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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки машиностроение
Кафедра оборудования и технологии сварочного производства

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка механизма крепления рентгеновского аппарата для контроля труб диаметром свыше 530 мм

УДК 62-218.8:621.386:622.692.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Онгарбаев Азимбек Саматович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст.преподаватель	Филишов Николай Яковлевич	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко В.С.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселёв А.С.	к.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

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

Институт ___Неразрушающего контроля_____
Направление подготовки (специальность)__15.03.01___Машиностроение_____
Кафедра _____ОТСП_____

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ _____ Киселев А.С.
(Подпись) (Дата)
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	**ФИО**
1В21	Онгарбаев Азимбек Саматович

Тема работы:

Разработка механизма крепления рентгеновского аппарата для контроля труб диаметром свыше 530 мм	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 07.04.2016 г.№2687/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе *(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*	**Механизм крепления рентгеновского аппарата для труб с диаметром 530 мм;** **Диаметр излучателя;** **Фокусное расстояние;** **Механизм съёмного крепления рентгеновского аппарата :**

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов *(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).*	**1. Литературный обзор различных методов радиографического контроля труб свыше 530 мм, а так же аппаратов используемых для данных целей;** **2. Конструирование основных элементов механизмов крепления рентгеновского аппарата для контроля труб 530 мм;** **3. Расчет режимов сварки трубопровода для труб свыше 530 мм;** **4. Финансовый менеджмент, ресурсоэфективность и ресурсосбережения;** **5. Социальная ответственность;** **6. Заключение;**
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	**1. Сборочный чертеж механизма для крепление рентгеновского аппарата** **2. Общий вид схемы просвечивания** **3. Сварные швы** **4. Тавровое соединение**

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
1-6	**Филишов Николай Яковлевич**
7	**Николаенко Валентин Сергеевич**
8	**Анищенко Юлия Владимировна**

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

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	9.03.2016

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Филишов Николай Яковлевич	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Онгарбаев Азимбек Саматович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
"ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ"

Студенту:

Группа	ФИО
1В21	Онграбаев Азимбек Саматович

Институт	ИНК	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Оборудование и технология сварочного производства

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. *Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих*	*Работа с определением информацией в установке, аналитических материалах, расчетов бюллетенях, нормативно-правовых документах;*
2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов*	
3. *Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования*	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. *Планирование и формирование бюджета научных исследований*	*Определение структуры плана проекта и трудоёмкости работ, разработка графика проведения НТИ, бюджет НТИ.*
2. *Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования*	*Определение интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального показателя ресурсоэффективности, интегрального показателя эффективности и сравнительной эффективности вариантов исполнения*
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)***:**	
1.Календарный план-график выполнения работ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко Валентин Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Онгарбаев Азимбек Саматович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1В21	Онгарбаев Азимбек Саматович

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Разработка механизма крепления рентгеновского аппарата для контроля труб диаметром свыше 530 мм
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.	Повышенный уровень шума на рабочем месте; – Повышенная температура или влажность воздуха помещения; – Повышенный уровень вибрации; – Недостаточная освещённость рабочей зоны; – Наличие открытых токопроводящих элементов, находящихся под напряжением. – Повышенная температура поверхностей оборудования.
2. Экологическая безопасность.	Воздействие на окружающую среду сводиться к минимуму, за счет отсутствия загрязняющих веществ. Поскольку все используемые материалы отправляются на дальнейшие исследования.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	– Пожар является возможной причиной чрезвычайной ситуации. Одной из причин возникновения пожара является нахождение в рабочей зоне баллона под давлением.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	–Правовые нормы трудового законодательства; –Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.16

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Онгарбаев Азимбек Саматович		

Содержание

Введение 9
1 Литературный обзор 11
1.1 Физические основы радиационного контроля 11
1.2 Классификация метода неразрушающего контроля 13
1.3 Радиографический метод неразрушающего контроля. 14
1.4 Источники рентгеновского излучения 16
1.4.1 Аппараты-моноблоки 17
1.4.2 Кабельные аппараты 18
1.4.3 Импульсные аппараты. 18
2 Радиографическая пленка как детектор 20
2.1 Выбор схемы и режимов просвечивания 26
2.2 Расшифровка снимков, обозначение и классификация дефектов 31
3 Радиографический контроль стыковых соединений магистральных трубопроводов 35
3.1 Особенности радиографического контроля стыковых соединений труб 35
3.2 Схемы радиографического контроля стыковых соединений. 36
3.3 Выбор источника и энергии излучения 37
3.4 Выбор фокусного расстояние 41
4 Разработка устройства для установки рентгеновского аппарата 42
4.1 Конструкция устройства 42
4.2 Выбор основного материала 45
4.3 Технология сборки и сварки устройства 47
4.4 Выбор способа сварки 47
4.5 Выбор сварочного материала 50
4.6 Расчет режима для ручной дуговой сварки покрытым электродами 53
5 Выбор сварочного оборудования 57
6 Мероприятия по снижению деформаций и напряжений 59
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 61
8 Социальная ответственность 84

Заключение 95

Список использованных источников 96

Приложение А ФЮРА.000001.011.СБ Спецификация устройства для крепление аппарата 98

Приложение Б ФЮРА.000001.011.СБ Сборочный чертеж устройства для крепление рентгеновского аппарата 99

Приложение В ФЮРА.000002.011.ОВ Чертеж схемы просвечивания 100

Приложение Г ФЮРА.000003.011 Тавровое соединение 101

CD-диск. 102

Введение

Магистральные (МН) предназначены для транспортировки товарной нефти и нефтепродуктов из районов их добычи или хранения до мест потребления (нефтебаз, перевалочных баз, пунктов налива в цистерны, нефтеналивных терминалов, отдельных промышленных предприятий и НПЗ). МН должны обладать высокой пропускной способностью. Это достигается путем увеличения диаметров трубопроводов, которые обычно составляют от 219 до 1400 мм, и повышением избыточного давления от 1,2 до 10 МПа.

В этом случае резко повышаются требования к прочности трубопроводных систем. Для обеспечения необходимой надежности магистральных трубопроводов большое внимание уделяется качеству сварных соединений и методам их контроля. Основными методами неразрушающего контроля, которые применяются при сооружении, реконструкции и ремонте магистральных трубопроводов, являются радиационные и ультразвуковые.

Методы радиационной дефектоскопии за последние годы получили широкое развитие. Созданы эффективные рентгеновские аппараты, радиоактивные источники излучения и гамма-дефектоскопы, средства механизации и автоматизации контрольных операций.

В период строительства трубопроводов большого диаметра широко используется панорамный способ радиографического контроля. В этом случае источник излучения помещается внутри трубы и просвечивание осуществляется через одну стенку.

При неразрушающем контроле захлестов и ремонтных стыков просвечивание производится через 2 стенки. Источник излучения необходимо устанавливать снаружи трубы в строго фиксированном месте. Это вызывает определенные затруднения при проведении радиографического контроля сварных соединений в полевых условиях. Применяемые для этих целей приспособления имеют ряд существенных недостатков.

Целью данной работы является разработка универсального приспособления для установки излучателя рентгеновского аппарата при контроля сварных швов труб большого диаметра через две стенки и отработка методики неразрушающего контроля сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов.

1 Литературный обзор

1.1 Физические основы радиационного метода контроля

Радиационные методы контроля основаны на регистрации и анализе ионизирующего излучения при его взаимодействии с контролируемым изделием [1].

При прохождении ионизирующего излучения через вещество изделия происходит ослабление, поглощение и рассеяние излучения. Степень ослабления зависит от толщины d и плотности ρ контролируемого объекта, а также- от интенсивности I и энергии E самого излучения. Наличие в веществе внутренних дефектов приводит к изменению интенсивности и энергии выходящего потока излучения. Иными словами, прошедшее излучение несет дефектоскопическую информацию о внутренней структуре контролируемого объекта. На рисунок 1 приведена схема прохождения излучения через контролируемый объект [1].

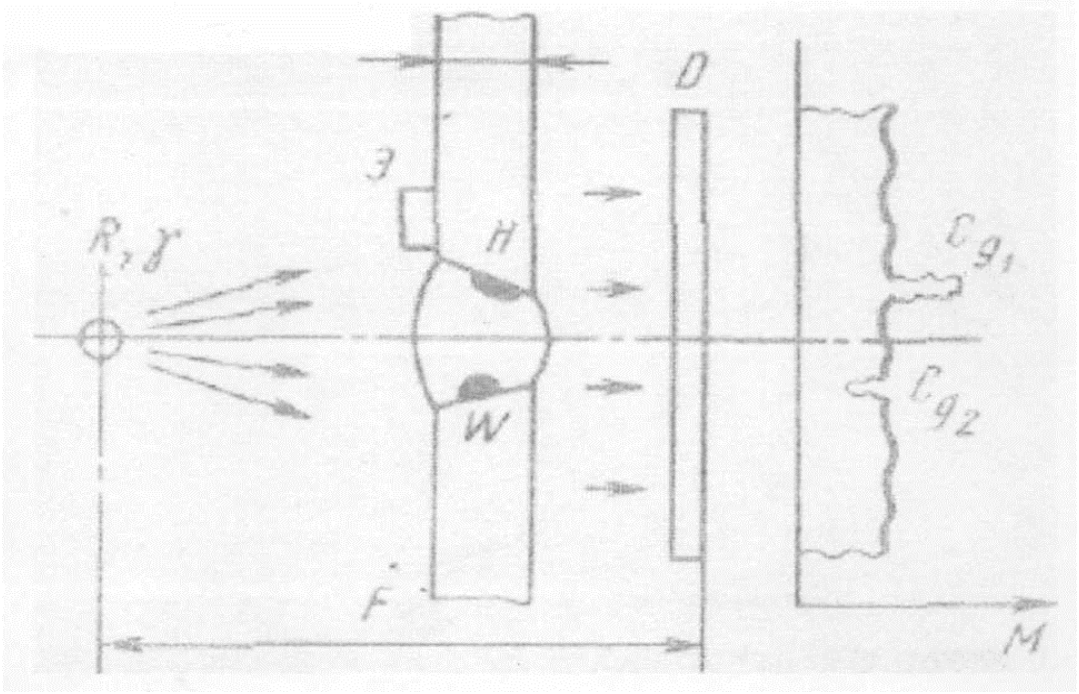


Рисунок 1 Структурная схема радиационного контроля.

Интенсивность прошедшего излучения будет больше на участках меньшей толщины или меньшей плотности, в частности в местах дефектов - несплошностей или неметаллических включений.

Зависимость ослабления интенсивность первичного излучения при прохождении его через изделие описывается выражением [1]:

$$I = I_0 e^{-\mu d}, \qquad (1)$$

где I_0 - интенсивность падающего на материал излучения;

d – толщина контролируемого изделия,

μ – линейный коэффициент ослабления излучения, $см^{-1}$, который в свою очередь, зависит от плотности материала объекта и энергии излучения.

В литературе выражение (1) часто называют законом ослабления узкого пучка излучения.

В диапазоне энергий, применяемых в радиационной дефектоскопии источников излучения, с ростом энергии Е коэффициент μ уменьшается (для железа в диапазоне Е<10 МэВ), что соответствует меньшему ослаблению излучения веществом, т. е. повышению проникающей способности

излучения. Более тяжелые с большим порядковым номером Z вещества имеют при данной энергии излучения E большее значение коэффициента μ и соответственно сильнее ослабляют излучение, например, свинец ослабляет излучение сильнее, чем железо, а железо - сильнее, чем алюминий [2].

При просвечивании изделия на расположенную за изделием радиографическую пленку воздействуют, однако, не только прямое излучение, прошедшее через материал изделия, но и рассеянное излучение,. Оно образуется в контролируемом материале и отличается от прямого пучка меньшей энергией и неупорядоченностью направлений распространения. При попадании на рентгеновскую пленку рассеянное излучение равномерно подсвечивает ее и снижает контраст изображения [2].

1.2 Классификация методов неразрушающего контроля.

Методы радиационного контроля классифицируются прежде всего по виду ионизирующего излучения и по виду детектора, регистрирующего это изучение [1].

Под ионизирующим излучением понимают излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков [1].

Основными видами радиационного излучения являются:

- рентгеновское,
- гамма-излучение,
- нейтронное.

В радиационной дефектоскопии наиболее широко используется рентгеновское излучение. Это фотонное электромагнитное излучение с длиной волны $6*10^{-13}$ … $1*10^{-9}$ м. Имея ту же природу , что и видимый свет, но меньшую длину волны (у видимого света 4...7 * 10^{-7} м), рентгеновское излучение обладает высокой проникающей способностью и может проходить

через достаточно большие толщины конструкционных материалов. При взаимодействии с материалом контролируемого изделия интенсивность рентгеновского излучения уменьшается, что и используется при контроле. Рентгеновское излучение обеспечивает наибольшую чувствительность контроля [4].

Для его генерации существуют различные схемы и большое количество марок рентгеновских аппаратов, как стационарных, так и переносных. В последнее время все большее распространение получают малогабаритные импульсные аппараты, позволяющие при малой мощности за счет малого времени импульса (1...3 мкс) при сравнительно большом токе (100...200 А) просвечивать достаточно большие толщины стали [4].

Другим распространенным видом ионизирующего излучения, используемым при контроле сварных соединений, является γ-излучение.
Это фотонное излучение с длиной волны $1*10^{-13}$ ...$4*10^{-12}$ м, возникающее при распаде радиоактивных изотопов. Источниками γ-излучения, используемыми при радиационном контроле, обычно являются радиоактивные изотопы тулия, иридия, цезия, кобальта: 170Tu, 192Ir, 137Cs, 60Co и др. Источники γ- излучения компактны и не требуют дополнительных источников электроэнергии для своей генерации. Однако γ-излучение более опасно для человека и, в отличие от рентгеновского, не может быть выключено. Проникающая способность γ-излучения выше, чем рентгеновского, поэтому могут просвечиваться изделия большей толщины. Поэтому область применения γ-дефектоскопии - контроль изделий большой толщины. контроль в монтажных и полевых условиях, в частности – трубопроводов, крупногабаритных резервуаров и в котлах, просвечивание изделий сложной формы, если разместить рентгеновский аппарат невозможно [6].

Для контроля изделий из тяжелых элементов, для контроля наличия соединений водорода, бора, лития и других легких элементов в капсулах из тяжелых элементов, а также при контроле радиоактивных изделий

используют нейтронное излучение, которое получают в ядерных реакторах либо с использованием радиоизотопных источников [6].

1.3 Радиографический метод неразрушающего контроля.

