»</b> <b>«Размышление»</b>	Обучающиеся заполняют таблицу на формате А3 и в тетради	Сводная таблица  Презентация	Таблица «Виды дефектов»	Каждой команде начисляются баллы за презентацию таблицы
7	10	<b>Идентификация и ранжирование дефектов</b> Обучающий предлагает командам различные дефекты для расшифровки и определения дополнительных характеристик по СТО Газпром 2-2.4-083–2006	Обучающиеся изучают СТО, определяют допустимость	Работа с НД	СТО Газпром 2-2.4-083–2006  Атлас дефектов	Каждой команде начисляются баллы за расшифровку
8	5	<b>Подведение итогов занятия</b> <b>Выдача домашнего задания</b>				Подсчет баллов. Выставление оценок

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



## **Ход занятия:**

### **1. Объявление темы и цели занятия.**

**Обучающий:** Здравствуйте, сегодня мы познакомимся с новым оборудованием предназначенным для видео фиксации корня сварного шва трубопровода. Для проведения занятия предлагаю вамделиться на 2 группы, каждая из которых, в ходе занятия будет в ходе занятия зарабатывать баллы, решая предложенные задачи совместными усилиями.

### **2. Этап – Разминка**

Выдаём листки с эхограммами дефектов, предлагаем каждой группе методом мозгового штурма определить и подписать на эхограмме предполагаемый вид дефекта. Оцениваем уровень знаний обучающихся.

### **3. Этап – Сообщение темы**

Демонстрируем плакат «Виды дефектов», поясняем, что похожие дефекты по показаниям дефектоскопа могут быть различны по своему типу, обозначаем проблемную ситуацию – сложность идентификации дефектов корня шва. Оцениваем активность и заинтересованность слушателей.

### **4. Этап – Видеоэкскурсия**

Демонстрируем видеоролик работы автономного видео робота, раздаём изображения корня сварного шва полученные роботом. Предлагаем соотнести выданные ранее эхограммы с полученными изображениями. Оцениваем правильность ответов.

### **5. Этап – Карта мысли**

Предлагаем обучаемым составить кластер дефектов с распределением по степени опасности. Оцениваем правильность составления кластера.

### **6. Этап – Виды дефектов**

На основании составленного кластера и таблицы 2 СТО Газпром 2-2.4-083–2006, предлагается составить таблицу оценки дефектов и выступить с презентацией составленной таблицы. Оцениваем презентации.

### **7. Этап – Идентификация и ранжирование дефектов**

					<i>ДП 44.03.04. 307 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		48

Представляем обучаемым фото дефектов и записи приборов, предлагаем оценить каждый дефект по СТО Газпром 2-2.4-083–2006. Оцениваем правильность ответов.

### **8. Этап – Подведение итогов**

Обобщаем итоги предыдущих этапов. Сообщаем полученные данные командам. Выдаём задание на следующее занятие – изучить методику визуального обследования корня сварного шва с применением автономного видео работа.

#### **Оценка выполнения заданий:**

Правильный ответ – «1» балл, неправильный ответ «0» баллов

#### **6.2.2. Практическое занятие**

##### *Пояснительная записка*

Настоящая методическая разработка практического занятия производственного обучения по теме «Идентификация дефектов корня сварного шва с применением автономного робота» составлена для ведущего инженера специалиста ВИК, УЗК, проводящих практические занятия для специалистов УЗК ООО «Газдиагностика». Материал занятия позволит сформировать необходимые знания, по идентификационным признакам выявляемых несплошностей при проведении НК, предусмотренные [22], для выполнения трудовой функции: «Выполнение НК конкретным методом с оформлением и оценкой результатов контроля» для В/02.4.

Данная методическая разработка поможет проводящим производственное обучение в определении подходов в эффективной организации процесса обучения, повышения активной самостоятельной деятельности, формирования умений и навыков, направленных на освоение профессиональных компетенций. А также поможет в оптимизации способов:

- а) на уровне обучающихся:
  - освоения профессиональных навыков;
- б) на уровне обучающихся:
  - систематизации учебного материала, обобщения знаний;

- осуществление контроля за уровнем знаний, умений и навыков.

