

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение
Отделение контроля и диагностики

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка измерительного преобразователя радиационного измерителя поверхностной плотности экранного покрытия

УДК 681.586.620.179.142.6.621.793.1.004

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6А	Абрамов Максим Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД	Капранов Борис Иванович	д.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Данков Артем Георгиевич	к.и.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Анищенко Юлия Владимировна	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вавилова Галина Васильевна	к.т.н.		

Томск – 2018 г.

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Р1	Применять навыки эффективной индивидуальной и командной работы, включая руководство командой, работу по междисциплинарной тематике с учетом этики и корпоративных интересов, в том числе и на иностранном языке.	Требования ФГОС (ОК-3, ОПК- 1, ОПК-3, ПК-12, ПК-16, ПК-17, ПК-18, ПК-22),), СУОС ТПУ (УК-1, УК-3, УК-4, УК-5, УК-6), CDIO Syllabus (2.1, 2.3, 2.4, 2.5, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.2, п. 2.3, п. 2.4, п. 2.5, п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 19.026 Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса, 19.032 Специалист по диагностике газотранспортного оборудования, 40.008 Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами)
Р2	Применять навыки управления разработкой и производством продукции на всех этапах ее жизненного цикла с учетом инновационных рисков коммерциализации проектов, в том числе в нестандартных ситуациях.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОПК-1, ПК-6, ПК -8, ПК-16, ПК-18, ПК-19, ПК-20), СУОС ТПУ (УК-2, УК-6), CDIO Syllabus (2.1, 2.4, 2.5, 3.2, 4.1, 4.2, 4.3, 4.6, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.3, п. 2.5, п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник, 29.006 Специалист по проектированию систем в корпусе, 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам)
Р3	Собирать, хранить, обрабатывать, использовать, представлять и защищать информацию при соблюдении требования информационной безопасности и корпоративной культуры.	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-4, ПК-17, ПК-19), СУОС ТПУ (УК-5, УК-6), CDIO Syllabus (1.1, 2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.1, п. 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI , требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 19.026 Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Р4	Применять навыки планирования, подготовки, проведения теоретических и экспериментальных исследований, а также представления и интерпретации полученных результатов.	Требования ФГОС (ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-15, ПК-17), СУОС ТПУ (УК-1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1, п. 1.2, п. 1.4), CDIO Syllabus (2.1, 2.2, 4.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 40.008 Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами)
Р5	Разрабатывать нормативную, техническую и методическую документацию в области неразрушающего контроля и измерительной техники.	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-9, ПК-11, ПК-17), CDIO Syllabus (1.2, 4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3, п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник)
Р6	Быть готовым к комплексной профессиональной деятельности при разработке инновационных и эффективных методов и средств измерения и контроля.	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-18, ПК-20, ПК-21, ПК-22), СУОС ТПУ (УК-1), CDIO Syllabus (1.2, 1.3, 2.3, 4.1, 4.4, 4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.2, п. 1.3, п. 1.4, п. 1.5, п. 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник, 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции, 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам)
Р7	Разрабатывать и внедрять энерго- и ресурсоэффективные технологические процессы производства приборных систем с использованием высокотехнологичных средств измерения и контроля.	Требования ФГОС (ПК-7, ПК-8, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-14, ПК-21), CDIO Syllabus (1.3, 4.1, 4.2, 4.5, 4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.2, п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (19.026 Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса, 19.032 Специалист по диагностике газотранспортного оборудования)

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение
Уровень образования Магистратура
Отделение контроля и диагностики
Период выполнения: (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма предоставления работы:

магистерская диссертация <small>(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)</small>

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ – ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом работы:	
------------------------------	--

Дата контроля	Название раздела(модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
03.02.2018	Литературный обзор по теме	15
20.02.2018	Подготовка оборудования к проведению экспериментов.	10
12.03.2018	Изучение оборудования, методов расчета, программного обеспечения, подготовка материалов к проведению экспериментов.	11
23.03.2018	Проведение экспериментальных исследований	17
12.04.2018	Анализ результатов экспериментов	20
20.04.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	12
27.04.2018	Социальная ответственность	9
14.05.2018	Заключение	6

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД	Капранов Б.И.	д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вавилова Г.В.	к.т.н.		

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

_____ _____ Вавилова Г.В.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

_____ магистерской диссертации _____

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ6А	Абрамову Максиму Сергеевичу

Тема работы:

Разработка измерительного преобразователя радиационного измерителя поверхностной плотности экранного покрытия

Утверждена приказом директора (дата, номер) 9977/с от 20.12.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы: _____

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ol style="list-style-type: none">1. Произвести литературный обзор толщиномеров, покрытия ЭЗМ, принцип работы.2. Разработать преобразователь для радиационного измерителя
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none">1. Принцип работы радиационного толщиномера.2. Разработка преобразователя для радиационного измерителя поверхностной плотности3. Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение.4. Социальная ответственность5. Заключение и выводы

Перечень графического материала	1. Презентация, выполненная в MS PowerPoint
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультанты
1. Литературный обзор; 2. Материалы и методы исследования; 3. Экспериментальная часть; 4. Заключение.	Капранов Борис Иванович
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	Данков Артем Георгиевич
6. Социальная ответственность.	Анищенко Юлия Владимировна
Название разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
1 Обзор литературы 1.1 Экранно-защитное покрытие 1.2 Толщинометры покрытий 1.3 Радиационная толщинометрия покрытий 1.4 Радиоизотопная флуоресцентная толщинометрия покрытий (ЭЗП) 1.5 Радиоизотопный измеритель поверхностной плотности экранных покрытий мт 01	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД	Капранов Б.И.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6А	Абрамов М.С.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ6А	Абрамову Максиму Сергеевичу

Инженерная школа	ИШНКБ	Отделение школы	ОКД
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; наблюдение.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Структура работ в рамках научного исследования 2. Определение трудоемкости выполнения работ 3. Выполнение SWOT– анализа проекта. 4. Оценка готовности проекта к коммерциализации.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	1. Разработка графика проведения научного исследования 2. Расчет бюджета научно-технического исследования (НТИ)
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	1. Оценка сравнительной эффективности разработки

Перечень графического материала:

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Альтернативы проведения НИ
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Данков А.Г.	К.И.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6А	Абрамов М.С.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ6А	Абрамову Максиму Сергеевичу

Инженерная школа	ИШНКБ	Отделение школы	ОКД
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения

Объектом исследования является радиоизотопная толщинометрия.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.