В зависимости от методов детектирования (обнаружения и регистрации) ионизирующего изучения различают радиографию, при которой фиксирование изображения внутренней структуры изделия происходит на пленке или бумаге, радиоскопию (изображение наблюдается на экране) и радиометрию (регистрируются электрические сигналы). Радиография получила наибольшее распространение в связи с простотой, наглядностью и документальным подтверждением результатов контроля. При радиографическом контроле для регистрации интенсивности прошедшего через металл излучения применяют радиографическую пленку или фотобумагу (метод прямой экспозиции), металлические активируемые экраны или заряженные полупроводниковые пластины (метод переноса изображения). Более распространен метод прямой экспозиции. При нем могут использоваться все рассмотренные виды ионизирующих излучений. Оптическая плотность почернения радиографической пленки или фотобумаги зависит от дозы ионизирующего излучения, она больше на местах, перекрытых менее плотными участками контролируемого объекта. Поэтому такие дефекты, как поры, трещины, непровары, а также шлаковые включения, будут выглядеть на радиографической пленке в виде темных пятен соответствующей формы. Включения более плотные, чем основной металл (например, вольфрамовые при сварке алюминия неплавящимся электродом), будут на радиограммах иметь вид светлых пятен. Для лучшего выявления дефекта направление излучения должно по возможности совпадать с направлением его максимального размера [1].

Выявляемость дефектов при радиографическом контроле зависит также от резкости изображения. Причинами нерезкости могут быть

образование в эмульсионном слое пленки фотоэлектронов (внутренняя нерезкость), рассеяние излучения в материале изделия (особенно при просвечивании изделий большой толщины), смещение или колебания относительного расположения источника, изделия и детектора (устраняются жестким закреплением) и отличие реальной формы источника излучения от точечной (геометрическая нерезкость). Для уменьшения геометрической нерезкости применяют источники излучения с возможно меньшим размером фокусного пятна, максимально приближают пленку к контролируемому изделию и увеличивают фокусное расстояние (от источника излучения до пленки). Подготовка к просвечиванию при радиографии заключается в предварительном осмотре сварного соединения и очистке его от шлака, масла и других загрязнений. Наружные дефекты удаляют. Участки шва маркируют с помощью свинцовых знаков, либо помечают пленку или флуоресцентные экраны. На поверхность изделия вблизи контролируемого шва устанавливаются эталоны чувствительности по ГОСТ 7512-82 [3], чаще всего - канавочный: пластинка с канавками переменной глубины или проволочные [11].

Время просвечивания определяется по номограммам экспозиции, которые обычно строят для каждого материала в зависимости от его толщины, энергии излучения (в частности, напряжения на аноде рентгеновской трубки), фокусного расстояния; типа применяемой пленки и усиливающих экранов [1].

К недостаткам радиационных методов необходимо отнести вредность для человека, в связи с чем требуются специальные меры радиационной безопасности: экранирование, увеличение расстояния от источника излучения и ограничение времени пребывания оператора в опасной зоне. Кроме того, радиационными методами плохо выявляются несплошности малого раскрытия (трещины, непровары), расположенные под углом более 7...12° к направлению просвечивания, метод малоэффективен для угловых швов [1].

1.4 Источники рентгеновского излучения.

При радиационном контроле сварных соединений широко используются рентгеновские аппараты различных типов. Применяются два вида рентгеновских аппаратов: аппараты с постоянной нагрузкой и импульсные рентгеновские аппараты [3].

Аппараты с постоянной нагрузкой в свою очередь выпускают двух типов:

1) аппараты-моноблоки, у которых рентгеновская трубка и трансформатор смонтированы в единые блок-трансформаторы, залитые маслом или заполненные газом. К этим аппаратам относят как портативные аппараты для работы в полевых и монтажных условиях (РУП-120-5-1), так и стационарные высоковольтные аппараты (РУП-400-5-1);

2) аппараты кабельного типа, состоящие из самостоятельного генераторного устройства, рентгеновской трубки и пульта управления. Аппараты этого типа выпускают, как правило, передвижными и используют их для работы в цеховых и лабораторных условиях (РУП-150/300-10-1).

Импульсные аппараты в связи с их малым весом и габаритами служат в основном для работы при контроле качества сварных соединений магистральных трубопроводов, в условиях стапеля и монтажа [3].

1.4.1 Аппараты-моноблоки.

В аппаратах-моноблоках обычно применяют наиболее простую схему (рис. 6) — полуволновую без выпрямителя. В этих аппаратах на трубку подается ток непосредственно от трансформатора высокого напряжения Т.

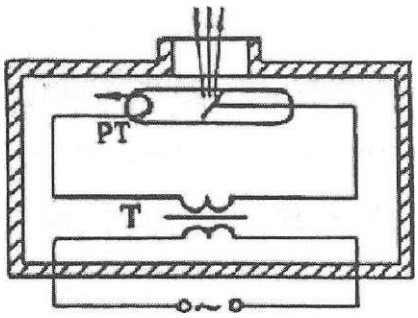


Рисунок 2 Типовая схема рентгеновского аппарата-моноблока

Рентгеновская трубка РТ пропускает ток только в одном направлении в течение первого полупериода, а затем во время второго полупериода она запирает ток, работая как выпрямитель. Использование подобной схемы сокращает срок службы трубки, но простота устройства аппарата компенсирует этот недостаток [3].

1.4.2 Кабельные аппараты.

В аппаратах кабельного типа применяют, как правило, схемы удвоения напряжения с двумя кенотронами и полупроводниковыми выпрямителями (рис. 9). Во время отрицательного полупериода напряжения конденсаторы и C_2 заряжаются через выпрямители B_1 и B_2 до половины амплитудного значения. С приходом положительного полупериода они оказываются включенными последовательно с вторичной обмоткой трансформатора и напряжение на аноде трубки увеличивается в два раза.

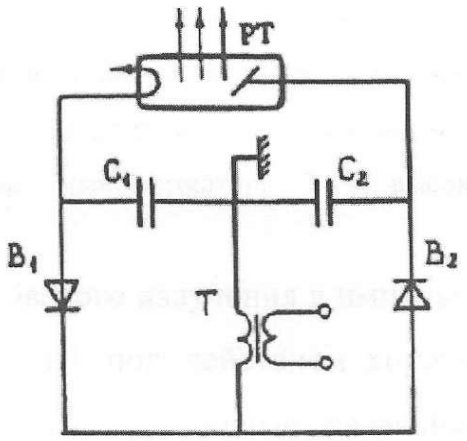


Рисунок 3 Типовая схема высоковольтной части рентгеновского кабельного аппарата

Генерирование рентгеновского излучения происходит в течение полупериода. Схема удвоения напряжения позволяет получать высокое напряжение без увеличения размеров трансформатора и качества его изоляции [3].

1.4.3 Импульсные аппараты.

В импульсных аппаратах применяются специальные рентгеновские трубки с холодным катодом.

Используют импульсные схемы с разрядником и пик-трансформатором (рисунок 4, где Т — первичный трансформатор, В — выпрямитель, С1, С2 — накопительные емкости, РК — разрядник-коммутатор, ИТ – импульсный высоковольтный трансформатор, РО — разрядник - обостритель, РТ — рентгеновская трубка).

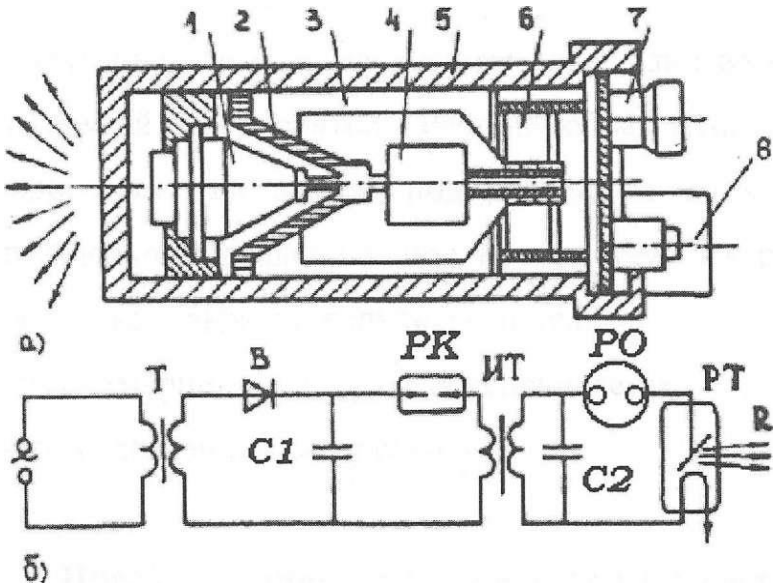


Рисунок 4 Конструкция (а) и типовая схема (б) импульсного рентгеновского аппарата:

1 - рентгеновская трубка; 2 - индуктивность; 3 - стакан;

4 - разрядник-обостритель;

5 - корпус; 6 - импульсный трансформатор; 7 - высоковольтный разъем;

8 —- маслорасширитель

Вспышка рентгеновского излучения в импульсном аппарате образуется в рентгеновской трубке РТ под действием короткого импульса высокого напряжения, формируемого с помощью разрядника РО. Напряжение на трубку прикладывается со вторичной обмотки импульсного пик-трансформатора ИТ в момент разрядки накопительной емкости С1 через коммутатор РК в первичной обмотке, при этом во вторичной его обмотке возникает импульс высокого напряжения длительностью порядка 10^{-6} с. Этот импульс высокого напряжения заряжает выходную емкость С2 до напряжения 100-200 кВ — в зависимости от пробойного напряжения разрядника - обострителя. Частота вспышек в импульсных рентгеновских аппаратах составляет 5-20 Гц. Ток в импульсе достигает 1000-2000 А и более

Длительность импульса рентгеновского излучения составляет десятки наносекунд [3].

Напряжение срабатывания разрядника - обострителя является рабочим напряжением рентгеновской трубки. Поэтому для данного конкретного

аппарата ускоряющее напряжение всегда одно и то же и не может регулироваться. Разрядник - обостритель состоит из стального цилиндрического корпуса, керамического изолятора в виде усеченного конуса и двух электродов из тугоплавкого металла, один из них припаян к крышке корпуса, другой — к изолятору. Рабочий объем разрядника заполнен техническим водородом или азотом под давлением 30 - 40 атмосфер. Благодаря столь высокому давлению, при пробое межэлектродного зазора электрический импульс с выхода импульсного трансформатора сокращается по длительности примерно в 100 раз, обеспечивается плазменный взрыв микроострий катода рентгеновской трубки .

2 Радиографическая пленка как детектор.

Детектором ионизирующего излучения называют чувствительный элемент средства измерений, предназначенный для преобразования энергии ионизирующего излучения в другой вид энергии, удобный для регистрации и (или) измерения одной или нескольких величин, характеризующих воздействующее на детектор излучение [6].

Радиографические пленки являются основным видом детекторов при радиационном контроле. Их действие основано на фотохимическом эффекте взаимодействия ионизирующих излучений с веществом.

Радиографические пленки в процессе экспонирования отображают изменения интенсивности излучения, прошедшего через объект контроля. Эти изменения интенсивности соответствуют изменению плотности ρ и коэффициента поглощения μ в объекте контроля, и эти изменения можно связать с наличием в нем дефектов. Пленки обладают способностью интегрально регистрировать чрезвычайно низкие интенсивности излучения за длительное время просвечивания в широком диапазоне энергий.

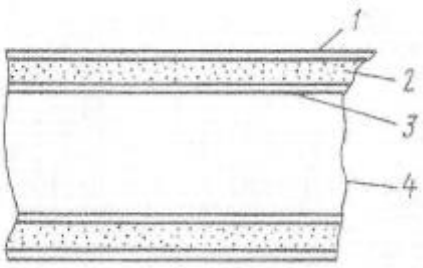


Рисунок 5 Структура рентгеновской пленки

1-слой твердой желатины ; 2-слой эмульсии; 3-субстракт для сцепление эмульсии с подложкой; 4-подложка.

Схема строения рентгеновской пленки дана на рисунке 5. Главная ее часть - эмульсионный слой, представляющий собой желатиновую матрицу со взвешенными в ней мельчайшими кристалликами галогенида серебра. Обычно прозрачная основа (подложка) пленки, выполненная, например, из ацетата целлюлозы, покрыта эмульсией с обеих сторон, что позволяет повысить квантовую эффективность пленки без увеличения времени на ее химико-фотографическую обработку. Когда пленка подвергается экспозиции , из галогенидов фотоэлектрически освобождаются электроны. Эти электроны захватываются центрами захвата в кристаллах. Здесь они нейтрализуются подвижными ионами серебра в зернах галогенидов, что приводит к осаждению в них мельчайших количеств металлического серебра . После обработки пленки те зерна, которые содержали больше некоторого количества серебра (обычно четырех атомов), полностью переводятся в металлическое серебро, а зерна, которые содержали меньше этого критического количества, не переводятся и удаляются в процессе фиксации [6].

Проявленная пленка характеризуется плотностью почернения S, которая определяется как

$$S = \ln \frac{(t)}{\tau}, \qquad (2)$$

Где τ коэффициент пропускания, равный отношению светового потока , прошедшего через пленку видимого света, к световому потоку падающего

на пленку света. Кривую зависимости плотности почернения пленки от логарифма относительной экспозиции S(ΔlgX) называют характеристической кривой (рисунок 6).

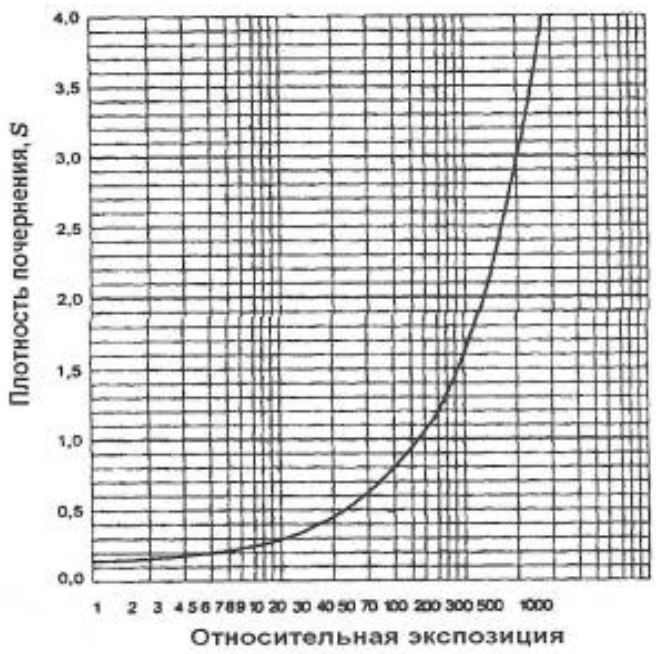


Рисунок 6 Типичная характеристическая кривая для пленок

На плотность почернения пленки, помимо дозы излучения, влияют также сорт-, пленки, состав и температура проявителя, длительность проявления и т.п. Для экспериментального определения плотности почернения радиографической пленки используют денситометр.