*План - конспект занятия*

**Дисциплина:** «Ультразвуковой контроль».

**Специальность:** Специалист по ультразвуковому (УК) методу контроля.

**Уровень:** II

**Тема занятия (занятия):** «Идентификации дефектов корня сварного шва с применением автономного робота».

**Вид занятия:** практическое занятие.

**Продолжительность занятия:** 180 минут.

**Цели занятия:** способствовать закреплению профессиональных навыков по идентификации дефектов сварного шва, обнаруженных при проведении УЗК.

**Задачи:**

а) обучающие: закрепить умения правильно и качественно выполнять трудовые приемы и операции при проведении УЗК с применением автономного видеоробота;

б) развивающие: способствовать развитию профессиональной речи, памяти, умению наблюдать, сравнивать, анализировать;

в) воспитательные: способствовать воспитанию культуры межличностного общения (работа в команде, эффективное общение с коллегами), нести ответственность за результаты своего труда, социальная способствовать пониманию сущности и значимости профессии.

**Используемые методы обучения:**

а) словесные: беседа, объяснения инструктаж;

б) наглядные: показ трудовых приёмов и операций;

в) практические: практическая работа.

					<i>ДП 44.03.04. 307 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		50

**Материально- техническое оснащение:**

- испытательный стенд ООО «Газдиагностика»;
- автономный видеоробот;
- УИУ «Скаруч»;
- ноутбук с ПО.

**Формы работы:** фронтальная индивидуальная, работа в парах.

**Прогнозируемый результат:** закрепление умений и навыков обнаружения идентификации и оценке допустимости дефектов сварного шва, в соответствии с технологическими требованиями.

Таблица 7 - Технологическая карта занятия

Элементы внешней структуры	Элементы дидактической структуры	Методическая подструктура занятия			Способы решения дидактических задач
		Элементы дидактической структуры	Методические приёмы	Средства обучения	
1	2	3	4	5	6
Вводный инструктаж.	Ориентировано – мотивационный целевая установка -приветствие; -тема, целеполагание и установка на оценивание; -актуализация знаний и опыта обучающихся, активизация мыслительной деятельности обучающихся, мотивация к изучению темы через обоснование её актуальности и практической значимости для каждого из них, формирование ориентировочной основы действий. Обучающий организуют выполнение контроля сварных швов на диагностическом стенде.	Словесные, наглядные, практические.	Беседа, рассказ, практическая работа.	Методика обследования с применением видеоробота, инструкция по технике безопасности , методика автоматического УЗК.	Формирование положительной мотивации обучающихся на уроке за счёт опоры на личностный опыт обучающихся, активизация внимания благодаря обоснованию актуальности работы, обеспечение мотивации и принятия обучающимися цели учебно-практической деятельности.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Окончание таблицы 7

1	2	3	4	5	6
Текущий инструктаж.	Организационно – практический: - закрепление приёмов необходимых для формирования умений и навыков; - применение новых приёмов в практической работе.	Наглядно – практический.	Показ мастера. Выполнение практической работы.	Инструкционные карты; таблицы дефектов.	Самостоятельные активные действия обучающихся, овладение практическими приёмами действий, требующих применения знаний в соответствии со стандартами на репродуктивном уровне; ликвидация типичных ошибок у обучающихся; формирование персональных профессиональных коммуникативных информационных компетенций.
Заключительный инструктаж.	Рефлексивно – оценочный.	Словесные, наглядные.	Рассказ, беседа, показ.	Записи обнаруженных дефектов.	Открытость обучающихся в осмыслении своих действий, само и взаимно-оценки, объективно оценивать результаты своей работы.

Таблица 8 - Ход занятия

Элементы внешней структуры	Этап занятия	Деятельность обучающего	Деятельность обучающихся	Приёмы и методы	Время мин.
1	2	3	4	5	6
Вводный инструктаж.	Ориентированно – мотивационный.	Приветствие.	Приветствие. Доклад о количестве присутствующих на занятиях.	Словесные, наглядные исследовательские, работа в	5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП 44.03.04. 307 ПЗ