Вредными факторами при работе в лаборатории являются:

- Повышенный уровень ионизирующего излучения в рабочей зоне;
- Отклонение параметров микроклимата;

2. Экологическая безопасность:

Анализ воздействия источников ИИ на литосферу

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:

Возможны чрезвычайные ситуации: пожары, ситуации природного характера.

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6А	Абрамов Максим Сергеевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 122с., 27 рис., 41 источников, 2 приложение.

Ключевые слова: неразрушающий контроль; рентгеновское излучение; экранно-защитное покрытие; сцинтиллятор; толщиномер; радиоизотопный толщиномер; изотоп; флюоресценция; радиоизотопный плотномер.

Объектом исследования является функция распределения плотности в объеме.

Цель работы – Разработать конструкцию измерительного преобразователя для радиоизотопного измерителя поверхностной плотности.

В процессе работы проводились: изучение взаимодействия гамма квантов с веществом, изучение материала эзм -75, разработка конструкции преобразователя.

В результате исследования разработана конструкция для измерительного преобразователя, размеры.

Abstract

Final qualification work 122c., 27 Fig., 41 sources, 2 appendix.

Key words: nondestructive testing; X-ray radiation; screen-protective coating; scintillator; thickness gauge; radioisotope thickness gauge; isotope; fluorescence; radioisotope densitometer.

The object of the study is the density distribution function in the volume.

Purpose of work - To develop the design of a measuring transducer for a radioisotope surface density meter.

In the course of the work, the following activities were carried out: the study of the interaction of gamma quanta with matter, the study of the material of an e-75, and the design of a converter.

As a result of the study, a design for a measuring transducer and dimensions was developed.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты

1. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
2. ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
3. ГОСТ 12.1.006–84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
4. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
5. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
6. ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
7. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
8. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
9. СанПиН 2.2.4.1191–03. Электромагнитные поля в производственных условиях.
10. СП 51.13330.2011. Защита от шума.
11. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
12. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения.
13. ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.

Определения

В настоящей работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Изотоп – разновидность атомов какого-либо химического элемента, которые имеют одинаковый атомный номер, но при этом разные массовые числа

Толщиномер – измерительный прибор, позволяющий с высокой точностью измерить толщину материала или слоя покрытия материала (такого как краска, лак, грунт, шпаклёвка, ржавчина, толщину основной стенки металла

Экранно-защитное покрытие – радиационно-защитное покрытие которое защищает радиоэлектронную аппаратуру от воздействия внешнего ионизирующего излучения.

Радиационный толщиномер – это радиометрический прибор, предназначенный для измерения и контроля поверхностной плотности контролируемого покрытия.

Флюоресценция —это переход атома из возбужденного состояния в основное состояние S.

Сокращения

ЭЗП – Экранно-защитное покрытие

ПК – Персональный компьютер

Оглавление	
Введение	14
1. Литературный обзор.....	15
1.1 Экранно-защитное покрытие	15
1.2 Толщинометрия покрытий.	18
1.3 Радиационная толщинометрия покрытий	20
1.4 Радиоизотопная флуоресцентная толщинометрия покрытий(ЭЗП)..	26
1.5 Радиоизотопный измеритель поверхностной плотности экранных покрытий мт 01.....	29
1.6 Взаимодействие гамма- излучения с веществом	38
2. Экспериментальная часть.....	41
2.1 Химический состав ЭЗП (энергия характеристического уравнения)	41
2.3 Описание толщиномера МТ 01М.....	51
2.4 Измерительный блок	54
2.5 Сцинтиллятор, описание конструкции преобразователя	56
2.6 Измерительный преобразователь.....	59
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	63
4. Социальная ответственность	80
Заключение.....	93
Список публикаций студента	94
Список используемых источников:	95
Приложение А	99
Приложение Б	119

Введение

Один из важных параметров эксплуатационных характеристик изделий, является их толщина. Для измерения толщины применяются различные методы неразрушающего контроля. Одно из ведущих решений данной задачи применяют радиационный метод, а именно радиоизотопный метод основанный на флюоресценции. На данный момент в зависимости от применения известны радиоизотопные измерители поверхностной плотности металлических и неметаллических покрытий. Радиационные толщиномеры могут измерять толщину различных покрытий с не большой погрешностью в 1-3% тем самым превосходят другие методы измерения толщины. Радиоизотопный толщиномер относится к приборам, реализующий косвенное измерение, когда результат находится по известной функциональной зависимости между результатом измерения и частотой импульсов, поступающих с преобразователя, принцип действия основан на флюоресценции. В данном преобразователе выбран изотоп Кобальт-57, контейнер из вольфрама, монокристаллический йодистый натрий, активированный таллием.

1. Литературный обзор

1.1 Экранно-защитное покрытие

Наиболее эффективные способы снижения воздействия радиации заключаются в поглощении энергии излучения при прохождении через толщу какого-либо вещества. Для обеспечения защиты от ионизирующих излучений в настоящее время наиболее широко используются алюминиевые сплавы, легированные элементами с высоким атомным номером (лантаноидами и редкоземельными элементами), сплавы на основе тугоплавких и редкоземельных металлов и многослойные материалы. [1]

Радиационно-защитное покрытие может образовывать защитный слой радиоэлектронной аппаратуры или её компонента, либо образовывать корпус радиоэлектронной аппаратуры, либо его часть.

В упомянутом слое из частиц переходного металла шестого периода Периодической системы химических элементов, постпереходного металла шестого периода Периодической системы химических элементов и/или лантаноида используют по меньшей мере один химический элемент, выбранный из перечня: лантан, церий, празеодим, неодим, прометий, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, иттербий, лютеций, гафний, тантал, вольфрам, рений, осмий, иридий, платина, золото, таллий, свинец, висмут. Упомянутое поглощающее вещество представляет собой по меньшей мере одно вещество, выбранное из перечня, включающего по меньшей мере, оксид алюминия (Al_2O_3), нитрид бора (BN). Также, упомянутые поглощающие вещества могут быть введены в матрицу аморфного строения, выполненную из неорганического материала, например, силиката.