Радиографические пленки подразделяются на два класса:

- без экранные пленки, предназнаенные для использования без флюоресцентных экранов, или с металлическими усиливающими экранами;
- экранные пленки, предназначенные для использования с флюоресцентными усиливающими экранами, поскольку чувствительность этих пленок лежит в видимой и ультрафиолетовой части спектра [6].

Каждый тип пленки обладает чувствительностью, измеряемой величиной, обратной экспозиционной дозе излучения, при которой степень почернения на определенное значение (0,85) больше плотности вуали на

пленке. Чувствительность пленки обозначают $S_{0.85}$ и измеряют в P^{-1} Технические характеристики основных рентгеновских пленок представлены в таблица 1

Таблица 1 - Технические характеристики основных рентгеновских пленок

Тип пленки	Чувствительность пленки $S_{0.85}$, P^{-1}		Разрешающая способность, линий/мм	Примечания
	Без экранов	С экраном		
РТ-1	50-60	100	68-73	ВЧ, БЭ
РТ-2	25	350	68-73	ВЧ,Э
РТ-3	20-30	35-45	80-110	ВЧ, БЭ
РТ-4М	9-12	-—	110-140	МЗ, БЭ
РТ-5	3-5	13	140-180	ОМЗ, БЭ

Примечания: ВЧ — высокочувствительная, МЗ — мелкозернистая, ОМЗ — особомелкозернистая, Э — экранная, БЭ — без экранная.

Пленки РТ-1 и РТ-3 без экранные и наиболее чувствительные. Экранные пленки РТ-2 обладают высокой чувствительностью и обеспечивают высокую эффективность контроля при использовании флюоресцирующих экранов. Без экранная мелкозернистая пленка РТ-4М имеет среднюю чувствительность. Без экранная особомелкозернистая пленка РТ-5 обладает наибольшей разрешающей способностью и наименьшей чувствительностью [6].

Существенное влияние на выявляемость дефектов оказывает радиографическая общая нерезкость изображения *и* (рисунок 7), которая характеризуется величиной размытия краев радиографическом снимке.

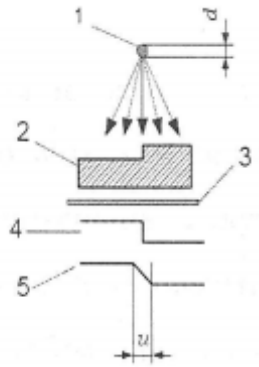


Рисунок 7 Схема формирования нерезкости: 1 — источник излучения; 2 — объект контроля с резким изменением толщины; 3 — радиографическая пленка; 4 — профиль радиационного изображения; 5 — сглаженный профиль оптической плотности снимка объекта контроля

Величина нерезкости при просвечивании зависит от геометрии просвечивания, микроструктуры пленки и процессов взаимодействия ионизирующего излучения с веществом пленки (образованием фотоэлектронов, комптоновских электронов и их пробегом в эмульсии).

Геометрическая нерезкость $u_Г$ зависит от размеров источника излучения и геометрических условий просвечивания и определяется размером фокусного пятна или активной части d, фокусным расстоянием F, толщиной объекта контроля δ, расстоянием от контролируемого предмета до пленки и размером поля облучения. Геометрическую нерезкость можно оценить соотношением

$$U_Г = \frac{d \cdot \delta}{F - \delta}, \qquad (3)$$

Для уменьшения геометрической нерезкости следует применять источники излучения с малым фокусным пятном [10].

Однако уменьшение d приводит к снижению интенсивности излучения и увеличению времени экспозиции.

Нерезкость смещения, которая возникает вследствие движения источника, объекта контроля и пленки, можно устранить, применяя жесткие держатели источников, детекторов и объектов контроля.

Фокусное расстояние F следует выбирать таким образом, чтобы геометрическая нерезкость $U_Г$ была соизмерима со значением внутренней нерезкости $U_В$ ($U_Г \sim U_В$).

Когда источник излучения не является точечным, формируемая тень не обладает идеальной резкостью. Степень геометрической нерезкости любой тени зависит от размеров источника излучения (фокусного пятна или активной части) и от положения контролируемого объекта между источником и радиационным изображением (рисунок 12).

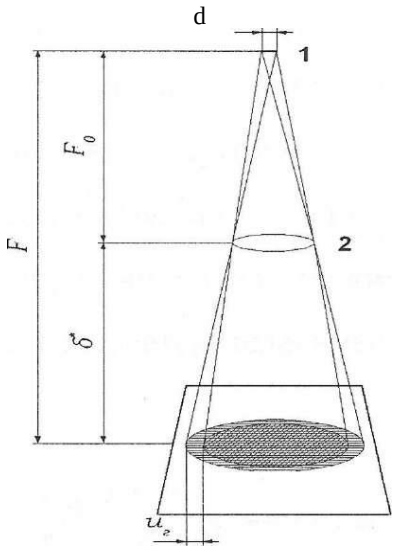


Рисунок 8 Схема формирования геометрической нерезкости от фокусного расстояния:
1 — источник излучения, 2 — элемент объекта контроля, 3 — изображение на пленке

2.1 Выбор схемы и режимов просвечивания.

Выбор схемы просвечивания должен производиться исходя из конкретной геометрии контролируемого изделия. Рекомендуемые схемы просвечивания сварных соединений указаны в ГОСТ 7512-82 [3]. Небольшие габариты и вес импульсных рентгеновских аппаратов, а также широкая диаграмма направленности их излучения, позволяют располагать их

различным образом, наиболее удобным для решения задачи контроля того или иного объекта.

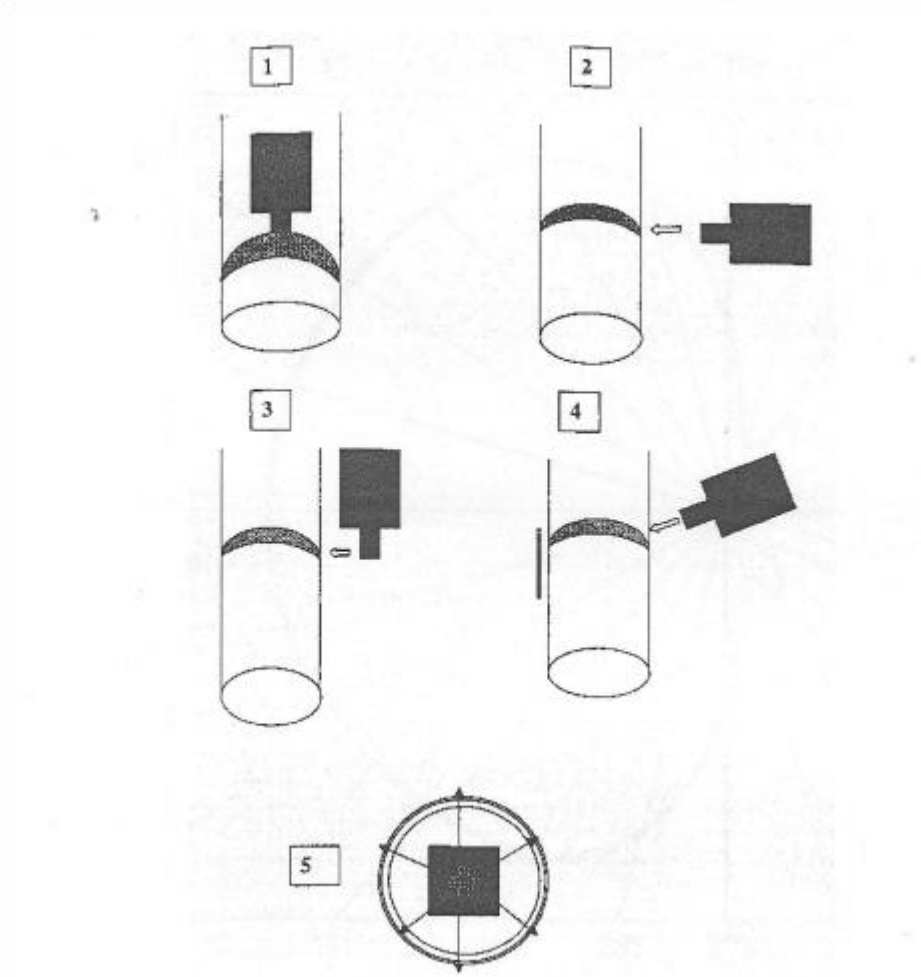


Рисунок 9 Наиболее типичные схемы просвечивания, применительно к самой массовой задаче контроля сварных стыков трубопроводов.

Просвечивание стыковых швов обычно проводят перпендикулярно поверхности либо по направлению разделки кромок, так как возможно образование дефектов по линии сплавления. При контроле угловых швов направление просвечивания выбирают по биссектрисе угла либо по направлению разделки кромок. При контроле сварных соединений труб и коробчатых конструкций наилучшим вариантом является размещение источника излучения внутри изделия, так как в этом случае, во-первых, появляется возможность панорамного просвечивания за одну экспозицию, а во-вторых, стенки изделия ослабляют поток ионизирующего излучения в

окружающую среду. При невозможности помещения источника излучения внутри просвечивание проводят снаружи, в том числе через две стенки под углом к оси шва во избежание наложения изображений швов друг на друга (рисунок 10 в) [8].

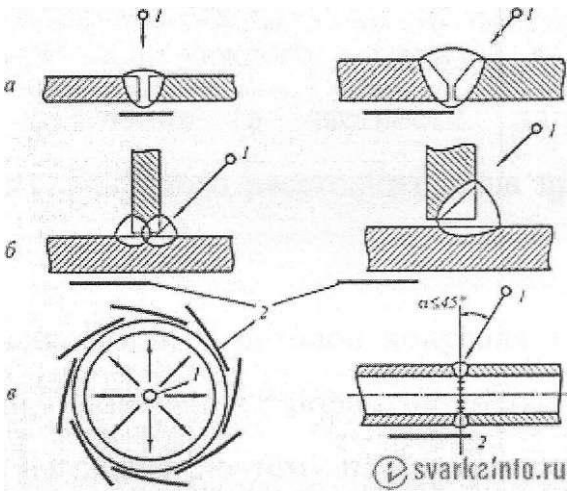
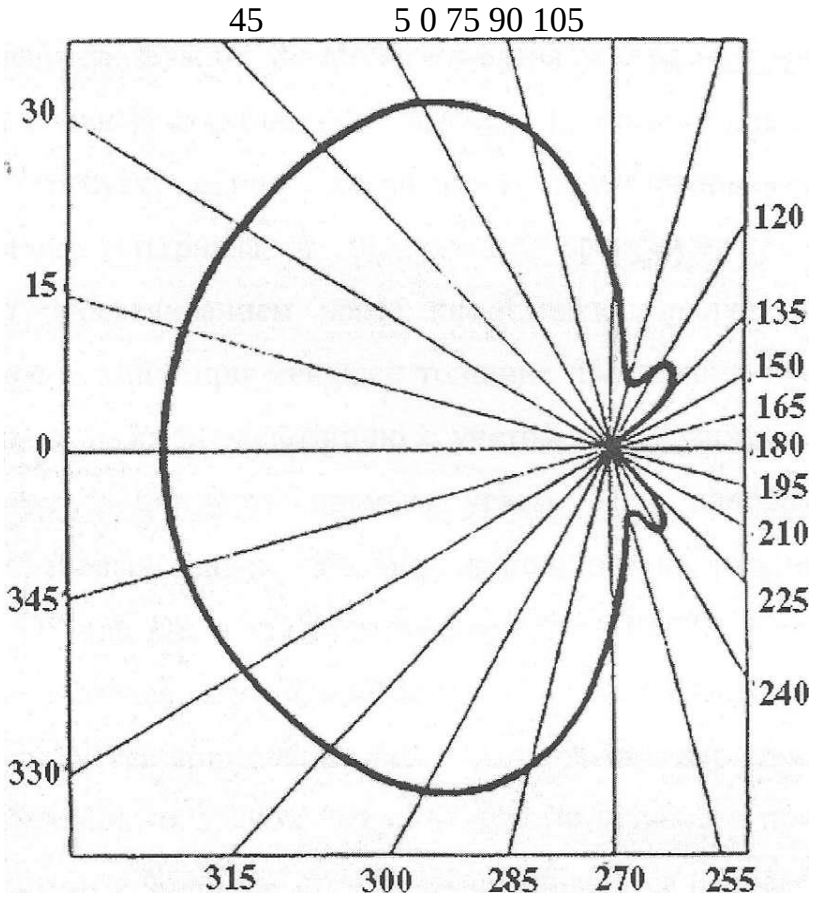


Рисунок 10 Схемы радиографического контроля:
а - стыковых; б - угловых швов;
в - труб; 1 — источник излучения; 2 — пленка

Просвечивание может производиться через 1 стенку (схемы 1-3 и 5) или через 2 стенки (схема 4). Контроль осуществляется либо участками (схемы 1-4), либо целиком за одну экспозицию (схема 5). Аппарат может быть расположен на трубе (схема 1), рядом с ней (схемы 2-4), либо внутри нее (схема 5). Следует только иметь в виду, что при просвечивании "боковым" пучком (т.е. участком диаграммы направленности, расположенным под углом 90° к центральному пучку, выходящему вдоль продольной оси аппарата) по схемам 1,3,5 экспозиция должна быть увеличена в два раза для аппаратов АРИНА-3, АРИНА-5 и АРИНА-7 и в три раза для аппарата АРИНА-1 [8]

Это следует из диаграммы направленности излучения рентгеновской трубки.



Видно, что интенсивность излучения под углом 90° к оси рентгеновской трубки в 2-2,5 раза меньше интенсивности излучения вдоль ее оси [8].