Лист

52

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6
		Обучающий проводит лекцию по охране труда на практическом занятии.	Обучающиеся внимательно слушают.	парах индивидуальная использование информационнокоммуникационных технологий, практические.	
		Обучающий подводит обучающихся к самостоятельной постановке целей. Когда вы проводите контроль, какие цели вы ставите, просто обнаружить дефекты или выявить недопустимые дефекты сварного шва?	Обучающиеся перечисляют цели: работать необходимо, согласно инструкционных карт, выявлять необходимо все возможные дефекты, с последующим их ранжированием	Словесные, наглядные исследовательские, работа в группе индивидуальная использование информационнокоммуникационных технологий, практические.	10
		Обучающий проводит опрос обучающихся по теме занятия «Идентификация дефектов корня сварного шва с применением автономного робота»			15
		Какие виды дефектов сварного шва вы знаете	Учащиеся отвечают: наружные, внутренние		
		Какие виды наружных дефектов вы знаете	Учащиеся отвечают: подрез, нарушение формы усиления сварного шва, трещина, непровар, провис, утяжина		
		Какие дефекты наиболее опасны	Учащиеся отвечают: трещина, непровар.		
		Какие дефекты сварного шва можно точно идентифицировать при проведении УЗК	Учащиеся отвечают: трещина, пора, шлаковое включение		
		Обучающий проводит опрос по теме домашнего задания - изучить методику визуального обследования корня сварного шва с применением автономного видео робота.			15

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04. 307 ПЗ

Лист

53

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6
		Перечислите последовательность этапов подготовки видеоробота к работе.	Учащиеся отвечают: – проверить заряд основных аккумуляторов; – проверить заряд магнетопы; – обеспечить необходимое свободное пространство на карте памяти видеорегастратора; – установить оси колёс, магнетоп и видеоустройство, в соответствии с последующим диаметром.		
		Приведите порядок работы с видеороботом.	Учащиеся отвечают: поместить видеоробот в обследуемый трубопровод, Установить и подключить аккумуляторы, выставить магнетоп за 100 мм до сварного шва, запустить движение робота.		
		Приведите порядок определения координат сварного шва по полученным снимкам.	Учащиеся отвечают: середина снимка 1 – 12 часов, снимка 2 – 3 часа, снимка 3 – 6 часов, снимка 4 – 9 часов.		
Текущий инструктаж.	Организационно – практический – изучение приёмов необходимых для формирования умений; – формирование новых умений и навыков; – применение новых приёмов в практической работе	Индивидуальное инструктирование обучающихся по технологии проведения обследования с применением видеоробота. Целевые обходы: – организация рабочего места – правильное выполнение обучающимися приёмов и операций по проведению обследования сварных швов – соблюдение правил безопасных условий труда; – бережное отношение к приборам и инструментам; – качество проведённого обследования.	-самостоятельное выполнение обучающимися приёмов и операций по выполнению заданной практической работы; -самостоятельный контроль работы; -организация рабочего места; -соблюдение правил безопасности труда.		110

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Окончание таблицы 8

1	2	3	4	5	6
Заключительный инструктаж.	Рефлексивно – оценочный.	Подведение итогов занятия – обучающий организует просмотр результатов обследования обучающихся; – обучающий совместно с обучающимися определяет положительные моменты, выявляет недостатки, обращаясь к технологической карте и критериям оценок – обучающий выставляет оценки.	Сравнивают, анализируют, определяют успешность выполненных работ, опираясь на эталон используя оценочные символы. Слушают, отвечают на вопросы, анализируют, делают выводы.	Подведение учебно-производственных результатов занятия. Анализ и оценивание ученических работ.	20

Результаты обследования обучаемых сравниваются с картой дефектов (см. приложение Е).

Критерии оценки:

- обнаружение дефектов;
- определение вида обнаруженных дефектов;
- оценка годности обнаруженных дефектов.

Работа считается выполненной успешно при выполнении правильно не менее 80% по каждому из пунктов.

### 6.2.3. Комплект контрольно-оценочных средств по повышению квалификации «Специалист по ультразвуковому методу контроля»

Комплект контрольно-оценочных средств по повышению квалификации «Специалист по ультразвуковому методу контроля» предназначен для применения в ООО «Газдиагностика» при проведении производственной аттестации специалистов УЗК для принятия решения о направлении специалиста в аттестационный центр, с целью аттестации на II уровень в соответствии с ПБ 03-440-02.