Известно, что на орбитах космических аппаратов, где имеются высокие потоки электронов, поглощенная доза радиации внутри космических аппаратов определяется не только воздействием электронов, но и тормозным излучением, образованным в результате взаимодействия с материалами конструкций. Спектр тормозного излучения зависит от энергии

бомбардирующих электронов, толщины материала. Обычно считают, что спектр фотонов простирается от сотен эВ до 150 кэВ.

Тормозное излучение взаимодействует с облучаемым материалом либо за счёт фотоэффекта, либо за счёт рассеяния на электронах. Фотоэффект приводит к поглощению фотона. Затем может появиться фотон с энергией атомного уровня К-, L-, M-оболочек в соответствии с тем, на которой из оболочек проходило поглощение фотона. Одновременно в атомах идёт и конкурирующий процесс передачи возбуждения электрону и его выбивание из атома. При рассеянии фотона на электронах часть энергии передаётся электрону, а часть остаётся у фотона, который меняет направление движения и покидает пучок первичных фотонов. Фотоэффект более действенен для целей защиты, при этом вероятность фотоэффекта велика для фотонов малых энергий и быстро уменьшается с ростом энергии фотонов. Одновременно с ростом атомного номера вероятность фотоэффекта возрастает. Поэтому качественную защиту оборудования можно обеспечить только при использовании материалов с большим атомным номером. В свою очередь предложено радиационно-защитное покрытие, используемое в первую очередь для защиты различных элементов радиоэлектронной аппаратуры космического и т.п. назначения, размещается оно на поверхностях, подвергающихся воздействию ионизирующего излучения, и представляющее собой многослойную структуру, то есть структуру из множества чередующихся слоев, в количестве, превышающем два слоя каждого типа. Элемент с высоким атомным номером - от 57 до 83, то есть переходный металл шестого периода Периодической системы химических элементов, постпереходный металл шестого периода Периодической системы химических элементов и/или лантаноид, по преимуществу - вольфрам, как наиболее отработанный с точки зрения технологии, используют в виде порошка (частиц 200-500 нм) в слое, следующем за слоем вещества с низким атомным номером (Z), например оксид алюминия и нитрид бора, которое введено в матрицу аморфного строения, выполненную из неорганического

материала, например силиката. Указанный порошок элемента с высоким атомным номером может включать необходимые технологические добавки. Последующие слои чередуются подобным образом. Предложенное расположение слоёв объясняется тем, что при прохождении частицы (e^-) вещества первого слоя генерируется вторичное излучение, которое эффективно поглощают и рассеивают элементы с большим эффективным электронным радиусом, то есть элементы с высоким атомным номером (Z). При этом происходит генерация вторичных электронов, поглощение и рассеяние которых происходит так же описанным выше образом. То есть использование многослойной структуры, обеспечивающей экранирование и взаимное подавление потоков частиц и квантов, представляет собой более совершенную защиту от ионизирующих излучений по сравнению с известными композитными материалами аналогичного состава, алюминиевыми сплавами и т.п. Покрытие наносится послойно золь-гель процессом на поверхности элементов, подвергающихся воздействию радиации с помощью кисти либо распылителя в нормальных условиях. Радиационно-защитное покрытие может образовывать защитный слой радиоэлектронной аппаратуры или её компонента (микросхемы и т.п.), либо корпус радиоэлектронной аппаратуры, либо его часть.

Таким образом, предложено радиационно-защитное покрытие, которое сможет быть эффективно использовано для защиты радиоэлектронной аппаратуры, в первую очередь космического назначения, а также иного промышленного оборудования, эксплуатирующего в аналогичных условиях.

Радиационно-защитное покрытие, содержащее переходный металл шестого периода Периодической системы химических элементов, постпереходный металл шестого периода Периодической системы химических элементов и/или лантаноид и поглощающее вещество, содержащее химический элемент с атомным номером меньшим, чем у упомянутых химических элементов, отличающееся тем, что оно состоит из множества чередующихся слоёв из частиц по меньшей мере одного

переходного металла шестого периода Периодической системы химических элементов, постпереходного металла шестого периода Периодической системы химических элементов и/или лантаноида и из упомянутого поглощающего вещества. Радиационно-защитное покрытие, отличающееся тем, что в упомянутом слое из частиц переходного металла шестого периода Периодической системы химических элементов, постпереходного металла шестого периода. [2]

1.2 Толщинометрия покрытий.

Толщиномер - это измерительный прибор, позволяющий с высокой точностью измерить толщину материала или слоя покрытия материала (такого как краска, лак, грунт, шпаклёвка, ржавчина, толщину основной стенки металла, пластмасс, стекла, а также других неметаллических соединений, покрывающих металл). Современные приборы позволяют измерить толщину покрытия без нарушения его целостности.

Толщиномеры покрытий в промышленности

Ультразвуковые, вихретоковые и магнитные толщиномеры покрытий эффективно используются в различных областях промышленности: авиастроении, химическом производстве, в машиностроении, судостроении, в тех. диагностике состояния узлов и деталей, в металлургии, в сфере нанесения гальванических покрытий и др. Так, например, толщиномеры серии PosiTector применяются для измерения толщины вспучивающихся огнестойких покрытий. Подобного рода тонкопленочные покрытия широко применяются в строительстве, машиностроении, авиастроении, судостроении и т.д. Различные металлоконструкции, такие как двутавровые балки, швеллеры, ребристые железобетонные балки, трубы и прочее, при нанесении такого покрытия способны выдерживать длительную эксплуатации при воздействии высокотемпературной среды. Тонкопленочные покрытия обеспечивают также защиту металлоконструкций от воздействия агрессивной внешней среды и придают изделиям привлекательный внешний вид (благодаря глянцевой поверхностной пленке). При возгорании такие

покрытия создают толстый пенный слой, защищающий металл. Эффективность подобных покрытий зависит от двух основных факторов: способность удерживаться на основании и увеличение в объеме. В свою очередь, эти характеристики напрямую зависят от толщины нанесения вспучивающегося покрытия. Производители подобных покрытий четко указывают необходимую толщину нанесения в ТУ. Для контроля толщины нанесения тонкопленочных огнестойких вспучивающихся покрытий применяются толщиномеры покрытий.