Контроль через две стенки (схема 4) следует производить, сместив аппарат относительно плоскости сварного шва (во избежание наложения изображений противоположных стенок друг на друга на снимке), и повернув его таким образом. чтобы центральный пучок был направлен на центр трубы. Угол этого поворота **α** можно определить из соотношения:

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{2*I}{D}\right), \qquad (3)$$

где: I - ширина изображения шва, околошовной зоны и эталонов на снимке;

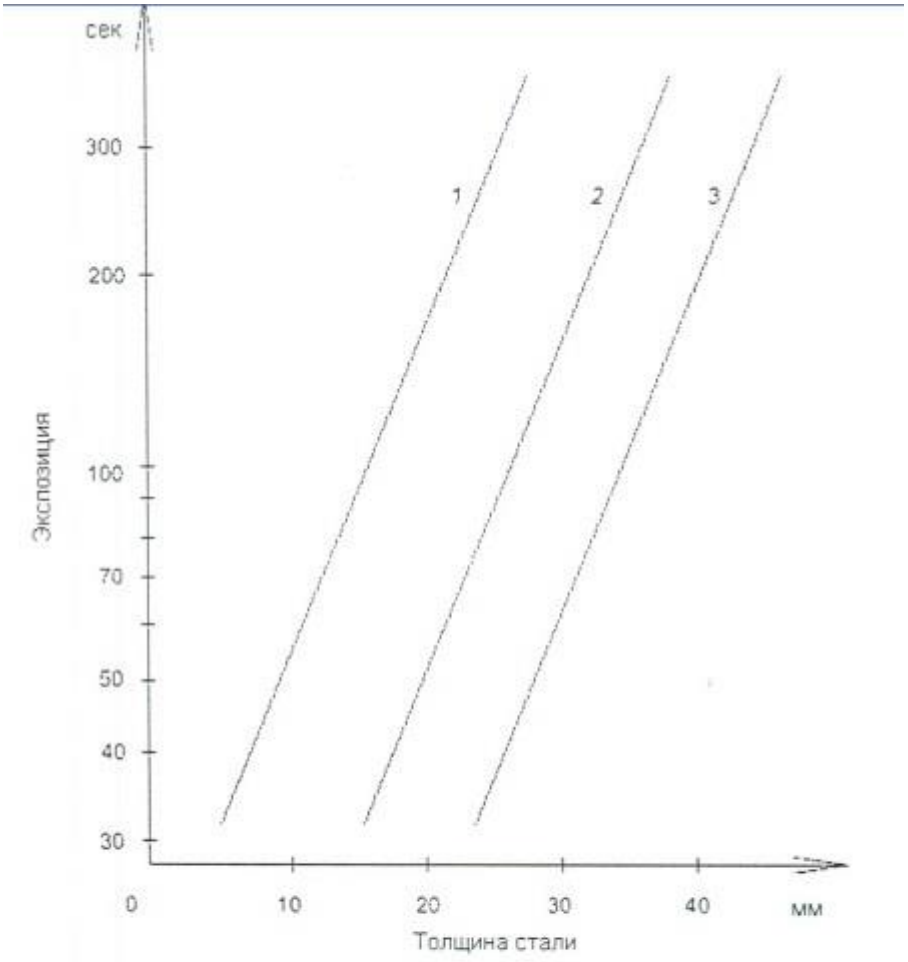
D - диаметр трубы.

Практически, величина угла поворота составляет 5-10°. В любом случае, угол не должен превышать 45°.

Наиболее желательной является геометрия панорамного просвечивания (схема 5). Ее главные достоинства - высокая производительность - съемка всего шва требует одной экспозиции при половинной толщине просвечиваемого материала и половинном фокусном расстоянии (по сравнению с просвечиванием через две стенки), и лучшее качество - чувствительность выше при меньшей толщине просвечивания. Необходимо лишь правильно выбрать экспозицию с учетом ранее упомянутого фактора увеличения экспозиции под прямым углом. При панорамном методе контроля кольцевых швов удобно использовать рулонную пленку Структурикс D7 или D8, а также отечественную - РТСШ. Крепление такой пленки осуществляется жгутом или лентой. При использовании форматной пленки рекомендуется применение кассетных поясов с карманами для кассет 10х48 и маркировочных знаков. Эталоны чувствительности при панорамном контроле и контроле через две стенки устанавливаются непосредственно под пленку [8].

Существенным моментом в рентгенографическом контроле является выбор экспозиции. Как и в практике контроля аппаратами непрерывного действия, решение этой задачи в рентгенографии импульсными аппаратами облегчается использованием номограмм экспозиции. Последние выглядят существенно проще, так как не содержат переменного параметра - напряжения на трубке.

Номограммы экспозиций приводятся в руководстве по эксплуатации на конкретную модель аппарата. В качестве примера на рисунке приведена номограмма экспозиций аппарата АРИНА-5.



1 - D7 + свинцовая фольга
2 - D8 + экран RCF
3 - PT1 + флуоресцентный экран

Условия измерения:
фокусное расстояние F=300 мм,
плотность потемнения снимка D=(1,5...1,8)

График номограмм представляет собой прямые в полулогарифмическом масштабе (вместо экспозиции по оси ординат отложен ее десятичный логарифм). Это является следствием экспоненциального закона ослабления рентгеновского излучения. Плотность потемнения снимков 1,5-1,8 ед. оптической плотности. Фокусное расстояние 300 мм. Просвечиваемый материал – сталь [1].

2.2 Расшифровка снимков, обозначение и классификация дефектов.

Просмотр и расшифровку снимков следует проводить после их полного высыхания в затемненном помещении с применением специальных осветителей - негатоскопов. Рекомендуется использовать негатоскопы с регулируемыми яркостью и величиной освещенной поверхности.

Канавочные эталоны имеют одинаковую площадь дефектов (в пределах определенного номера эталона) и различные лучевые размеры. Такая конструктивная особенность канавочных эталонов позволяет использовать их изображения на снимке в качестве масштабных меток при определении лучевого размера дефекта. В проволочном эталоне лучевой размер и площадь дефекта определяются диаметром проволоки. Пластинчатый эталон содержит имитаторы дефектов в виде сверлений. Обнаружение этих искусственных дефектов зависит от их площади.

Оценка уровня качества радиационного контроля при использовании описанных эталонов является субъективной, поскольку координаты дефектов заранее известны оператору. Обнаружив самый большой искусственный дефект, оператор легко находит остальные более мелкие. Поэтому для приближения процесса обнаружения искусственных дефектов к процессу определения естественных введены статистические эталоны [11].

В ИЭС им. Е. О. Патона разработана методика оценки уровня качества радиографического контроля, основанная на применении набора пластинчатых статистических эталонов, изготовленных отдельно применительно к определенному сварному соединению [11].

Все пластины имеют одинаковые размеры, причем толщина каждой пластины составляет 2 % толщины контролируемого сварного шва. Каждая пластина содержит определенное число сверлений заданного диаметра, расположенных в случайном порядке на площади пластины. Пластина

помещена в чехол из черной бумаги. Общее число пластин в наборе 10—15, число сверлений 4—5, координаты сверлений устанавливают по таблице случайных чисел.

На выявляемость дефектов большое влияние оказывает качество рентгеновских снимков. Поэтому целесообразно рассмотреть наиболее часто встречающиеся дефекты рентгеновских снимков. Однородная серая вуаль может быть вызвана большим сроком хранения или нарушением правил хранения пленки, а также ее засвечиванием. Пленка может быть засвечена дневным светом или ионизирующим излучением. Мраморовидная вуаль возникает, если пленку при проявлении вынимают из проявителя и держат на воздухе более 0,5 мин, например, для предварительного просмотра. Такая вуаль может быть вызвана также чрезмерно длительным проявлением или недостаточным фиксированием. О наличии вуали лучше всего судить, рассматривая изображения свинцовых цифр на пленке в проходящем свете. Иногда на пленке появляется двухцветная вуаль — желто-зеленая в отраженном свете и красная в проходящем. Такая вуаль вызвана загрязнением проявителя, фиксажа, или недостаточной промежуточной промывкой пленки.

Светлые полосы или пятна могут возникать на рентгенограмме в результате попадания инородного тела между усиливающими экранами и пленкой, а также химикатов на усиливающий экран или повреждения усиливающих экранов и фольг [11].

Следы трещин люминесцирующего слоя также видны на рентгеновской пленке. Попадание на пленку воды или фиксирующего раствора вызывает образование светлых пятен, обычно круглой формы. Прилипание пленки к стенке бака или другой пленке при проявлении вызывает светлые пятна большой площади, обычно овальной формы. Рентгеновская пленка чувствительна к механическому давлению. Слабое

давление или небольшие изгибы до и после экспонирования вызывают появление темных пятен [1].

Оператор регистрирует обнаруженные дефекты, устанавливая их вид и размеры. Изображения дефектов сварки на рентгенограммах имеют следующий вид: трещины — зигзагообразные извилистые линии или ломаные прямые линии с острыми концами, в ряде случаев разветвляющиеся и выходящие на основной металл; непровары в корне шва — темные прямые линии различной толщины и степени почернения, проходящие вдоль шва по его середине; шлаковые включения — темные пятна неправильной формы; газовые поры — темные округлые пятна; подрезы — темные пятна или полосы, расположенные вдоль границы выпуклости шва и основного металла; прожоги — круглые черные пятна; незаверенные кратеры — темные пятна, подобные шлаковым, но более правильной формы [1].

Приведенные характеристики радиографических изображений дефектов позволяют классифицировать дефект по его изображению на снимке.

Бездефектность сварного соединения следует понимать, как отсутствие недопустимых дефектов, а не полное отсутствие дефектов.

Размер дефекта в плоскости снимка определяют непосредственно на негатоскопе с помощью прозрачной измерительной линейки, при размере дефекта менее 1,5 мм его измеряют с помощью измерительной лупы.

Лучевой размер дефекта -— размер дефекта в направлении просвечивания (направлении прохождения ионизирующего излучения) — определяют с помощью денситометра. Иногда лучевые размеры дефектов приблизительно оценивают с использованием двух эталонов чувствительности, один из которых расположен на передней стенке

контролируемого изделия, а второй — на задней по ходу ионизирующего излучения [6].

Автоматическая расшифровка радиографической информации состоит из ряда последовательных операций: преобразования оптической плотности в электрический сигнал, обнаружения зон, содержащих дефекты, измерения параметров дефектов и др [6].

В настоящее время для создания автоматических систем обработки информации необходимо решить несколько задач. Решение первой из них состоит в определении того, какие параметры, характеризующие дефект, должны быть измерены. Вторая задача заключается в классификации отобранных признаков (принятии решения о принадлежности дефектов к тому или иному классу по измеренным параметрам). Третья задача — оценка качества изделия. Решить ее невозможно без наличия обоснованных норм дефектности и правил контроля.

Оценка качества и разбраковка сварных соединений по результатам радиографического контроля должны проводиться в соответствии с действующими ГОСТ, ОСТ, требованиями технических условий, чертежей или другой нормативно-технической документации на изготовление и приемку контролируемых изделий. Если в этой документации нет указаний о допустимых или недопустимых дефектах, то вопрос о годности соединений по выявленным на радиографических снимках дефектам решается главным инженером данного предприятия.

Заключение дается по результатам расшифровки снимков о количестве, виде и размере обнаруженных дефектов. Заключение о годности объекта можно делать по эталонным снимкам с характерными дефектами путем сравнения с ними снимков контролируемого объекта. Результаты контроля регистрируют в специальном журнале.

3 Радиографический контроль стыковых соединений магистральных трубопроводов.

3.1 Особенности радиографического контроля стыковых соединений труб.

При строительстве магистральных нефтепроводов и газопроводов используются в основном стальные трубы диаметром 530 мм и выше. Для неразрушающего контроля монтажных стыковых соединений труб чаще всего применяется радиографический метод.

Этот метод в соответствии с ГОСТ 7512-82 [3] позволяет выявлять в сварных соединениях трещины различного направления, поры, шлаковые и окисные включения. При толщине просвечиваемой стенки трубы от 10 до 30 мм дефектоскопическая чувствительность достигает 1-2% от толщины. Получаемые снимки позволяют документировать результаты контроля и при строительстве трубопроводов они архивируются и хранятся необходимое время в соответствии с требованиями проекта [3].

При назначении радиографического контроля необходимо учитывать дефектоскопическую технологичность контролируемого сварного соединения:

а) отношение просвечиваемой толщины наплавленного металла к общей просвечиваемой толщине не должно быть не менее 0,2 согласно ГОСТ 7512-82.

б) радиографирование может быть осуществлено только при наличии двухстороннего доступа к контролируемому соединению, обеспечивающего требуемую установку источника излучения и кассеты с плёнкой [3].

3.2 Схемы радиографического контроля стыковых соединений.

Радиографический контроль сварных соединений линейной части трубопроводов производится в основном панорамным способом.

Однако при сварке захлестов и ремонте стыков рентгеновский аппарат необходимо устанавливать снаружи трубы. Просвечивание в этом случае производится по секторам, не менее чем в трех положениях. При установке излучателя рентгеновского аппарата снаружи на теле трубы в полевых условиях возникают серьезные проблемы [6].

С этой целью было разработано универсальное приспособление для крепления рентгеновского аппарата на теле труб большого диаметра..

При строительстве магистральных нефтепроводов и газопроводов, а также водоводов, тепловых сетей используются в основном стальные трубы диаметром 530 мм и выше. При прокладке таких сооружений соединение труб осуществляется с помощью различных видов сварки, начиная от ручной дуговой до полностью автоматической. От качества выполненных сварочных работ зависит надежность и долговечность эксплуатации трубопроводов. При строительстве и ремонте магистральных трубопроводов предусмотрен 100% контроль сварных стыковых соединений труб основными неразрушающими методами – радиографическим и ультразвуковым [6].

Выбор просвечивания магистральных трубопроводов заключает в себя:

-выбор направления просвечивания;

-выбор фокусного расстояния и размеров контролируемых участков;

-выбор место положения кассеты, эталонов чувствительности, маркировочных знаков.

Схемы просвечивания труб большого диаметра по ГОСТ 7512-82 [3].

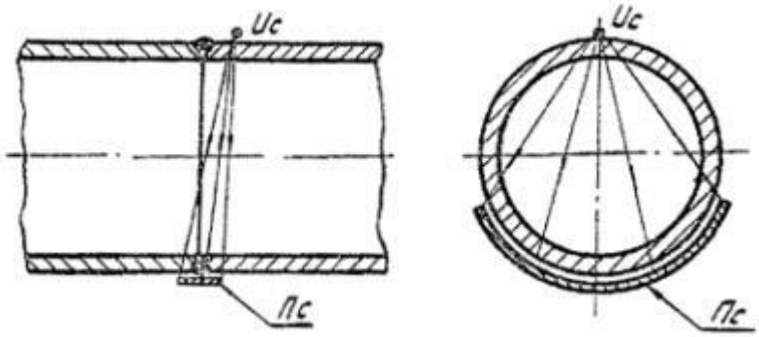


Рисунок 11- схема фронтального просвечивания через две стенки за три установки источника излучения.