Результатом освоения курса повышения квалификации является овладение обучающимися видом профессиональной деятельности «Неразрушающий контроль ультразвуковым методом, с определением соответствия объекта контроля требованиям нормативной и иной документации», в том числе профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями:

ПК 1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 2. Обосновывать выбор и использование методов, оборудования, аппаратуры и приборов для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3. Обнаруживать идентифицировать и оценивать дефекты сварных соединений и изделий для получения качественной продукции.

ПК 4. Оформлять документацию по контролю качества сварки.

ОК 1. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 2. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 3. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 4. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

Формой аттестации по профессиональному модулю является квалификационный экзамен, состоящий из теоретической и практической частей. Вид задания – выполнение практического задания. Итогом экзамена является однозначное решение: «вид профессиональной деятельности освоен/не освоен».

					<i>ДП 44.03.04. 307 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		56

Таблица 9 - Формы контроля и оценивания элементов профессионального обучения

Элемент обучения	Форма контроля и оценивания	
	Промежуточная аттестация	Текущий контроль
Теоретические занятия по теме «Неразрушающий контроль ультразвуковым методом»	Экзамен в тестовой форме	Защита практических работ, тестирование, срезовые работы по темам обучения, оценка за выполнение самостоятельной работы.

Таблица 10 - Распределение основных показателей оценки результатов по видам аттестации

Профессиональные и общие компетенции	Основные показатели оценки результатов	Виды аттестации			
		Текущий контроль	Промежуточная аттестация		
			Теория	Практические работы	Экзамен квалификационный
1	2	3	4	5	6
ПК1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.	Точность определения причин образования дефектов, при выполнении техники и технологии сварных соединений.	*	*	*	*
ПК2. Обосновывать выбор и использование методов, оборудования, аппаратуры и приборов для контроля металлов и сварных соединений.	Обоснованность выбора:	*	*	*	*
	- оборудования,	*	*		*
	- аппаратуры,	*	*	*	*
	- приборов для контроля металлов и сварных соединений.	*	*	*	*
ПК 3. Предупреждать, выявлять и устранять дефекты сварных соединений и изделий для получения качественной продукции	Аргументированность использования методов выявления:	*	*	*	*
	- наружных дефектов сварных соединений и изделий;				
	- внутренних дефектов сварных соединений и изделий для получения качественной продукции.	*	*	*	*
ПК4. Оформлять документацию по контролю качества сварки	Разработка документации по контролю качества сварки в соответствии с техническими требованиями.	*	*	*	*
	Составление технических карт контроля качества в соответствии с техническими требованиями.	*	*	*	*
	Разработка и оформление нормативно-технической документации в соответствии с НД.	*	*	*	*

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП 44.03.04. 307 ПЗ

Лист

57

В результате аттестации осуществляется комплексная проверка следующих профессиональных и общих компетенций:

Таблица 11 - Результаты освоения курсов повышения квалификации, подлежащие проверке при аттестации

Профессиональные и общие компетенции, которые возможно сгруппировать для проверки	Показатели оценки результата
ПК1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях. ОК2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.	Точность определения причин образования дефектов, при выполнении техники и технологии сварных соединений.
ПК2. Обосновывать выбор и использование методов, оборудования, аппаратуры и приборов для контроля металлов и сварных соединений. ОК 3. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.	Обоснованность выбора: - оборудования; - аппаратуры; - приборов для контроля металлов и сварных соединений. Аргументированность использования: - оборудования для контроля сварных соединений; - аппаратуры для контроля сварных соединений.
ПК3. Предупреждать, выявлять и устранять дефекты сварных соединений и изделий для получения качественной продукции. ОК3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.	Аргументированность использования методов выявления: - наружных дефектов сварных соединений и изделий; - внутренних дефектов сварных соединений и изделий для получения качественной продукции.
ПК4. Оформлять документацию по контролю качества сварки. ОК 4. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.	Разработка документации по контролю качества сварки в соответствии с техническими требованиями. Составление технических карт контроля качества в соответствии с техническими требованиями. Разработка и оформление нормативно-технической документации в соответствии с НД.