Целесообразно применение толщиномеров покрытий и для контроля электроизоляции, теплоизоляции труб, измерения толщины немагнитных покрытий на проволоке, измерение толщины порошковых покрытий на различных основаниях.

Порошковое покрытие обеспечивает привлекательный внешний вид изделиям из самых разных материалов, оно имеет высокий коэффициент стойкости к ударам, царапанью и обесцвечиванию. Порошковое покрытие находит все большее применение в самых разных областях и измерение толщины его нанесения, проверка соответствия толщины покрытия нормативным документам, приобретает все большее значение.

Избыточное нанесение порошка увеличивает стоимость изделий и приводит к плохой адгезии (покрытие может отрываться и откалываться от основы). При недостаточном нанесении порошковое покрытие не обеспечивает защиту и равномерное покрытие подложки. Толщиномеры покрытий применяются для измерения повреждений эрозионных и коррозионных типов на различных поверхностях, в том числе на неровных и шероховатых, поверхностях труб и резервуаров. Ультразвуковое обследование с помощью ультразвуковых толщиномеров покрытия позволяет определить остаточную толщину защитного покрытия и толщину стенок основы, выявить и измерить повреждения и дефекты, вычислить остаточный ресурс эксплуатации оборудования.

Сфера применения гальванических покрытий и сами покрытия настолько разнообразны, что перечислить все их типы не представляется возможным. Гальванические покрытия применяются в различных областях промышленности. Это и хромированные изделия самого разного назначения, от бытовых приборов и деталей автомобилей до поверхностей оружейных стволов, микронные покрытия на различных деталях, ювелирные украшения с золотым напылением и много, многое другое.

Для измерения толщины гальванических покрытий целесообразно использовать толщиномеры покрытий комбинированного действия, такие, как многофункциональный толщиномер гальванических покрытий.

Еще одна область применения толщиномеров покрытия, а именно – ультразвуковых толщиномеров, измерение толщины покрытия на древесине. Покрытие на изделиях из дерева может выполнять несколько функций: придание эстетичного внешнего вида, защита от воздействий внешней среды, обеспечение водонепроницаемости и реставрационные цели.

Все специализированные покрытия выполняют свои функции надлежащим образом только в том случае, когда их толщина находится в диапазоне толщин, определенных производителем. Для контроля толщины нанесения и применяются толщиномеры покрытий. Так, например, производитель может нанести на музыкальный инструмент избыточное количество слоев лака, для придания ему привлекательного внешнего вида. Однако, характеристики звучания инструмента при этом значительно ухудшатся. [3]

1.3 Радиационная толщинометрия покрытий

Радиационный толщиномер – это радиометрический прибор, предназначенный для измерения и контроля толщины среднего значения поверхностной плотности контролируемого материала. Более удобным является контроль за уменьшением толщины стенки сосудов с помощью ультразвуковых или радиационных толщиномеров такой контроль наименее трудоемок и возможен без вывода оборудования из работы.[4]

Для измерения толщины покрытий используют приборы и устройства, основанные на двух следующих методах радиометрического контроля. К первому типу относятся установки, действующие по методу обратного рассеяния β -излучения. При внедрении пучка радиоактивных частиц в материал их рассеяние происходит во всех направлениях. Принцип измерения основан на зависимости величины отраженного под углом 180° (обратно рассеянного) потока электронов (β -излучения радиоактивного источника) от толщины слоя покрытия. Мерой интенсивности отраженного излучения служит ток, возникающий в ионизационной камере. В качестве источников β -излучения (электронов) используют радиоактивные изотопы; стронций-90 интенсивностью 25 мКюри или криптон-85 интенсивностью 150. [5]

В установках второго типа используют принцип рентгено-флуоресцентного излучения. Возбуждение атомов происходит с помощью β -или квантового излучения, результатом которого является эмиссия рентгеновского излучения, характеристического для соответствующего элемента. Интенсивность эмиссии зависит от числа излучающих атомов, т. е. от массы (толщины слоя) покрытия. При возбуждении атомов покрытия мерой его толщины является только интенсивность флуоресцентного излучения. При возбуждении атомов стальной основы толщину слоя покрытия оценивают по поглощению флуоресцентного излучения. С помощью приборов, основанных на методе обратного рассеяния β -лучей, можно контролировать толщину покрытия, если атомные номера материала покрытия и основы различаются более чем на 20 %. Наличие непостоянных по толщине промежуточных железоцинковых слоев в цинковом покрытии приводит к искажению результатов измерения.

Радиационные толщиномеры довольно широко используют для бесконтактного контроля толщины покрытия на стальной полосе при ее цинковании на АНГЦ. Однако использование их для контроля толщины покрытия на трубах связано с дополнительными трудностями,

обусловленными усложнением конструкции источника и регистратора излучения. Например, существенно мешающее влияние на результаты измерений с помощью β -толщиномеров оказывает изменение величины зазора и температуры воздуха в зазоре. Для увеличения стабильности показаний радиационных толщиномеров необходимо также применение системы автоматической периодической калибровки этих приборов. Погрешность измерения радиационными толщиномерами непрерывного действия составляет ± 5 %.

Толщиномеры на агрегатах покрытий полосового проката устанавливаются с двух сторон полосы на участке, где температура металла достаточно низка и достигается стабильное геометрическое положение поверхности полосы по отношению к измерительным головкам толщиномера. Головки автоматически перемещаются над полосой в поперечном ее направлении для сканирования толщины покрытия. Обычно толщиномер расположен на расстоянии 100 м длины полосы от газового ножа, но иногда (на агрегате цинкования — алюминирования ФРГ) измерительная камера находится всего на расстоянии 2 м от газового ножа. Последнее значительно уменьшает транспортное запаздывание времени дедектирования, сокращает длительность переходных режимов и обеспечивает снижение расхода металла.

Для автоматического бесконтактного измерения толщины цинкового покрытия широкое применение нашел толщиномер типа 200 Е, разработанный фирмой «Нуклсоник дейта системе», США, на основе рентгенофлуоресцентного метода.