Угол между направлениями излучения для отдельных экспозиций при контроле:

Принимаем угол 120°.

То есть трубу 530 будем просвечивать за 3 экспозиции, смещая каждый раз рентгеновский аппарат с крепежным устройство на 120° [6].

3.3 Выбор источника и энергии излучения.

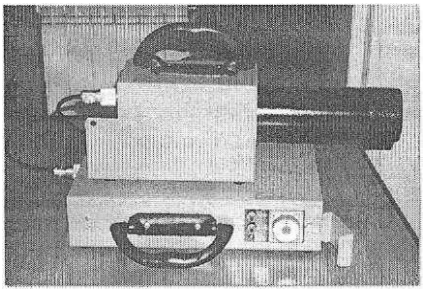
При радиографическом контроле следует использовать источники излучения, предусмотренные ГОСТ 20426-82[10].

Для толщины сварного соединения из стали (исходя из таблицы 2 ГОСТ 20426-82) напряжение на рентгеновской трубке, не более 250 кВ.

Таблица 2 - Область применения радиографического метода дефектоскопии при использовании рентгеновских аппаратов

Толщина просвечиваемого сплава на основе железа, мм	Напряжение на рентгеновской трубке, кВ, не более
20	150
25	180
30	200
40	250
50	300

При просвечивании через 2 стенки труб диаметром 530 мм с толщиной стенки 10 мм радиационная толщина составляет 22 мм. Для этих целей необходимо использовать рентгеновский аппарат с напряжением на трубке не менее 180 кВ. Фокусное расстояние при этом составляет не менее 540 мм. Для уверенного обнаружения дефектов по 2 классу чувствительности с размерами не менее 0.5 мм необходимо использовать источники излучения с ускоряющим напряжением 250 кВ. Для радиационного контроля магистральных трубопроводов большого диаметра был выбран рентгеновский аппарат АРИНА-5, который является самым мощным рентгеновским аппаратом в ряду импульсных аппаратов серии АРИНА.



АРИНА-5 отличается малыми габаритами и весом, возможностью как панорамного, так и направленного просвечивания, возможностью питаться как от сети переменного тока 220 В 50 Гц, так и от аккумулятора 24 В, мгновенной готовностью к работе, простотой в эксплуатации, значительно меньшей стоимостью.

Аппарат АРИНА-5 предназначен для контроля толстостенных стальных изделий, главным образом, газонефтепроводов больших диаметров. Аппарат АРИНА-5 предназначен для контроля толстостенных стальных изделий, главным образом, газонефтепроводов больших диаметров. Он может также с успехом использоваться в судостроении, атомной энергетике и других отраслях, где необходимо применение радиационного контроля материалов.

Основные параметры АРИНА-5 приведены в таблице 3

Таблица 3 - Технические характеристики Арина-5

Характеристика	Значения
Амплитуда импульса высокого напряжения	250 кВ
Толщина стали, доступная для контроля - с применением пленки D7 и свинцовых экранов - с применением пленки РТ-1 и флуоресцентных усиливающих экранов ВП-1	 40 мм 80 мм
Доза излучения за 1 мин. на расстоянии 0,5 м от рентгеновской трубки	1 Р
Диаметр фокусного пятна	2 мм
Частота следования рентгеновских импульсов	12-15 Гц
Потребляемая мощность	300 Вт
Вес - рентгеновский излучатель - пульт управления	 7,5 кг 5 кг
Габариты - рентгеновский блок - пульт управления	 120х140х550 120х320х330

3.3 Выбор фокусного расстояния.

Фокусное расстояние при просвечивании по схеме (рисунок 11) принимаем равное диаметру трубы 530 мм

f= 530 мм

Смещение источника излучения относительно плоскости сварного шва при контроле по схеме составляет 50 - 60 мм.

Длина снимков должна обеспечивать перекрытие изображений смежных участков сварных соединений при длине контролируемого участка до 100 мм не менее 0,2 длины участка, при длине контролируемого участка св. 100 мм - не менее 20 мм.

Ширина снимков должна обеспечивать получение изображений сварного шва, эталонов чувствительности, маркировочных знаков и околошовных зон шириной:

для стыковых соединений:

- не менее 20 мм - при толщине свариваемых кромок до 20 мм;

Результаты расшифровки снимков с указанием их чувствительности и выявленных дефектов заносят в «Журнал по контролю качеств сварных стыков».

Каждый тип дефекта должен быть отмечен в заключении отдельно и иметь подробное описание в соответствии с критериями оценки качества сварных соединений, установленными нормативно-технической документацией (СНиП, инструкциями и т.д.), с указанием:

- символа условного обозначения дефекта;
- размера дефекта или суммарной длины цепочки и скопления пор или шлаков в миллиметрах (с указанием преобладающего размера дефекта в группе);
- количества однотипных дефектов на снимке;
- глубины дефектов в миллиметрах или процентах от толщины металла свариваемых моментов трубопровода.

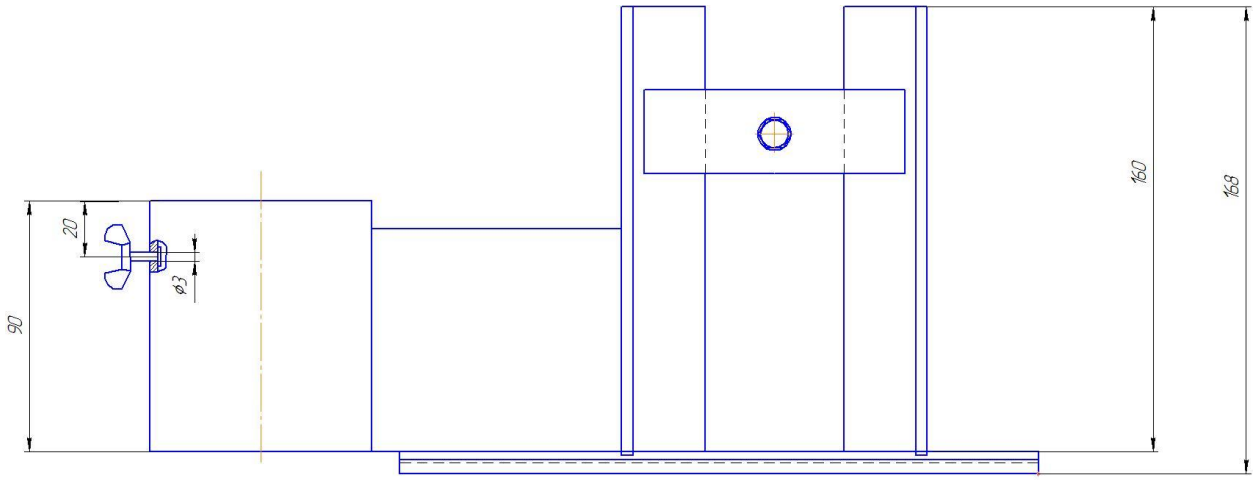
4 Разработка устройства для установки рентгеновского аппарата

4.1 Конструкция устройства.

При просвечивании труб диаметром 530 мм через две стенки, рентгеновский аппарат находится снаружи трубы. Для крепления излучателя аппарата АРИНА-5 разработан механизм крепления.

Конструкция разработанного устройства представлена на рисунке 12.

Сборочный чертеж приводится в приложений [1] ФЮРА.000001.011.СБ



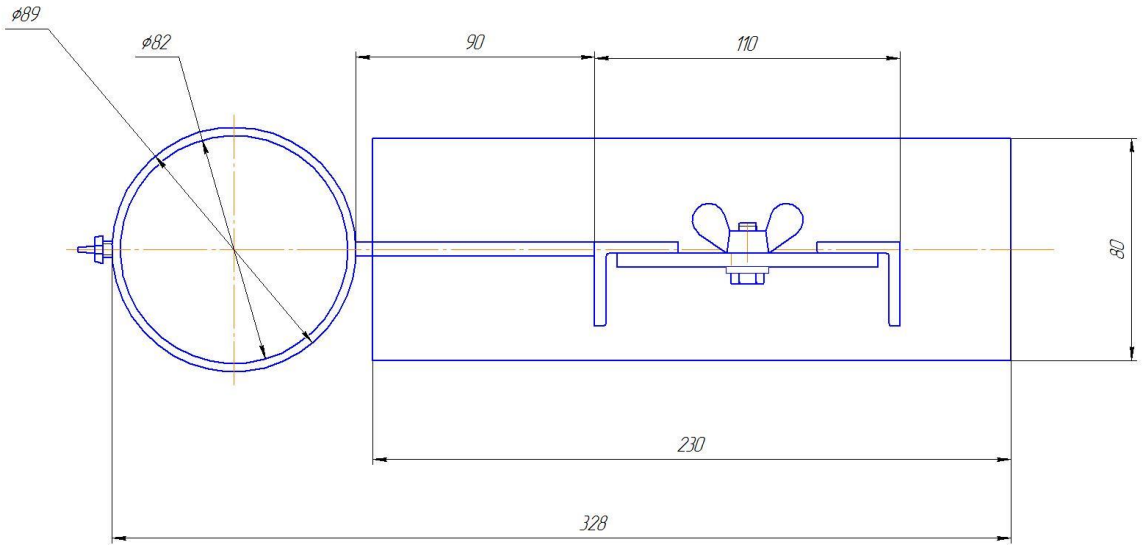


Рисунок 12 Устройство для закрепления рентгеновского аппарата АРИНА – 5.

Устройство смонтировано на сегменте трубы, внутренний диаметр которой равен 530 мм. К сегменту приварен штатив и переходная пластина для крепления держателя излучателя импульсного рентгеновского аппарата. Наружный диаметр излучателя аппарата АРИНА-5 равен 80 мм. Держателем является отрезок трубы с наружным диаметром 89 мм и внутренним 82 мм, в котором имеется прижимное устройство для фиксации излучателя аппарата в заданном положении. Штатив изготовлен из двух равнополочных уголков, которые имеют перемычку в виде пластины. На пластину с помощью болтового соединения крепится ленточное стягивающее устройство (Рисунок 13).

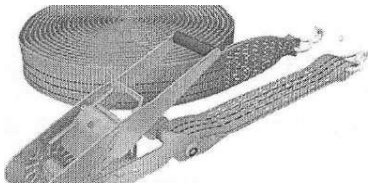


Рисунок 13 Стяжной ремень.

Для быстрого и надежного крепления различных грузов используются стяжные ремни. Мягкая текстильная лента ремня позволяет надежно закрепить любой груз, не повредив его поверхность. Стяжные ленты устойчивы к воздействию погодных условий, технического масла, химических веществ, к истиранию, кроме того с них легко удалять грязь.

При строительстве трубопроводов на поверхности труб по техническим условиям не допускаются риски и царапины глубиной более 0,2 мм. Кроме того, в настоящее время для строительства магистральных трубопроводов поставляются трубы с наружным изоляционным покрытием, нарушать которое запрещено. «Полотенца» из текстильных лент широко

применяются для переноски труб трубоукладчиками. Применение текстильных стяжных лент для крепления рентгеновских аппаратов на теле трубы является оригинальным решением поставленной задачи.

Таким образом, основными преимуществами стяжных ремней являются удобство в применении и легкость в обращении.

Стяжное устройство позволяет надежно и прочно установить разработанное приспособление и закрепленный в нем излучатель на наружной стенке трубы в требуемом месте. Для выполнения следующей экспозиции излучатель аппарата необходимо переместить на 120 градусов вдоль поперечного сварного шва. Для этого требуется лишь незначительно ослабить стяжной ремень и вновь зафиксировать в новом положении.

4.2. Выбор основного материала.

Основными требованиями к разрабатываемому устройству являются прочность, малый вес и габариты, простота изготовления и высокая мобильность установки.

Для этих целей в качестве основного материала предложено использовать наиболее распространенную сталь, Сталь20, изготавливаемая по ГОСТ 1050-88 [5].

Сталь 20 - сталь конструкционная углеродистая качественная получил самое широкое распространение в производстве трубопроводной арматуры, водо, газо, нефте оборудовании. Очень часто Сталь 20 используют для производства мерильного, режущего и ударноштампового инструментов; изготовления напильников, метчиков, и т.д. Данные инструменты нельзя использовать для обработки твердых металлов на высоких скоростях. инструмент из гост стали 20 при заточке трескается. Данную сталь из-за низкой твердости следует обрабатывать

давлением и резаньем. Химический состав стали и ее механические свойства приведены в таблице 4 и таблице 5.

Таблица 4 - Химический состав в % материала Стали 20

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.17 - 0.24	0.17 - 0.37	0.35 - 0.65	до 0.25	до 0.04	до 0.04	до 0.25	до 0.25	до 0.08

Таблица 5 - Механические свойства при Т =20° С материала Сталь 20

Марка стали	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_т$, МПа	δ,%
Сталь 20	420	245	25

При изготовлени сварных металлоконструкций наибольшее влияние на свариваемость сталей оказывает углерод. С увеличением содержания углерода, а также ряда других легирующих элементов свариваемость сталей ухудшается. Для сварных конструкций в основном применяют конструкционные низкоуглеродистые и низколегированные стали. Чем выше содержание углерода в стали, тем больше опасность трещинообразования, труднее обеспечить равномерность свойств в сварном соединении. Ориентировочным количественным показателем свариваемости стали известного состава является эквивалентное содержание углерода, которое определяется по формуле:

$$C_э = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \ , \qquad (4)$$

Свариваемость - свойство металла или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединения, отвечающие требованиям, обусловленным конструкцией или эксплуатацией изделия.

Свариваемость низкоуглеродистых сталей оценивается как без ограничений.

Воспользуемся методикой определения полного эквивалента углерода для нахождения необходимого подогрева [2]:

$$\Sigma C_э = C_э + C_р,$$

где $C_э$ - химический эквивалент углерода, $C_р$-размерный эквивалент углерода.

Ориентировочным количественным показателем свариваемости стали известного состава является эквивалентное содержание углерода, которое определяется по формуле (4)

$$C_э = 0,24 + 0,35/6+0,20/5+0,20/15+0,20/13+0,01/2=0,365$$

где C, Mn, Cr, V, Mo, Ni, Cu, P – процентное содержание легирующих элементов в металле шва.

Определим размерный эквивалент углерода:

$$C_р = 0,005 \cdot \delta \cdot C_э = 0,005 \cdot 3 \cdot 0,365 = 0,005$$

где δ – толщина свариваемой стали, мм.