Оценка освоения теоретического курса программы повышения квалификации

Тест составлен с учётом всех тем, необходимых для изучения при обучении специалиста УЗК и состоит из 25 вопросов.

Время выполнения – 15 минут.

При неточном ответе на вопрос - ответ считается неправильным. Экзамен считается сданным при ответе правильно не менее чем на 20 вопросов. Правильный ответ выделен жирным шрифтом и подчёркиванием.

*Блок 1. Выбрать правильный ответ:*

1. Продолговатое углубление, образовавшееся в основном металле вдоль края шва это

А. Прожог

**Б. Подрез**

В. Непровар

Г. Наплыв

2. Сквозное отверстие, образованное в результате вытекания части металла ванны это

**А. Прожог**

Б. Подрез

В. Непровар

Г. Наплыв

3. Несплавление кромок основного металла или несплавление между собой отдельных валиков при многослойной сварке это

А. Прожог

Б. Подрез

**В. Непровар**

Г. Наплыв

4. Дефект сварного шва, который представляет собой включения шлака это

А. Прожог

Б. Подрез

В. Непровар

**Г. Шлаковые включения**

Д. Наплыв

					ДП 44.03.04. 307 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

5. Натекание жидкого металла на поверхность холодного основного металла без сплавления с ним это

- А. Прожог
- Б. Подрез
- В. Непровар

**Г. Наплыв**

6. Недостаточное удаления газов при кристаллизации металла шва это

- А. Прожог
- Б. Подрез

**В. Газовые поры**

- Г. Шлаковые включения
- Д. Наплыв

7. Участок с наибольшей вероятностью появления трещин:

- А. Участок нормализации
- Б. Участок синеломкости

**В. Участок перегрева**

8. К первоначальному контролю дефектов относится:

- А. Внешний осмотр и обмер**
- Б. Механические испытания
- В. УЗК
- Г. Гидравлические испытания

9. Трещины и поры относятся к дефектам:

- А. Наружным
- Б. Внутренним

**В. Наружным и внутренним**

10. Горячие трещины в стали вызывает:

- А. Высокое содержание углерода
- Б. Повышенное содержание серы**
- В. Повышенное содержание фосфора и серы

11. Водород при сварке способствует образованию в металле шва:

**А. Пор**

Б. Непроваров

В. Кратеров

12. Недопустимыми дефектами в сварных соединениях являются:

А. Каждая пора;

**Б. Каждое несоответствие сварного шва требованиям НД;**

В. Все дефекты, независимо от размеров.

13. Наиболее опасны дефекты:

**А. Острой и вытянутой формы;**

Б. Округлой, шаровидной формы;

В. Не имеет значения.

*Блок 2. Выберите несколько правильных утверждений.*

14. Наружные дефекты сварного шва обнаруживаются при проведении:

**А. ВИК**

**Б. РК**

**В. УЗК**

**Г. МК**

15. Внутренние дефекты сварного шва не могут быть обнаружены при проведении:

**А. ВИК**

Б. РК

В. УЗК

**Г. МК**

16. Подповерхностные трещины лучше всего выявляются при проведении:

А. ВИК

Б. РК

**В. УЗК**

**Г. МК**

					ДП 44.03.04. 307 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

17. Внутренние объёмные дефекты лучше всего выявляются при проведении:

- А. ВИК
- Б. РК**
- В. УЗК**
- Г. МК

*Блок 3. Вставьте пропущенное слово:*

18. Отклонения от установленных норм и технических требований, приводящих к ухудшению работоспособности сварных конструкций, в процессе образования сварных соединений в металле шва и зоне термического влияния называют ..... (**дефектом**).

19. Признаком обнаружения дефекта при контроле эхо-методом является..... (**отраженный сигнал**).

20. Для увеличения производительности контроля сварных стыков предпочтительно применять ..... (**ультразвуковой**) метод НК.

21. Для увеличения производительности контроля сварных стыков предпочтительно применять .....(**механизированный**) способ контроля.

22. Наименее затратную помощь в идентификации дефектов корня сварного шва выявленных при УЗК может оказать .....(**визуальный**) метод контроля.

23. Помощь в идентификации дефектов корня сварного шва выявленных при УЗК может оказать .....(**радиографический**) метод контроля.