Основные технические характеристики толщиномера типа 200 Е следующие: диапазон измерения массы цинкового покрытия на каждой стороне стальной полосы 0—450 г/м²; толщина стальной полосы 0,25—4,0 мм; ширина — до 1800 мм; расстояние от измерительной головки до поверхности полосы 50 мм. При изменении этого расстояния на ± 3 мм погрешность измерения составляет ± 3 г/м², а при ± 7 мм погрешность

достигает ± 6 г/м². Время измерения составляет 4 с, скорость сканирования 2 см/с. Рабочая температура измерительной головки 15—65°C, допускаемая температура полосы 200°C.

Точность измерения массы покрытия в диапазоне до 300 г/м² составляет ± 3 г/м², а в диапазоне 300—450 г/м² — до ± 6 г/м² на каждую сторону.

Измерение толщины покрытия производится или при непрерывном поперечном движении (в одну сторону) обеих головок одновременно, или в одной средней точке. При непрерывном движении измерение производится в трех точках: в середине полосы и у двух кромок. В Японии и России (на агрегате цинкования полосы НЛМК) для измерения толщины цинкового покрытия применяется флуоресцентный рентгеновский толщиномер типа SFT-200 фирмы «Сейко» (Япония). В качестве источника лучей применяется радиоактивный изотоп Am²⁴¹, лучи которого вызывают достаточную интенсивность характеристического излучения Zn—K α . В России на ряде агрегатов горячего цинкования полосы используются также радиоизотопные измерители толщины покрытий (типа ИТП-5705) конструкции чермета с применением рассеяния β -излучения.

Принцип действия радиационных толщиномеров основан на ослаблении или отражении ионизирующих излучений, которые регистрируются детектором излучения. В качестве детектора излучения применяют ионизационные камеры, сцинтилляционные счетчики. Изотопные приборы, основанные на использовании проникающей способности излучения, в настоящее время занимают более половины всех поставок радиационной техники. В основу почти всех этих приборов положен один и тот же простой принцип: счет в детекторе меняется, если меняется толщина или вид материала между детектором и источником. На основе этого принципа конструируются и выпускаются различные толщиномеры, плотномеры. Бета-излучение сильно поглощается веществом. Из-за непрерывности и из-за искривления пути электронов в веществе

разные электроны источника имеют разный пробег, от нулевого до некоторого максимального. Количество прошедших через вещество электронов довольно резко зависит от толщины слоя. Поэтому радиационные толщиномеры имеют довольно хорошую точность, но могут измерять лишь небольшие толщины. Такие толщиномеры применяются, например, для контроля за толщиной производимой фотопленки. Пленка проходит между источником и детектором. Малейшее отклонение толщины от стандартной изменяет число поглощаемых пленкой электронов, т. е. меняет скорость счета детектора.

Интенсивность затухания излучения при прохождении через материал определяется массовым коэффициентом ослабления излучения, зависящим от энергии и типа излучения и плотности материала. Толщиномер измеряет кратность ослабления излучения материалом и по калибровочной кривой производит вычисление его толщины. Наряду с радиоизотопными толщиномерами, в которых применяется радионуклидный источник излучения, используются и рентгеновские (источник излучения — рентгеновская трубка). Однако, как показывает практика, радиоизотопные толщиномеры обладают большей шириной диапазона измеряемых толщин, в то время как рабочий диапазон рентгеновских толщиномеров лежит в середине рабочего диапазона радиоизотопных. Кроме того, в рентгеновских толщиномерах необходимо применять специальные схемы стабилизации напряжения и тока рентгеновской трубки. В радиоизотопных толщиномерах, напротив, радиоактивный распад идет постоянно и никакие схемы стабилизации не требуются, за исключением введения поправки на снижение активности источника со временем.

РТМ применяются во многих отраслях промышленности, в частности, при производстве бумаги, полимерных пленок и т.п., однако большая их часть используется в металлургии, например, в системах автоматического регулирования толщины (САРТ) металла на прокатных станах.

Среди множества методов детектирования излучения, известных на сегодняшний день, в толщиномерах в основном используются сцинтилляционный и газоразрядный. [6]

Сцинтилляционный метод основан на преобразовании энергии излучения в световые вспышки в кристалле сцинтилляторе, которые преобразуются в электрический сигнал фотоэлектронным умножителем, работающим, как правило, в счетном режиме. Учитывая множество процессов преобразования энергии излучения в электрический сигнал и специфический характер протекания каждого из них, при построении сцинтилляционного измерительного тракта обычно применяются дополнительные схемы для стабилизации счетной характеристики. Газоразрядный метод предполагает преобразование энергии излучения в токовый сигнал в ионизационной камере, ток порядка наноампер преобразуется в выходное напряжение с помощью электрометрического усилителя с термостабилизированным коэффициентом преобразования. Данный метод используется чаще, поскольку позволяет добиться большей стабильности показаний прибора. [7]

Наряду с радиационными методами измерения толщины применяются и другие методы: тензометрические, магнитные и др.

Срок эксплуатации большинства действующих на отечественных предприятиях радиоизотопных толщиномеров составляет около двадцати лет. У многих из них необходимо производить замену радиоактивных источников, в некоторых случаях после длительной эксплуатации выходят из строя элементы измерительного тракта. Стоимость современных импортных толщиномеров составляет порядка 100 тыс. долларов США и выше. Ввиду того, что далеко не каждое предприятие может позволить себе приобретение нового импортного толщиномера, возникла потребность проведения модернизации действующих толщиномеров с заменой источников излучения, электронного измерительного тракта и системы управления.

1.4 Радиоизотопная флуоресцентная толщинометрия покрытий(ЭЗП)

В современных условиях, в связи с развитием машиностроительного комплекса, вновь становится актуальной задача разработки и освоения производства современных отечественных радиоизотопных и рентгенофлуоресцентных толщиномеров металлических покрытий различных изделий. Применение таких приборов наиболее перспективно в процедурах контроля толщины относительно тонких металлических покрытий (от 0,1 до 30 мкм), где использование традиционных токовихревых и магнитных методов неэффективно. [8]