Находим полный эквивалент углерода:

$$\sum C_э = C_э + C_р = 0,45 + 0,005 = 0,45$$

Полный эквивалент углерода $C_э \leq 0,45$, следовательно, подогрев не требуется.

4.3 Технология сборки и сварки устройства.

Процесс изготовления данной конструкции состоит из нескольких операций: подготовка деталей под сварку, сборка деталей под сварку, сварка деталей и механическая обработка шва после завершения процесса сварки.

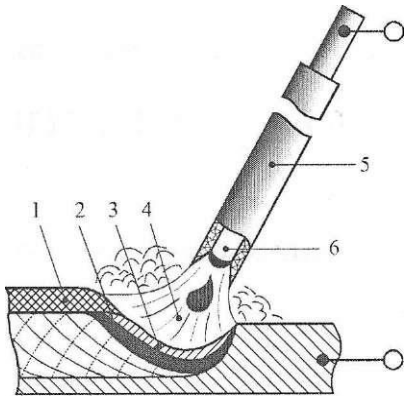
Конструкция собирается из равнополочных уголков и пластин, которые привариваются к сегменту опорной трубы и держателю излучателя. Используется в основном угловые и нахлесточные соединения пластин, подготовка и форма сварных швов которых выполняется в соответствии с ГОСТ 5264-80 [9] .

4.4 Выбор способа сварки

Так как изделие изготавливается из деталей различных толщин, то будет рациональнее использовать ручную дуговую сварку покрытыми электродами.

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами в настоящее время остаётся одним из самых распространённых способов, используемых при изготовлении, монтаже и ремонте сварных конструкций различного назначения [11].

К электродному стержню 6 и изделию для образования и поддержания сварочной дуги от источника питания подводится постоянный или переменный ток (рисунок 14). В результате горения дуги 4 происходит нагрев, а затем расплавление электродного стержня 6, покрытия 5 и основного металла. Расплавленный электродный металл в виде отдельных капель, покрытых шлаком, переходит в сформированную сварочную ванну 2. В ванне электродный металл смешивается с расплавленным основным, а шлак 3, окружающий каплю, всплывает на поверхность сварочной ванны 2 вследствие разной плотности металла и шлаковой ванны. В ванне шлак перемешивается, и всплывает на её поверхность, образует шлаковый покров, предохраняющий металл от взаимодействия с кислородом и азотом воздуха. Кроме того, при всплывании на поверхность шлака, взаимодействуя с расплавленным металлом, очищает его.



;

Рисунок 14 Ручная дуговая сварка покрытым электродом: 1 - шлаковая корка; 2 -сварочная ванна; 3 - шлак; 4 - столб дуги; 5 - электродное покрытие; 6 -электродный стержень

Образующиеся при расплавлении покрытия газы оттесняют воздух из реакционной зоны и таким образом способствуют созданию лучших условий для защиты. Качество газошлаковой защиты при сварке может быть связано с толщиной покрытия электродов 5 или коэффициентом массы покрытия $к_м$ [11].

Рациональная область применения ручной дуговой сварки покрытыми электродами - изготовление конструкций из металлов с толщиной соединяемых элементов более 2 мм при небольшой протяжённости швов, расположенных в труднодоступных местах, и различных пространственных положениях.

Основные преимущества способа:

- простота процесса;
- простота, надёжность и мобильность применяемого оборудования;

- возможность выполнения сварки в различных пространственных положениях и труднодоступных местах;
- значительный спектр свариваемых материалов и толщин;

высокоманевренный способ.

Данный метод сварки не лишён и недостатков:

- самый сложный способ сварки по технике выполнения, что, несомненно, требует высокой квалификации сварщика;
- низкая производительность процесса в сравнении с механизированными способами сварки;

достаточно разкая структурная и механическая неоднородность металла шва;

- многофакторность качества (сварочные материалы, сварочное оборудование, технология и техника сварки, квалификация персонала, выполняющего сварочные работы);
- трудности при сварке тонкого металла (менее 2 мм).

4.5 Выбор сварочного материала.

Выбор сварочных материалов для ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

При сварке углеродистых, низколегированных конструкционных сталей параметром выбора покрытых электродов является прочность основного металла. От этого зависит тип электрода. ГОСТ 9467-75 [7] регламентирует 9 типов электродов для сварки сталей с пределом прочности до 590 МПа.

К группе электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей относятся электроды, предназначенные для сварки углеродистых сталей, содержащих до 0,25% углерода, и низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 590

МПа. Основные характеристики, на которые следует обратить внимание при подборе электродов для выполнения конкретного вида сварочных работ:

1. механические свойства металла шва;

2. требуемые характеристики сварного соединения (сопротивление разрыву, относительное удлинение δ, ударная вязкость KCU, угол изгиба R);

3. возможные способы сварки и используемый ток.

ГОСТ 9467-75[7] распространяется на металлические покрытые электроды для ручной дуговой сварки углеродистых, низколегированных и легированных конструкционных и легированных теплоустойчивых сталей.

Низколегированные низкоуглеродистые стали сваривают электродами типов Э42, Э42А с основным покрытием марок ОЗС-2 , УОНИ 13/55, СМ-11 и др. При сварки стали разной толщины 6мм. и 8мм. необходимо обеспечить получение равнопрочного соединения. Выберем электроды типа Э42А, так как предел прочности используемой стали Сталь 20 составляет 410 МПа. К этому типу относятся такие марки электродов, как ОЗС-2, УОНИ 13/55 и др. Параметры электродов этих марок приведены в таблице 6

Таблица 6 - Сварочно - технологические свойства электродов

Сварочно-технологические свойства	ОЗС-2	УОНИ 13/55
Род тока и полярность	Постоянный, обратная полярность	Постоянный, обратная полярность
Коэффициент наплавки, г/А-ч	8	10
Устойчивость горения дуги	удовлетворительная	удовлетворительная
Разбрызгивание	среднее	Среднее
Формирование шва	удовлетворительное	удовлетворительное

Отделимость шлаковой корки	удовлетворительная	удовлетворительная
Расход электродов на 1 кг наплав-ленного металла	1,6	1,65
Технологические особенности сварки	Сварку выполнять короткой дугой по тщательно очищенной поверхности. 290-300 град. 1 час	Сварку выполнять короткой дугой по тщательно очищенной поверхности. 100-120 градусов в течение 1 часа

Выберем электроды УОНИ 13/55, пригодные для сварки во всех пространственных положениях на постоянном токе обратной полярности, за исключением вертикального сверху вниз. Эти электроды имеют преимущество в сравнении с электродами аналогичного назначения. У этих электродов выше коэффициент наплавки. Для сварки особо ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей с нормативным временным сопротивлением разрыву не более 490 МПа, когда к металлу предъявляются повышенные требования по пластичности и ударной вязкости. Рекомендуется для сварки конструкций работающих в условиях пониженных температур.

Таблица 7 - Типичный химический состав наплавленного металла , %

C, не более	Si	Mn	S	P	Ni	Cr
0,12	0,3	0,70-1,20	0,03	0,030	0,3	0,20-0,50

Таблица 8 - Типичные механические свойства наплавленного металла, полученного при плавлении электродов марки УОНИ 13/55

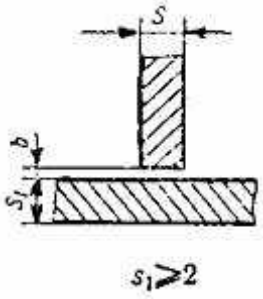
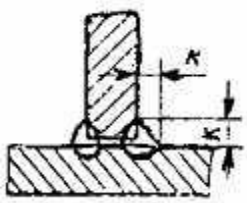
Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/см^2
490	410	20	130

4.6 Расчет режима для ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

Так как в основном все сварочные швы, применяемые для изготовления нашего приспособления угловые и тавровые, произведем их расчет.

Разделка кромок типа Т3 по ГОСТ 5264-80 [9] (таблица 9)

Таблица 9 – Конструктивные элементы сварного соединения по ГОСТ 5264-80

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		b		S
	Подготовка кромок сварных деталей	Шва сварного соединения	Номин., мм.	Предел. отклонение, мм.	
Т3			0	+2	Св. 3 до 15

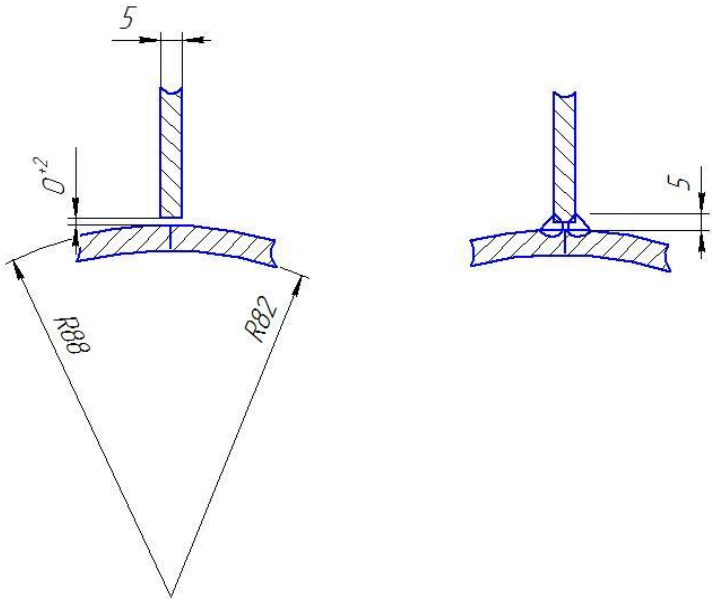


Рисунок 15 Подготовка кромок сварных деталей

Режимом сварки называют совокупность основных характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных швов заданных размеров, формы и качества. При РДС это диаметр электрода, сила сварочного тока, напряжение дуги, площадь поперечного сечения шва, выполняемого за один проход дуги, число проходов, род тока, полярность.

Для определения числа проходов при сварке угловых тавровых и нахлёсточных соединений общая площадь поперечного сечения наплавленного вычисляется по формуле:

$$F = \frac{Ky \cdot K^2}{2}, \qquad (5)$$

где F – площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм;

К – катет шва, мм.

$К_у$ – коэффициент, учитывающий усилие шва выбирают в зависимости от катета шва : $К_у$=1,25.

Подставим значения в формулу (5), получаем:

$$F = \frac{1,25 \cdot 9}{2} = 6 \ мм^2.$$

Исходя из рекомендаций , осуществляем сварку за один проход.

Сила сварочного тока при ручной дуговой сварке определяется в зависимости от диаметра электрода и допускаемой плотности тока:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} \cdot j \ , \qquad (6)$$

где $d_э$ – диаметр электрода мм ;

j – допускаемая плотность тока А/мм^2 .

Подставим все известные значения в формулу (6), получаем:

$$I_{св} = \frac{3{,}14 \cdot 9}{4} \cdot 14 = 99 \ A \ ,$$

Принимаем $I_{св} = 100 \ A$.

Напряжение дуги:

$$U_д = 20 + 0{,}04 \cdot I_{св} = 20 + 0{,}04 \cdot 100 = 24 \ B \ . \qquad (7)$$

Скорость сварки:

$$V_{св} = \frac{\alpha_н \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_н}, \qquad (8)$$

где $\alpha_н$– коэффициент наплавки выбранных электродов, (г/А×ч);

γ – плотность наплавленного металла равная 7,8 г/см^3;

F – площадь поперечного сечения наплавленного металла, см^2;

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А.

Тогда используя формулу (8) найдем скорость сварки:

$$V_{св} = \frac{12 \cdot 100}{3600 \cdot 7{,}8 \cdot 0{,}06} = 0{,}71 \ см/с = 25{,}6 \ м/ч.$$

Погонная энергия:

$$q_п = \frac{I_{св} \cdot U_д \cdot \eta_и}{V_{св}} \ , \qquad (9)$$

где $I_{св}$ - сила сварочного тока, А;

$U_д$- напряжение дуги, В;

$V_{св}$- скорость сварки;

$\eta_и$=0,75-0,85 – эффективный КПД для дуговых методов.

Тогда используя формулу (9) найдем значение погонной энергии для 1 прохода:

$$q_n = \frac{100 \cdot 24 \cdot 0,8}{0,71} = 2704 \ кДж/см \ .$$

Определение глубины проплавления

Максимальную температуру на расстоянии r рассчитывают по формуле

$$T\max = \frac{2 \cdot 0,368 \cdot q}{\pi \cdot V \cdot c\rho \cdot r_0^2}, \qquad (10)$$

где q-эффективная тепловая мощность источника, Вт;

V-скорость сварки, см/с;

cρ=4,9 Дж/см^3·град - объемная теплоемкость;

r_0 –расстояние до изотермы плавления $T_{пл}$.

Эффективная тепловая мощность находится по формуле:

$$q = I_{св} \cdot U_д \cdot \eta_и = 100 \cdot 24 \cdot 0,8 = 1920 \ Вт \ . \qquad (11)$$

Тогда выразив из формулы (12) расстояние r находим его значение:

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,368 \cdot q}{\pi \cdot V \cdot c\rho \cdot T_{пл}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,368 \cdot 1920}{3,14 \cdot 0,71 \cdot 4,7 \cdot 1500}} = 0,3 \ см \ .$$

При ручной дуговой сварке глубина провара находится по формуле:

$$H_{пр} = (0,5 - 0,7) \cdot r = (0,5 - 0,7) \cdot 0,3 = 0,15 - 0,21 \ см \ ,$$

принимаем $H_{пр}$=0,2 см.

Можно сделать допущение, что фактическая форма провара представляет собой полуэллипс.

Площадь полуэллипса может быть определена по формуле:

$$F_ш = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{2}, \qquad (12)$$

где a,b полуоси эллипса.

Тогда общая площадь шва равна согласно формуле (13) будет равна:

$$F_ш = \frac{3,14 \cdot 2,12 \cdot 4,12}{2} = 13,7 \ мм^2.$$

Площадь проплавления находится по формуле:

$$F_{пр} = F_ш - F_н = 13,7 - 6 = 7,7 \ мм^2. \qquad (14)$$

5 Выбор сварочного оборудования.

Так как у нас толщина свариваемых деталей не большие, нам надо было подобрать такой источник питания сварочной дуги, чтобы, отвечать следующим требованиям и обеспечивать необходимую для данного технологического процесса

- иметь необходимый вид внешней характеристики, чтобы выполнять условия стабильного горения дуги;
- иметь такие динамические параметры, чтобы можно было обеспечить нормальное возбуждение дуги и минимальный коэффициент разбрызгивания.
- силу тока дуги и напряжение дуги;
- массу источника питания;

Таблица 10.1 - Технические характеристики сварочного аппарата ARC 200 B (R05).