*Блок 4. Выберите правильную последовательность*

24. Расставьте дефекты по степени опасности от наиболее опасных к менее опасным

- А. Утяжина (**4**)
- Б. Трещина (**1**)
- В. Провис (**3**)
- Г. Непровар (**2**)

25. В технологической карте последовательно указываются следующие данные

- А. Наименование ОК (2)
- Б. Наименование организации (1)
- В. Критерии оценки (4)
- Г. Порядок проведения контроля (3)

Требования к дифференцированному зачету по учебной практике.

Аттестация по учебной практике проходит в форме дифференцированного зачета. Оценки по учебной практике выставляется на основании данных журнала учебной практики.

Форма аттестационного листа для учебной практики курсу повышения квалификации дефектоскописта УЗК

1. Ф.И.О. \_\_\_\_\_

2. Место проведения практики: Диагностический стенд ООО «Газдиагностика» г. Екатеринбург, проезд Промышленный, стр. 6.

3. Время проведения практики -8 часов

4. Виды и объем работ, выполняемых обучающимся во время учебной практики:

- правила безопасности при контроле качества сварных соединений - 1 час;
- дефекты сварных соединений - 1 час;
- методы выявления наружных дефектов сварных соединений - 2 час;
- методы выявления внутренних дефектов сварных соединений - 2 час;
- заполнение документации по контролю качества сварных соединений - 2 часа.

					ДП 44.03.04. 307 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63



Таблица 12 – Карта выполнения заданий

ПК	Виды работ	Краткая характеристика выполнения работы	Выполнил/не выполнил
ПК 1. Определять причины приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях. ПК 2. Обосновывать выбор и использование методов, оборудования аппаратуры и приборов для контроля металлов и сварных соединений ПК3. Предупреждать, выявлять и устранять дефекты сварных соединений и изделий для получения качественной продукции. ПК4. Оформлять документацию по контролю качества сварки.	Правила безопасности при контроле качества сварных соединений.	1. Вводное занятие. 2. Безопасность труда, пожарная безопасность, электробезопасность в учебных мастерских и на рабочих местах.	
	Дефекты сварных соединений.	1. Классификация дефектов сварных соединений. 2. Ранжирование дефектов.	
	Методы выявления наружных дефектов сварных соединений.	1. Выявление наружных дефектов сварных соединений внешним осмотром. 2. Контроль размеров сварных швов с помощью измерения.	
	Методы выявления внутренних дефектов сварных соединений.	1. Выявление внутренних дефектов сварных соединений ультразвуковым методом контроля. 2. Выявление ультразвуковым методом контроля. 3. Идентификация выявленных дефектов.	
	Заполнение документации по контролю качества сварных соединений	1. Составление технологической карты по контролю. 2. Составление заключения по контролю.	

Дата \_\_\_\_\_

Подпись обучаемого \_\_\_\_\_

Подпись обучающего \_\_\_\_\_

Подпись начальника ЛНК \_\_\_\_\_

Задание считается выполненным, если по итогам практического занятия обучающийся выявил, идентифицировал и верно оценил годность не менее 80% дефектов сварного шва, а так же оформил технологическую инструкцию и заключение по проведённому контролю в соответствии с НД.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04. 307 ПЗ

Лист

64

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте выполнено следующее:

- проведён анализ процесса контроля сварных соединений сотрудниками ООО «Газдиагностика»;
- разработана конструкция автономного видеоробота для визуального контроля корня сварных швов магистральных трубопроводов;
- разработана методика визуального обследования корня сварного шва с применением автономного видеоробота;
- в методической части разработаны материалы для проведения теоритического и практического занятий, а также контроля знаний и умений специалистов по ультразвуковому контролю ООО «Газдиагностика».

Результаты работы применены при проведении работ по неразрушающему контролю специалистами ООО «Газдиагностика», разработанная методика контроля утверждена генеральным директором (см. приложение Ж), планы занятий и комплект контрольно-оценочных средств обязательны к применению при обучении и оценке знаний и умений специалистов ультразвукового контроля ООО «Газдиагностика» (см. приложение И).

Проведённая работа позволит производить контроль сварных швов с меньшими затратами и на более высоком уровне качества.