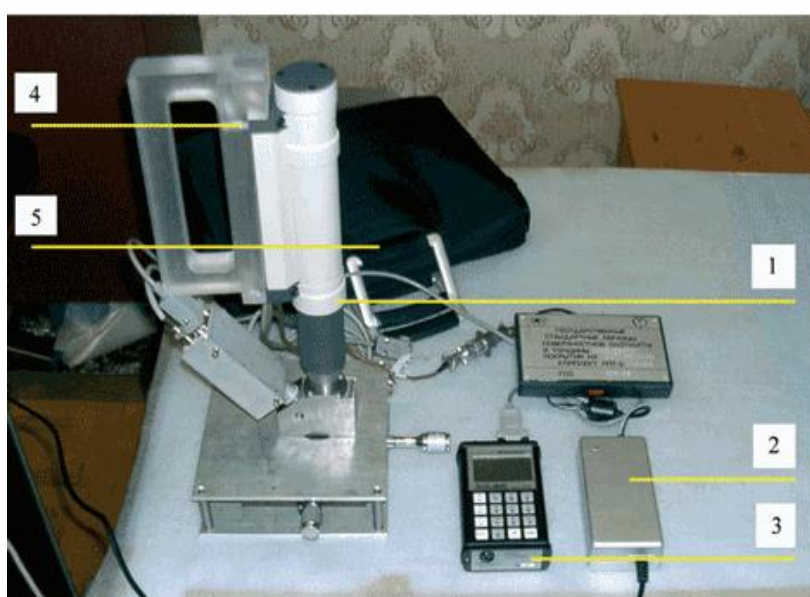


Рисунок 1 Рентгенофлуоресцентный толщиномер покрытий.

До распада СССР радиоизотопные толщиномеры покрытий типов РТВК-1, РТВК-3 и РТВК-5 серийно выпускались на приборном заводе «Тензор» Минсредмаша в городе Дубне.

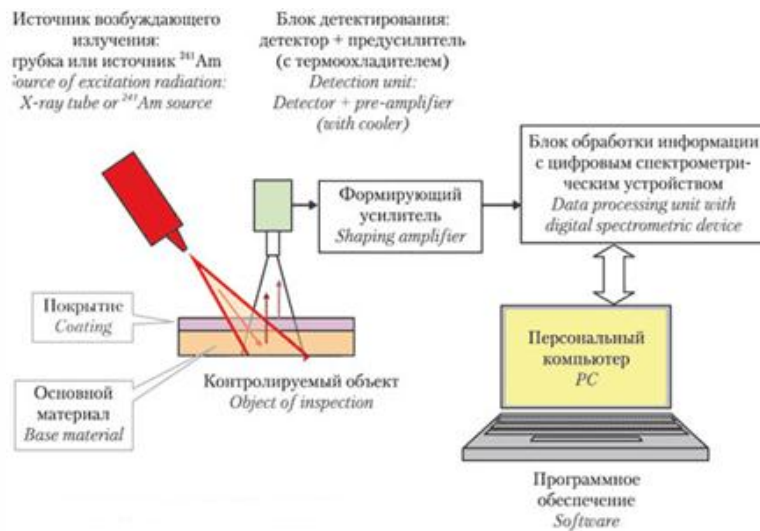


Рисунок 2 Условная схема измерения толщины покрытия.

Условная схема измерения толщины покрытий приведена на рисунке 2. Контролируемый объект облучается внешним источником излучения – рентгеновской трубкой или источником ионизирующего излучения. При этом в объекте возбуждается характеристическое рентгеновское излучение элементов материала покрытия, основания и возможных примесей. Для каждого химического элемента характеристическое излучение имеет строго определенную энергию. Для измерений используются К-серии для элементов с атомными номерами от $Z=20$ (кальций) до $Z=50$ (олово) и L-серии для элементов со значениями Z от 70 до 92. Определение толщины (а в случае необходимости и элементного состава) контролируемого объекта осуществляется путем измерения спектральных характеристик рентгеновского излучения составляющих его элементов. [9]

Измерение толщины покрытия, в принципе, может быть осуществлено двумя способами: по интенсивности характеристического излучения или покрытия, или основы, на которую оно нанесено.

На рисунке 6 приведена фотография опытного образца РФА-толщиномера. Прибор состоит из рентгеновской трубки (1), высоковольтного блока питания трубки (2), блока обработки информации (3), устройства фиксации (4) и футляра для переноски (5). В качестве блока обработки

информации может использоваться малогабаритное спектрометрическое устройство СКС-08П «Колибри» со встроенным дисплеем или цифровое спектрометрическое оборудование. [10]

Примеры Рентгенфлуоресцентных толщиномеров

Портативный ручной анализатор сплавов с рентгеновской трубкой X-MET 5000 Quick Sort



Рисунок 3 Портативный рентгенофлуоресцентный анализатор X-MET 5000 Quick Sort

PentaPin™ детектор высокого разрешения производства OXFORD INSTRUMENTS;

Рентгеновская трубка производства OXFORD INSTRUMENTS, родиевый анод;

Пыле-влагозащищенный корпус (IP 54);

Диапазон измеряемых элементов: от Ti до Bi.

Рентгенофлуоресцентный анализатор



Рисунок 4 Рентгенофлуоресцентный толщиномер покрытий Compact
Описание.

Рентгенофлуоресцентные толщиномеры покрытий Compact Eсо и Compact Eсо PIN- новая линейка рентгено-флуоресцентных толщиномеров гальванических покрытий для измерения толщины и химического состава позволяет решать широкий спектр задач пользователя.

Быстрый, неразрушающий анализ толщины многослойных покрытий и определение химического состава без предварительной подготовки поверхности.

Диапазон измеряемых элементов от Ti22 до U92.

Преимущества:

1. Соотношение цена/качество
2. Простота использования
3. Возможность работы в режиме 24/7

Области применения:

1. Анализ гальванических и химических покрытий
2. Анализ ювелирных изделий
3. Входной контроль химического состава различных сплавов
4. Анализ электролитов

Технические характеристики:

Диапазон измеряемых элементов: Ti-U

Количество слоев: 5 слоев (4 слоя + основание)

Анализ химического состава одновременно: 20 элементов

Коллиматоры: 0,3 мм или 0,5 мм 0,3 мм; 0,5 мм; 0,4 мм; 0,1x0,3 мм

Максимальный размер образца: 380x370x100 мм

Перемещение измерительной головки по оси Z: 60 мм

Измерительный столик: Фиксированный, механический, моторизированный (240x240 мм)

1.5 Радиоизотопный измеритель поверхностной плотности экранных покрытий мт 01

Плотномер покрытий радиоизотопный мт-01м

Описание и работа измерителя плотности покрытия

Плотномер покрытий радиоизотопный МТ-01 предназначен для измерения поверхностной плотности (или массовой толщины) экранно-защитных (ЭЗП).