Напряжение питающей сети, В	220±15%
Частота питающей сети, Гц	50/60
Номинальное напряжение, Imax A / B	200/28
Сила тока, А	20-200
Потребляемый ток, А	28
Потребляемая мощность, кВА	7
Напряжение холостого хода, В	62
Потребление на холостом ходу, Вт	40
ПВ, %	60
КПД, %	85
Диаметр электрода, мм	1,6-5,0

Коэффициент мощности	0,93
Класс изоляции	B
Степень защиты	IP23
Габаритные размеры, мм	425x205x355
Вес, кг.	10
Напряжение питающей сети, В	220±15%

Таблица 10.2 - Технические характеристики сварочного аппарата Redius ARC 315/380В

Напряжение, В	380
Рабочее напряжение, В	33
Максимальный сварочный ток, А	315
Минимальный сварочный ток, А	20
Напряжение холостого хода, В	70
Частота питающей сети, Гц	50/60
Коэффициент мощности	0,93
Входной ток, А	20
Потребляемая мощность, кВт	12,8
Диаметр электродов, мм	1,6-6
КПД, %	85
ПН,%	60
Габариты, мм	565x305x495
Масса, кг	22

Анализируя, технические характеристики двух сварочных аппаратов я остановлюсь на одном, ARC 200 B (R05). Так как все технические характеристики подходят под расчет режимов сварки (масса, сила тока и т.д.)

6 Мероприятия по снижению деформаций и напряжений.

Для уменьшения возникающих напряжений применяют соответствующий порядок наложения швов.

Порядок заполнения швов имеет большое значение для уменьшения остаточных напряжений и деформаций. Под порядком заполнения швов понимается как порядок заполнения разделки шва по поперечному сечению, так и последовательность сварки по длине шва. Для ручной дуговой сварки и сварки под флюсом применяется обратноступенчатый метод наложения швов.

При обратноступенчатом методе весь шов разбивается на небольшие участки и сварка на каждом участке производится в направлении, обратном общему направлению сварки.

Также для уменьшения деформаций и напряжений, которые образуются после сварки, необходимо выполнение следующих условий:

- рациональное конструирование;
- сборка заготовок и назначение их размеров с учётом последующих деформаций и перемещений;
- создание деформаций и перемещений обратных сварочным;
- рациональная последовательность сборочно-сварочных операций;
- снижение погонной энергии сварки;
- уменьшение площади зоны пластических деформаций путём искусственного охлаждения металла в процессе сварки;
- закрепление изделий в приспособлениях.

Для данного вида соединения применяют следующие мероприятия по борьбе с деформациями, которые применяются для исправления и снятия возникших деформаций:

- пластическая деформация сварных швов и околошовной зоны. Этим методом можно достичь уменьшения и даже полного снятия сварочных напряжений, а также остаточных деформаций. Это может быть достигнуто

путем местной, обработки швов и околошовной зоны, при которой в них создаются дополнительные пластические деформации растяжения, устраняющие деформации сжатия, возникающие при сварке

- высокий отпуск. Наиболее эффективным способом полного снятая напряжений является термическая обработка.

- исправление деформированных деталей. Когда деформации сварных изделий выходят за пределы допустимых, возникает необходимость их исправления правкой. Сварочные деформации можно устранить механической или термической правкой.

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Для того чтобы разработать новый продукт приходиться учитывать множество факторов. Хорошее изделие не всегда выходит в серийное производство, т.к. не учитываются различные факторы. Целью экономической части диплома заключается в анализе выполненного устройства с экономической точки зрения.

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

7.1 Организация и планирование работ

При создании нового продукта предприятию необходимо правильно планировать сроки выполнения отдельных этапов работ, учитывать расходы на материалы, зарплату. А также оценивать наиболее правильный вариант изготовления рабочего продукта.

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

Таблица 11.1 – Распределение этапов работы

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение влияния лазерной обработки на поверхность детали.	
Практические исследования	9	Лазерная обработка поверхности образца.	Студент
	10	Изучение результатов проведенной обработки	
Оценка полученных результатов	11	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	12	Заключение	Научный руководитель, студент

7.2 Определение трудоемкости выполнения работ

$$t_{ожi} = \frac{3t_{minі}+2t_{maxi}}{5}, \quad (1)$$

где $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения *i*-ой работы чел.-дн.;

$t_{min\,i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной *i*-ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{max\,i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной *i* -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{p_i}, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где T_{p_i} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для отображения этапов проектирования используется график сетевой, либо линейный. Для удобства построения графика необходимо

каждый этап перевести в календарные дни. Рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{к_i} = T_{р_i} \cdot k_{кал} \quad (3)$$

где,

$T_{к_i}$ – продолжительность одной работы в календарных днях.

$k_{кал}$ –коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} \quad (4)$$

где ,

$T_{кал}$ – количество календарных дней году (365).

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году (52).

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году (15).

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 52 - 15} = 1.22$$

Полученные данные, которые были рассчитаны вышеуказанными формулами, заносятся в таблицу.

Используя таблицу можно построить календарный план-график выполнения работ.

Таблица 11.2 – График трудоемкости ресурсов

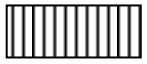
Название работы	Исполнитель	Продолжительность работ (дни)			Длительность работ			
					T_{p_i}		$T_{к_i}$	
		$t_{min\,i}$	$t_{max\,i}$	$t_{ожi}$	НР	Ин	НР	Ин
Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель	2	5	3,2	3,2	-	3,90	3,90
Составление и утверждение ТЗ	Научный руководитель, студент	3	5	3,8	1,9	1,9	2,31	2,31
Подбор и изучение материалов по тематике	Научный руководитель, студент	10	17	12,8	6,4	6,4	7,80	7,80
Разработка календарного плана	Научный руководитель, студент	1	3	1,8	0,9	0,9	1,09	1,09
Выбор структурной схемы устройства	Научный руководитель,	2	6	3,6	1,8	1,8	2,19	2,19

	студент							
Выбор принципиальной схемы устройства	Научный руководитель, студент	4	10	6,4	3,2	3,2	3,90	3,90
Расчет принципиальной схемы устройства	Студент	7	12	9	-	9		10,98
Разработка макета устройства	Студент	4	10	6,4	-	6,4	7,80	7,80
Написание программ	Студент	3	12	6,6	-	6,6	8,05	8,05
Проведение экспериментальных исследований	Научный руководитель, студент	2	8	4,4	2,2	2,2	2,68	2,68
Оформление расчетно-пояснительной записки	Студент	1	2	1,4	-	1,4		1,70
Оформление материала	Студент	5	20	11	-	11		13,42
Подведение итогов	Научный руководитель, студент	1	3	1,4	0,7	0,7	0,85	0,85

Таблица 11.3 – Календарный план график

Название работы	Исполнитель	$T_{к_i}$	Продолжительность выполнения работ																	
			февраль			март			апрель			май			июнь			июль		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель	3,90																		
Составление и утверждение ТЗ	Научный руководитель, студент	2,31																		
Подбор и изучение материалов по тематике	Научный руководитель, студент	7,80																		
Разработка календарного плана	Научный руководитель, студент	1,09																		
Выбор структурной схемы устройства	Научный руководитель, студент	2,19																		

Выбор принципиальной схемы устройства	Научный руководитель, студент	3,90						
Расчет принципиальной схемы устройства	Студент	10,98						
Разработка макета устройства	Студент	7,80						
Написание программ	Студент	8,05						
Проведение экспериментальных исследований	Научный руководитель, студент	2,68						
Оформление расчетно-пояснительной записки	Студент	1,70						
Оформление материала	Студент	13,42						
Подведение итогов	Научный руководитель, студент	0,85						

– студент. –  - руководитель.

7.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

7.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_м = (1 + k_Т) \cdot \sum_{i=1}^{m} Ц_i \cdot N_{расхi}, \quad (5)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i-го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м^2 и т.д.);

$Ц_i$– цена приобретения единицы i-го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м^2 и т.д.);

$k_Т$– коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 12- Материальный затраты

Наименование	Единица изме-	Количество			Цена за ед., руб			Затраты на материалы ($З_м$), руб		
		Исп. 1	Исп	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага	лист	150	100	130	2	2	2	345	230	169
Картридж для	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1150	1150	1150
Интернет	М/бит	1	1	1	350	350	350	402,5	402,5	402,5
Ручка	шт.	1	1	1	20	20	20	23	23	23
Дополнительная	шт.	2	1	1	400	350	330	920	402,5	379,5
Тетрадь	шт.	1	1	1	10	10	10	11,5	11,5	11,5

Итого	2852	2219,5	2135,

7.3.2 Расчет затрат на электроэнергию

Для реализации дипломного проекта необходимо оборудование, которое позволяет протестировать, отладить готовую разработку. На кафедре есть все необходимое оборудование, поэтому нет необходимости рассчитывать затраты на покупку оборудования. Надо лишь рассчитать затраты на электричество.

Используемое оборудование:

3) Осциллограф
4) Вольтметр
5) Источник питания
6) Персональный компьютер

Также необходимо рассчитать затраты на освещение.

Для расчета используется следующая формула:

$$Э_{об} = Р_{об} \cdot Ц_э \cdot t_{об}, \quad (5)$$

где ,

$Э_{об}$ – затраты на электроэнергию, потребляемую оборудование (руб.);

$Р_{об}$ – потребляемая мощность оборудования (Вт);

$Ц_э$ – тарифная цена (кВт/ч);

$t_{об}$ –время работы оборудования (ч.).

Время работы оборудования вычисляется исходя из календарного плана и учитывая 8-часовой рабочий день. Затраты по электроэнергии заносится в таблицу

Таблица 12.1 – Затраты на электроэнергию

Оборудование	Время работы $t_{об}$ (ч.)	Потребляемая мощность $P_{об}$(кВт.)	тарифная цен $Ц_э$(кВт/ч);	Затраты $Э_{об}$ (руб.)
Осциллограф	61.2	0,06	4.3	15.79
Вольтметр	61.2	0,02		5.27
Источник питания	61.2	0,04		10.53
Персональный компьютер	231	0,12		119.20
Итого:	414.6	0,24		150.79

Итоговые затраты на электроэнергию составляют:

$Э_{общ} = 150.79$ руб.

7.3.3 Расчет затрат на основную заработную плату

Расходы на оплату труда относятся: начисления денежных средств сотрудникам предприятия. Данные расходы определяются по тарифным ставкам, по уровню образования сотрудника, по характеру сложности выполняемой работы, по географическому положению предприятия.

Для начала необходимо рассчитать основную заработную плату:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_р, \quad (6)$$

где ,

$З_{осн}$ –основная заработная плата (руб.);

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника;

$T_р$ – продолжительность работ, выполняемая работником.

Средняя заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot М}{F_м}, \quad (7)$$

где,

$З_м$ –месячный должностной оклад работника(руб.);

М –количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_м$ –действительный годовой фонд рабочего времени

Месячный должностной оклад работника рассчитывается исходя из следующей формулы:

$$З_м = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_д) \cdot k_р, \quad (8)$$

где ,

$З_{тс}$ –заработная плата по тарифной ставке (руб.);

$k_{пр}$ –премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_д$ –коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,3);

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

Все полученные данные заносятся в таблицу.

Таблица 12.2 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Разряд	$k_т$	$З_{тс}$ руб.	$k_{пр}$	$k_д$	$k_р$	$З_м$ руб.	$З_{дн}$ руб.	$T_р$	$З_{осн}$ руб.
Научный руководитель	17	3,51	16853,44	0	0,2	1,3	26291,37	29394,57	0,67	21667,91
Студент	2	1,04	12436	0,3	0,2	1,3	18657.2	25387,24	1,72	43659,67
Итого										64237,58

7.3.4 Расчет дополнительно заработной платы

Дополнительная заработная плата рассчитывается в случае отклонений норм труда:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}, \quad (9)$$

где,

$k_{доп}$ – дополнительный коэффициент заработной платы (0,12−0,15).

Для инженера дополнительная заработная плата составила:

$З_{доп} = 5232{,}23$ руб.

7.3.5 Расчет отчислений во внебюджетные фонды

В данном раздели учитываются обязательные взносы в пенсионный фонд, фонд социального страхования, а также медицинского страхования. Данные расходы рассчитываются по следующей формуле:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (10)$$

где,

$k_{внеб}$ – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды.

$$k_{внеб} = k_{пен.ф.} + k_{соц.стр.} + k_{мед.стр.}, \quad (11)$$

где

$k_{пен.ф.}$ – коэффициент отчислений в пенсионные фонды (0,22);

$k_{\text{соц.стр.}}$ – коэффициент социального страхования (2,9);

$k_{\text{мед.стр.}}$ – коэффициент медицинского страхования (5,1).

Отсюда получаем:

$k_{\text{внеб}} = 0{,}3$

$$З_{\text{внеб}} = 0{,}3 \cdot 69403{,}05 = 20750{,}91 \text{ руб.}$$

Суммируя все статьи расходов получаем общую себестоимость дипломного проекта, полученные результаты заносятся в общую таблицу

Таблица 13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Статья расходов	Стоимость (Ист. 2) руб.	Стоимость (Ист. 1) руб.
Материальные затраты	1326,9	965,6
Затраты на электроэнергию	150,79	150,79
Затраты на основную заработную плату	64237,58	64237,58
Затраты на дополнительную заработную плату	5232,23	5232,23
Затраты на отчисление во внебюджетные фонды	20750,91	20750,91
Итого	91698,41	91234,56

В итоге общие затраты на реализацию научного проекта составило:

$$С_{\text{общ 1}} = 91698{,}41 \text{ руб}$$

$$С_{\text{общ 2}} = 91234{,}56 \text{ руб}$$

Вывод: Видно, что величина общих затрат отличаются незначительно, ввиду того, что доля материальных затрат незначительна. Основную долю затрат составила зарплата.

7.4 Оценка эффективности проекта

Немаловажным критерием расчета является оценка эффективности дипломного проекта, определяются две важные составляющие:

- Показатель финансовой эффективности
- Показатель ресурсоэффективности.

Показатель финансовой рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \qquad (12)$$

где

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения проекта (в т.ч. аналоги).

Таблица 14 – Интегральный финансовый показатель

Параметр	Φ_{pi}, руб.	Φ_{max}, руб.	$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$
Исполнитель 1	91698,41	18282,97	0,51
Исполнитель 2	91234,56		0,48

Из таблицы видно, что интегральный показатель не сильно отличается. Он имеет величину меньшую единицы, соответственно разработка эффективна.