					<i>ДП 44.03.04. 307 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		65

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гостинин И.А., Вирясов А.Н., Семенова М.А. Анализ аварийных ситуаций на линейной части магистральных газопроводов [Электронный ресурс] // «Инженерный Вестник Дона». – 2013. – № 1. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-avariynyh-situatsiy-na-lineynoy-chasti-magistralnyh-gazoprovodov> (доступ свободный). – Загл. с экрана. – Яз. рус.
2. ГОСТ Р 56542–2015. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. – Введ. 2016–06–01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 15с.
3. РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю. – Введ. 2003–07–17. – Екатеринбург: Урализдат, 2004. – 88 с.
4. Неразрушающий контроль: справочник: в 8 т. / под общ. ред. В.В. Ключева. Т. 1: в 2 кн. Кн. 1: Ф.Р. Соснин. Визуальный и измерительный контроль. – 2-е изд. испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 323 с.
5. ГОСТ 7512-82. Межгосударственный стандарт. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод (с Изменением № 1). – Взамен ГОСТ 7512–75; введ. 1982–12–20. Введ. 2013–01–01. – М.: Издательство стандартов, 1982. – 32 с.
6. Неразрушающий контроль: справочник: в 8 т. / под общ. ред. В.В. Ключева. Т. 1: в 2 кн. Кн. 2: Ф.Р. Соснин. Радиационный контроль. – 2-е изд. испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 237 с.
7. ГОСТ Р 55724–2013. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. – Введ. 2015–07–01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 44 с.
8. Неразрушающий контроль: справочник: в 8 т. / под общ. ред. В.В.Ключева. Т. 3: И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. Ультразвуковой контроль. – 2-е изд. испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 859 с.

9. ГОСТ 23829–85. Контроль неразрушающий акустический. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 23829–79; введ. 1985–12–20. – М.: Издательство стандартов, 1982. – 18 с.

10. Нормативы трудоемкости на выполнение работ по технической диагностике оборудования газотранспортных и газодобывающих организаций. – М.: ИРЦ Газпром, 2004. – 47 с.

11. ГОСТ 31447–2012. Трубы стальные сварные для магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов. Технические условия. – Введ. 2015–01–01. – М.: Стандартиформ, 2013. – 36 с.

12. ГОСТ 16037-80. Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением № 1) – Введ. 1981–07–01. – М.: Стандартиформ, 2005. – 24 с.

13. СТО Газпром 2-2.4–083–2006. Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промысловых и магистральных газопроводов. – М.: ИРЦ Газпром, 2007. – 105 с.

14. ГОСТ Р ИСО 6520–1–2012. Сварка и родственные процессы. Классификация дефектов геометрии и сплошности в металлических материалах. Часть 1. Сварка плавлением. – Введ. 2012–11–22. – М.: Стандартиформ, 2014. – 36 с.

15. Калининченко Н.П., Васильева М.А., Радостев А.Ю. Атлас дефектов сварных соединений и основного металла. – Томск: ТПУ, 2011. 71 с.

16. БарДж.Т. Инструменты качества. Часть IV. Диаграммы Парето // Методы менеджмента качества. – 2000. – № 7. – С. 27–30.

17. Руководство по ультразвуковому автоматизированному контролю сварных соединений при строительстве, эксплуатации и ремонте промысловых и магистральных газопроводов. – М.: ИРЦ Газпром, 2006. – 68 с.

18. ГОСТ 15467–79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения (с Изменением № 1). – Введ. 1979–06–30. – М.: Стандартиформ, 2009. – 21 с.

19. ГОСТ 19903–74 Прокат листовой горячекатаный (с Изменениями N 1-6). – Введ. 1976–01–01. – М.: Стандартиформ, 2012. – 26 с.

20. Егоров И.Н., Кадхим Д.А. Применение мобильных роботов при внутритрубной диагностике трубопроводов с переменным поперечным сечением // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2011. №3. С. 73–83. Режим доступа: [http://ogbus.ru/authors/EgorovIN/EgorovIN\\_1.pdf](http://ogbus.ru/authors/EgorovIN/EgorovIN_1.pdf) (доступ свободный). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

21. Ефремов И.С., Пролыгин А.П., Андреев Ю.М., Миндлин А.Б. Теория и расчет тягового привода электромобилей: учеб. пособие для вузов / под ред. И.С. Ефремова. – М.: Высш. школа, 2004. – 383 с.