Устройство и принцип работы

Прибор конструктивно состоит из измерительного и электронного блоков. Структурная схема прибора приведена на рисунке 10.

Блок измерительный (БИ) предназначен для получения первичной информации в требуемой геометрии контроля и защиты персонала от излучения.

Измерительный блок прибора содержит источник ионизирующего излучения на основе радионуклида Америций 241 (^{241}Am). Источник представляет собой сварную капсулу в виде диска из нержавеющей стали. Радионуклид Америций – 241 нанесен на керамическую матрицу, прокаленную при температуре 800 °С, помещаемую в стальную капсулу.

- активность источника номинальная, Бк..... $8,3 \cdot 10^8$;
- габаритные размеры источника, мм:
 - диаметр.....6;
 - высота.....6;
- активность радиоактивных веществ, снятых с поверхности источника при определении уровня радиоактивного загрязнения (УРЗ) источника составляет, не более 5 нКи (185 Бк).

- назначенный срок службы источника составляет 15 лет с даты его изготовления.

- максимальная мощность экспозиционной дозы ионизирующего излучения в любом направлении, кроме направления прямого пучка ионизирующего излучения, не более 3 мкЗв/ч (0,3 мбэр/ч) на поверхности блока измерительного и не более 0,3 мкЗв/ч (0,03 мбэр/ч) на расстоянии 1 м от него.

Блок электронный (БЭ) предназначен для обработки сигналов, поступающих с измерительного блока и обеспечения питающими напряжениями электронных схем прибора. Принцип работы

Измерение поверхностной плотности прибором основано на измерении интенсивности флуоресцентного излучения тяжёлых элементов, входящих в состав экранно-защитного покрытия, возбуждённого первичным излучением радиоактивного изотопного источника. С увеличением толщины ЭЗП увеличивается интенсивность флуоресцентного излучения. С целью выделения флуоресцентного излучения на фоне излучения, рассеянного основанием и связующим ЭЗП, детектор работает в спектрометрическом режиме. Измеритель поверхностной плотности покрытия работает следующим образом.

В измерительном блоке (поз.1, рис. 10) радиоактивный изотопный источник излучения (поз. 3) облучает измеряемую поверхность изделия (поз. 4). Флуоресцентное и рассеянное излучением изделие попадает на сцинтилляционный кристалл (поз.5). Выходящая с детектора последовательность электрических импульсов, амплитуда которых пропорциональна энергии зарегистрированных квантов излучения, усиливается предварительным усилителем (поз. 8) и по соединительному кабелю поступает в блок электронный (поз. 2) на усилитель формирователь платы амплитудного анализа. С помощью дифференциального дискриминатора из всей совокупности поступающих импульсов выделяются импульсы, амплитуда которых соответствует энергии квантов флуоресцентного излучения.

Структурная схема измерителя представлена на рисунке 5.

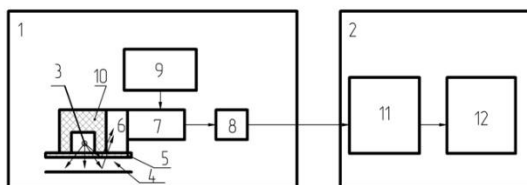


Рис. 2. Структурная схема измерителя толщины покрытий ТКП-01

1 - блок измерительный (БИ); 2 - блок электронный (БЭ);
 3 - радиоизотопный источник Am-241; 4 - объект контроля; 5 - покрытие;
 6 - сцинтилляционный кристалл; 7 - фотоумножитель; 8 - усилитель-формирователь;
 9 - источник высоковольтного питания ФЭУ; 10 - защитный контейнер;
 11 - амплитудно-цифровой спектрометрический преобразователь
 12 - персональный компьютер

Рисунок 5 Структурная схема

Описание основных узлов прибора

Блок измерительный

Измерительный блок предназначен для получения первичной информации в требуемой геометрии контроля и защиты персонала от излучения.

Измерительный блок состоит из:

- корпуса;
- радиоизотопного источника;
- сцинтилляционного детектора;
- источника высокого напряжения для питания ФЭУ;
- предварительного усилителя.

Перевод РИП в положение «хранение» осуществляется закрытием рабочего окна с помощью защитной заглушки.

Блок электронный

Блок электронный предназначен для обработки сигналов, поступающих с измерительного блока, и обеспечения питающими напряжениями электронных схем прибора.

Блок электронный состоит из:

- платы амплитудного анализа;
- платы обработки сигнала и индикации;
- блока питания.

Маркировка

Маркировка прибора произведена в соответствии с ГОСТ 222682

На передней панели расположены и обозначены:

- наименование прибора Измеритель поверхностной плотности МТ-01;
- кнопка «ПУСК»;
- тумблер «СЕТЬ»;
- программирующий переключатель «МАСШТАБ»;
- программирующий переключатель «КОМПЕНСАЦИЯ»;
- размерность измерения поверхностной плотности в единицах г/см^2 ;
- светодиод – индикатор включения питания прибора;
- светодиод – индикатор режима измерения;
- слева внизу заводской номер.

На задней панели расположены и обозначены:

- разъём «ДАТЧИК» для подключения измерительного блока;
- разъём «ВЫХОД» для контроля наличия аналогового сигнала, поступающего с измерительного блока;
- вставка плавкая 0,25 А;
- переключатель «НАБОР» для установки времени измерения;
- клемма «£» для заземления прибора;
- слева внизу – дата изготовления прибора.

Эксплуатационные ограничения

К работе с измерителем допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие специальный медицинский осмотр и обученные правилам ведения работ, применению средств радиационной защиты, а также правилам личной профилактики.

Запрещено применять измеритель с неисправными соединительными кабелями и сетевым шнуром. Перед включением прибора следует убедиться в отсутствии нарушений изоляции в соединительном кабеле и сетевом шнуре.

Во время работы с измерителем должны выполняться «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99».

При проведении измерений при обслуживании, наладке и поверке измеритель должен быть заземлён.