Теперь производится расчет ресурсоэффективности. Данный показатель рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^{N} a_i \cdot b_i \quad , \qquad (13)$$

где

I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i –весовой коэффициент i-го признака научно-технического эффекта;

b_i –количественная оценка i-го признака научно-технического эффекта, в баллах (от 1 до 10).

Расчет ресурсоэффективности производится по каждому критерию, по которому характеризуется готовый рабочий прототип (удобство эксплуатации, точность позиционирования и т.д.) и заносится в следующую таблицу.

Таблица 14.1 – Ресурсоэффективность

Критерий	Весовой коэффициент	Балльная оценка	
		Исп.1	Исп.2
Удобство в эксплуатации	0,1	5	3
Точность позиционирования	0,25	7	8
Помехоустойчивость	0,1	8	6
Энергосбережение	0,15	5	7
Надежность	0,25	9	7
Материалоемкость	0,05	4	6
Цена	0,1	2	2
Итого	1	34	42

Анализируя таблицу рассчитывается интегральная оценка эффективности для двух исполнений.

$I_{p1} = 6{,}35$ показатель ресурсоэффективности для первого исполнения;

$I_{p2} = 7{,}28$ показатель ресурсоэффективности для второго исполнения.

Получив значения коэффициентов ресурсоэффективности и финансовой эффективности рассчитывается показатель эффективности разработки:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{pi}}{I^{\text{исп.}i}_{\text{финр}}}, \quad (14)$$

$I_{\text{исп.1}} = 12{,}83$ интегральный показатель эффективности вариантов;

$I_{\text{исп.2}} = 13{,}47$ интегральный показатель эффективности вариантов.

Для качественного анализа используется сравнительная эффективность проекта:

$$Э_{\text{ср.}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}}, \quad (15)$$

$Э_{\text{ср.}} = 0{,}95$

Все полученные параметры сравнительного анализа заносятся в таблицу

Таблица 14.2 – Параметры сравнительного анализа

Показатели	Исп. 1	Исп. 2
Интегральный показатель финансовой эффективности	0,51	0,48
Интегральный показатель ресурсоэффективности	6,35	7,28
Интегральный показатель эффективности	12,83	13,47

вариантов		
Сравнительная эффективность	0,95	

Видно что сравнительная эффективность $Э_{ср.}$ меньше единицы, это говорит о том, что второй вариант исполнения разработки более эффективен с точки зрения финансовой и ресурсной эффективности. Поэтому для создания прототипа выбирается именно он.

Вывод: В данном разделе были рассчитаны основные показатели на каждом этапе проектирования, рассмотрены эффективности выполненного продукта с точки зрения финансовой и ресурсной эффективности.

8 Социальная ответственность

Введение

Объектом исследования в данной работе является механизм крепления рентгеновского аппарата для контроля труб диаметром свыше 530 мм.

В этом разделе будут рассматриваться вопросы, связанные с техникой безопасности и охраной труда в лаборатории, правила эксплуатации помещения, как при возникновении опасной ситуации, так и при ЧС. А также будет проведен анализ вредных и опасных факторов и их воздействие на человека, что позволит определить средства индивидуальной и коллективной защиты, и решить вопросы обеспечения безопасности в целом, как для помещения, так и для организации в целом.

Рабочим местом является отдельное помещение (научно- техническая лаборатория). По степени воздействия на организм человека отрицательные внешние факторы можно разделить на опасные и вредные.

При работе в помещениях, в которых находиться рентгеновский аппарат могут встречаться опасные факторы: поражение электромагнитным излучением, поражение электрическим током и возникновение пожара. Вредные факторы, окружающие человека в данной лаборатории будут: монотонный режим работы, отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность, ионизированные излучения.

8 Производственная безопасность вредных факторов при разработке механизма, Повышенный уровень шума

Таблица 15 Опасные и вредные факторы при разработке механизма во время процесса сварки.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы *(по ГОСТ 12.0.003-74)*		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Проведение сварочных работ: 1) Сварка узлов механизма; 2) Проведение ремонтных работ по заварке дефектных мест.	1. Отклонение показателей микроклимата в производственных помещениях; 2. Превышение уровня шума и вибрации; 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 4. УФ-радиация; 5.Повышенная концентрация вредных веществ.	1.Движущиеся машины и механизмы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования 2.Электрический ток; 3.Повышенная температура поверхности; 4.Баллоны под давлением.	ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ[5], ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ[6], ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ[7], ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ[8], СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03[9], СанПиН 2.2.4.548–96[10], СН 2.2.4/2.1.8.562–96[11], СН 2.2.4/2.1.8.566–96[12], СП 52.13330.2011[13], СанПиН 2.2.2.540-96[14].

При организации рабочего места, следует принять во внимание тот факт, что качество и производительность труда, зависят от существующих на данном рабочем месте условий труда и соответствия этих условий установленным нормам. Организация рабочего места заключается в выполнении ряда мероприятий, обеспечивающих рациональный и безопасный труд и должна соответствовать ГОСТ 22269–76.

При ручной дуговой сварке на рабочих столах должны быть установлены вертикальные панели равномерного всасывания или широкие боковые отсосы, регулируемые с таким расчетом, что бы ни нарушать газовую защиту дуги.

Требования к выбору и применению средств индивидуальной защиты (СИЗ)

Работники, занятые производством электросварочных работ, должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты, в соответствии с

правилами обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты.

Спецодежда должна быть безвредной, удобной, не стеснять движения работающего, не вызывать неприятных ощущений, защищать от искр и брызг расплавленного металла, свариваемого изделия, влага, производственных загрязнений, механических повреждений, отвечать санитарно-гигиеническим требованиям и условиям труда. Выбор спецодежды в зависимости от методов сварки и условиям труда должен производиться в соответствии с рекомендациями ГОСТ 12.4044 и ГОСТ 12.4 010.

Повышенный уровень шума на рабочем месте

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов - электродвигатели в системе охлаждения и вентиляции рентгеновского оборудования.

Высокий уровень шума проявляется из-за большого количества производственного оборудования и рабочего персонала, возможны появления головных болей, утомленности, чувств усталости. В худшем случае длительное воздействие шума может привести к уменьшению степени слухового восприятия.

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы и системы организма человека. Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию организма, к его утомлению. Интенсивный шум вызывает изменения сердечнососудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление.

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик стационарных машин изложены в ГОСТ 12.1.023–80. Шум на рабочих местах также может проникать извне через открытые проемы форточек, окон и дверей из кабинета в коридор. Для оценки шума

используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в децибелах (дБ), в активных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

Уменьшение влияния данного факторов возможно путём:

1) Изоляции источников шумов;
2) Проведение акустической обработки помещения;
3) Создание дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок;

Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности.

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 15.1

Таблица 15.1 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Период года	Температура,°С					Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая, не более	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
		Верхняя		Нижняя					
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	70	0,1	0,1

Микроклимат комнаты поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года.

Уровень статического электричества

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–79.

Комната, в которой выполнялась работа, относится к категории помещений без повышенной опасности, поскольку она характеризуется следующими признаками: температура воздуха и влажность в норме, отсутствие сырости. Но в процессе деятельности с компьютером, работающим от источника тока, может возникнуть опасность поражения электрическим током. Основными причинами этого могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением.

С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети компьютера;

- запрещается при включение компьютера одновременно прикасаться к приборам, имеющим естественное заземление.

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрозащитные средства.

Среди распространенных способов защиты от поражения электрическим током при работе с электроустановками различают:

- защитное заземление – предназначено для превращения «замыкания на корпус» в «замыкание на землю», с тем, чтобы уменьшить напряжение прикосновения и напряжение шага до безопасных величин (выравнивание самый распространенный способ защиты от поражения электрическим током;

- зануление – замыкание на корпус электроустановок;

- системы защитного отключения – отключение электроустановок в случае проявления опасности пробоя на корпус;

- защитное разделение сетей;

- предохранительные устройства.

Освещенность рабочей зоны

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности для данной группы помещений составляет 500 лк (СНиП 23-05-2010).

Различают естественное и искусственное освещение.

Естественное – обуславливают световым потоком прямых солнечных лучей и диффузионным световым потоком прямых солнечных лучей и

диффузионным светом солце, т.е. многократным отражением солнечных лучей от мельчайших взвешенных в атмосфере частиц пыли и воды. Величина такого освещения изменяется как в течение года, так и в течение суток. Изменение в течение суток зависят от географических координат, прозрачности воздуха, облачности и других характеристик окружающей среды.

Недостаточная освещенность может быть вызвана ошибочным расположением ламп в помещении, не правильным выбором количества осветительных приборов и не рациональной загрузкой на них электрического тока. Данный фактор может стать причиной неадекватного восприятия человека технологического процесса, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий, коэффициент естественного (КЕО) не должен превышать 2.1%, а коэффициент пульсаций освещенности ($К_п$) не должен быть больше 10%.

В целях уменьшения пульсаций ламп, их включают в разные фазы трехфазной цепи, стабилизируют постоянство прохождения в них переменного напряжения. Но самым рациональным решением данного вредного факторы является изначально правильное расположение и подключение источников света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения полученных результатов с нормативными документами.

8.2 Экологическая безопасность

Охрану природы можно представить как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов.

Охрана окружающей среды - комплексная проблема и наиболее активная форма её решения - это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства

В ходе нашей работы были следующие отходы: использованная бумага, остатки металла и остатки электродов которые в ходе их непригодности выкидывались в мусорное ведро, а затем и в мусорный контейнер. Вредных выбросов в водные источники не производилось, чрезвычайные ситуации не наблюдались, поэтому существенных воздействий на окружающую среду и соответственно вреда природе не оказывалось. Утилизацию отходов в лаборатории осуществляет специализированный персонал НИ ТПУ.

8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Главная задача при чрезвычайных ситуациях - защита населения от возможного поражения. Выполнение этой задачи достигается путем укрытия населения в защитных сооружениях, эвакуацией и обеспечением индивидуальными средствами защиты. Возможные чрезвычайные ситуации - это стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, взрывы, пожары.

Пожарная безопасность

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

С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети.
2. Курить только в отведенных для курения местах.
3. В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01», «112» пожарную службу.
4. Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

В целях безопасности в помещении имеются рубильники для полного обесточивания помещения, а так же изоляция проводов, защитное состояние сети и применение специальных защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели).

8.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основной задачей регулировании проектных решений разрешается за счет соблюдения законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении.

Требования к размещению сварных изделий, организации рабочих мест и помещениям – в соответствии с настоящим стандартов и ГОСТ 12.3.002-75.

- Расстояние между установками должны обеспечивать безопасные условия труда и удобства при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте.

- Рабочее место обслуживающего персонала, взаимное расположение всех элементов (органов управления, средств отображения информации, оповещения и др.) должны обеспечивать рациональность рабочих движений и максимально учитывать энергетические, скоростные, силовые и психофизиологические возможности человека.
- Следует предусматривать наличие мест для размещения съемных деталей, переносной измерительной аппаратуры, хранение заготовок, готовых изделий и др.
- Установки должны эксплуатироваться в специально выделенных помещениях либо могут располагаться в открытом пространстве на трубопроводах.
- Помещения должен соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства предотвращения пожара и противопожарной защиты.
- Отделку помещений следует выполнять только из негорючих материалов. Не допускается применение глянцевых, блестящих, хорошо (зеркально) отражающих лазерное излучение материалов (коэффициент отражения рекомендуется не более 0.4).
- Двери помещений должны иметь знак ультрафиолетовой опасности.
- Высота помещений должна быть не менее 4.2 м. Коммуникации (вода, электроэнергия, воздух, инертные газы и др.) следует прокладывать под полом в специальных каналах с защитными коробами (возвышение над уровнем пола не допускается) или подвешивать кабели на высоте не менее 2.2 м от пола.
- Помещения должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию. При необходимости, рабочие места должны быть оборудованы местной вытяжкой с целью исключения попадания в рабочее помещение

продуктов взаимодействия ультрафиолетового излучения с обрабатываемыми материалами.

Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы было разработано устройство для установки рентгеновского аппарата АРИНА 5 для контроля труб диаметром 530 мм. Выбраны основные и сварочные материалы, рассчитаны режимы сварки, подобрано сварочное оборудование, Применение текстильных стяжных лент для крепления рентгеновских аппаратов на теле трубы является оригинальным решением поставленной задачи.

Определена схема просвечивания и разработана методика радиографического контроля труб большого диаметра с помощью импульсного рентгеновского аппарата АРИНА - 5.

Разработанное устройство может быть использовано для контроля сварных швов при строительстве, ремонте и эксплуатации магистральных трубопроводов.

Список использованных источников

1. В.Н. Волченко - Контроль качества сварки 1975г.
2. Сварка и резка материалов: Учеб. пособие / М.Д. Банов, Ю.В. Казаков, М.Г. Козулин и др. - М.: Издательский центр Академия
3. ГОСТ 7512-82 Соединения сварные. Радиографический метод.
4. Неразрушающий контроль [Электронный ресурс] http://svarkainfo.ru/rus/lib/quolity/radiation/
5. ГОСТ 1050-88 Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали.
6. Неразрушающий контроль [Электронный ресурс] http://weldzone.info/technology/control/946~reop-rentgenovskie- elektronno-opticheskie-preobrazovateli
7. ГОСТ 9467-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей.
8. Неразрушающий контроль [Электронный ресурс] http://www.spectroflash.ru/info/articles/288/296/
9. ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединение сварные.
10. ГОСТ 20426-82 Неразрушающий контроль. Методы дефектоскопии радиационные. Область применение.
11. Неразрушающий контроль [Электронный ресурс] http://www.i-mash.ru/normatdok/gosty/gosty_24_53/1702-gost_2827789.html
12. Ручная дуговая сварка: учебник/ В.Г. Лупачев. – 3-е изд. – Минск: Выш. шк., 2010 – 416 с.: ИЛ
13. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в ди-пломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.
14. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный ана-лиз. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.

15. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
16. ГОСТ 12.3.002-75 Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности.
17. СНиП 23-05-2010 Естественное и искусственное освещение.
18. ГОСТ 12.1.019–79 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
19. ГОСТ 12.1.005–88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
20. ГОСТ 12.1.023–80 Шум. Методы установления значений шумовых характеристик стационарных машин
21. ГОСТ 12.4044 Система стандартов безопасности труда. Костюмы для защиты от повышенных температур. Технические условия.
22. ГОСТ 12.4 010 Средства индивидуальной защиты.
23. ГОСТ 22269–76 Система « Человек- машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.