22. ГОСТ Р 54795-2011/ISO/DIS 9712. Контроль неразрушающий. Квалификация и сертификация персонала. – Взамен ГОСТ Р ИСО 9712-2009; введ. 2013–01–01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 28 с.

23. ПБ 03-440-02. Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля. [Утв. постановлением Госгортехнадзора России от 23.01.2002]. – М.: Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности, 2010. – 56 с.

24. Рабочая программа курса «Неразрушающие методы контроля качества. Ультразвуковой контроль» ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана» [Электронный ресурс]: официальный сайт НУЦ «Сварка и контроль при МГТУ им. Баумана». – Режим доступа – <http://sertink.ru/images/1obrde/kurs/uk.pdf> 02.11.2016

25. Профессиональный стандарт «Специалист по неразрушающему контролю» // Техэксперт: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420324205>. 01.11.2016.

26. Особенности организации занятия производственного обучения: методические рекомендации / сост. Н. В. Конькова. – Курск: ОБОУСПО «КАТК», 2012. – 28 с.

					<i>ДП 44.03.04. 307 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		68

27. Кретов Е.Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении / 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Издательство «СВЕН», 2007. – 296 с.

28. Алешин Н.П. Ультразвуковой контроль: учеб. пособие / Н.П. Алешин, В.Т. Бобров, Ю.В. Ланге, В.Г. Щербинский; под общ. ред. В.В. Ключева. – 1-е изд. – М.: Спектр, 2011. – 224 с.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ДП 44.03.04. 307 ПЗ													
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	Разработка автономного робота для визуального контроля стыковых сварных соединений трубопроводов. Пояснительная записка.	Итм	Лист	Листов
										У		2	68 <sup>2</sup>					
										Разраб.			Зыков				РГППУ, ЗКМ-403С	
					Пров.			Мигачёва										
					Т. контр.													
Н. контр.			Кривоногова															
Утв.			Бородин															

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

Институт Инженерно-педагогического образования  
 Кафедра Технологии машиностроения, сертификации и методики профессионально-го обучения  
 Направление 44.03.04 – Профессиональное обучение ( по отраслям)  
номер по ОККО наименование  
 Профиль – Машиностроение и металлообработка  
наименование  
 Профилизация – Сертификация, метрология и управление качеством в машиностроении

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой



Бородина Н.В.

фамилия и.о.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016г.

**ЗАДАНИЕ**

на выпускную квалификационную работу (ВКР)

студента 4 курса группы ЗКМ – 403С  
Зыкова Дмитрия Витальевича  
фамилия, имя, отчество полностью

1. Тема ВКР Разработка автономного робота для визуального контроля стыковых сварных соединений трубопроводов

утверждена распоряжением по институту (факультету) от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

2. Руководитель Мигачева Галина Николаевна

фамилия, имя, отчество полностью  

<u>к.т.н.</u>	<u>доцент</u>	<u>доцент</u>	<u>каф. ТМС, Институт ИПО</u>
<small>ученая степень</small>	<small>ученое звание</small>	<small>должность</small>	<small>место работы</small>

3. Место преддипломной практики ООО « Газдиагностика»

4. Исходные данные к выпускной квалификационной работе и основная литература  
Данные предприятия. Дипломное проектирование в профессионально-педагогическом вузе : учеб.-метод. пособие для вузов [Гриф УМО] / Б. Н. Гузанов [и др.] ; Рос. гос. проф.-пед. ун-т. — Екатеринбург : Издательство РГППУ, 2007. — 181 с. Овчинников, В.В. Контроль качества сварных соединений : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В.В.Овчинников. — 3-е изд., стер. — М. : ИЦ «Академия», 2014. — 208 с

5. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов) 1. Описание и анализ процесса контроля

2. Анализ причин брака и предложения по совершенствованию процесса контроля;

3. Разработка автономного робота для визуального контроля стыковых сварных соединений

4. Разработка методики контроля с использованием автономного робота;

5. Методическая часть;

6. Экономическая часть.