При использовании прибора в общих производственных помещениях должны соблюдаться следующие мероприятия:

- Внимание: при работе и проведении проверки рабочий торец измерительного блока следует направлять в сторону земли или в сторону, где отсутствуют люди;

- необходимо обеспечивать наибольшее удаление измерительного блока от обслуживающего персонала и других лиц;

- по возможности сокращать время работы;

- при необходимости использовать защитные экраны.

Максимальное значение мощности эквивалентной дозы ионизирующего излучения в любом направлении, кроме направления прямого пучка ионизирующего излучения, должно быть не более 100 мкЗв/ч (10 мбэр/ч) вплотную к поверхности блока с источником ионизирующего излучения и не более 3 мкЗв/ч (0,3 мбэр/ч) на расстоянии 1 м. от поверхности РИП.

Каждый работник должен иметь индивидуальный дозиметр.

Право производить перезарядку источника излучения имеет только производитель РИП.

Категорически запрещается:

- оставлять прибор без присмотра;

- открывать защитную заглушку измерительного блока, если не проводятся измерения;

- работать без индивидуального дозиметра;

- оставлять прибор включённым в сеть при прекращении подачи электроэнергии;

- вскрывать измерительный и электронный блоки измерителя, не отключив его предварительно от сети;

- отвинчивать коллиматор входного пучка и вынимать контейнер с радиоизотопным источником.

Подготовка измерителя поверхностной плотности к работе и порядок работы

Подготовка к работе

Возле рабочего места не должно быть сильных источников магнитных и электрических полей.

Путём внешнего осмотра убедитесь в исправности прибора, проверьте комплектность, состояние сетевого шнура и соединительного кабеля.

Заземлите прибор.

Установите тумблер «СЕТЬ» в нижнее положение.

Подсоедините кабель от измерительного блока к разъёму «ДАТЧИК» на задней панели электронного блока.

Подключите прибор к сети переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц.

Установите тумблер «СЕТЬ» в верхнее положение, при этом должен засветиться светодиод индикации включения питания прибора.

Прогрейте прибор в течение 30 минут.

Проверка фактического наличия источника излучения в измерительном блоке.

Установите на переключателе «МАСШТАБ» значение 99, а на переключателе «КОМПЕНСАЦИЯ» число 000. При этом защитную заглушку снимать не следует.

Нажмите кнопку «ПУСК» на передней панели блока электронного, при этом на передней панели и на измерительном блоке должны засветиться индикаторные светодиоды, сигнализирующие о том, что идёт процесс измерения.

После окончания цикла измерения индикаторные светодиоды гаснут, а на цифровом трёхразрядном табло индицируется результат. Если на табло индицируется ненулевой результат, то источник излучения находится в приборе. Нулевой результат измерения свидетельствует об отсутствии

источника излучения в измерительном блоке и невозможности проведения измерений объекта контроля.

Порядок работы измерителя

Калибровка

Установите переключатель «СЕТЬ» в верхнее положение. Снимите защитную заглушку с измерительного блока и установите его рабочим торцом

на стандартный образец. Установите на переключателе «МАСШТАБ» значение 99, а на переключателе «КОМПЕНСАЦИЯ» число 000.

Установите на рабочий торец измерительного блока образец СОП1. Нажмите кнопку «ПУСК» на передней панели электронного блока, при этом на передней панели и измерительном блоке должны засветиться светодиоды, сигнализирующие о том, что идёт процесс измерения и перемещение измерительного блока относительно контролируемого изделия запрещено.

После окончания цикла измерения индикаторные светодиоды гаснут, а на цифровом табло индицируется результат.

Повторите измерения не менее 10 раз и вычислите среднее значение N_1 для образца СОП1. Повторите аналогичные операции для образца СОП13.

Установите на переключателе «МАСШТАБ» масштабный коэффициент m , который находится из соотношения

$$m=99(\gamma_{13}-\gamma_1)/(N_{13}-N_1),$$

где: γ_{13} и γ_1 – поверхностная плотность, соответственно, образцов СОП13 и СОП1;

N_{13} и N_1 – показания прибора на, соответственно, на образцах СОП13 и СОП1.

Установите на переключателе «КОМПЕНСАЦИЯ» компенсирующее значение отсчёта K из соотношения

$$K = 100 (N_1 - 99 * \gamma_1 / m),$$

округлив его до ближайшего целого.

Измерение

Снимите защитную заглушку с измерительного блока и установите его рабочим торцом на контролируемый участок изделия.

Нажмите кнопку «ПУСК» на передней панели блока электронного. При этом на передней панели электронного блока и на измерительном блоке должны засветиться индикаторные диоды режима измерения. После окончания цикла измерения индикаторные светодиоды гаснут, а на цифровом табло индицируется результат измерения поверхностной плотности покрытия в данной точке изделия. Занесите результат измерения в журнал и протокол контроля.

Снимите измерительный блок с контролируемого изделия.

Закройте рабочий торец защитной заглушкой.

Контроль и обслуживание измерителя поверхностной плотности

В организациях, использующих РИП, проводятся:

- ежедневно: перед началом работы визуальный осмотр с проверкой сохранности замков блока измерительного;
- еженедельно: проверка наличия источника в блоке измерительном;
- ежеквартально: измерение мощности эквивалентной дозы на поверхности РИП и на расстоянии 1 м. от него.

Подготовка измерителя к работе

Путём внешнего осмотра убедиться в исправности прибора, проверить комплектность, состояние сетевого шнура и соединительного кабеля. Убедиться, что выключатель S1 СЕТЬ находится в положении ВЫКЛЮЧЕНО. Соединить кабелем БИ с БЭ. Подключить измеритель через кабель питания к сети переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц. Вставить электронный ключ программы Spectraline в гнездо USB.

Установить выключатель S1 СЕТЬ в положение ВКЛЮЧЕНО. Нажать клавишу включения питания на компьютере. Дождаться загрузки операционной системы. [11]

1.6 Взаимодействие гамма-излучения с веществом

Рентгеновские или гамма-лучи, или общее название электромагнитные волны с короткими длинами волн, которые обладают большой проникающей способностью в веществе. Различные названия рентгеновские и гамма лучи -- связаны не с различными физическими свойствами этих лучей, а со способом их получения. Наиболее часто употребляется гамма-излучение, которое не является самостоятельным видом радиоактивности, а только сопровождает альфа- и бета- распады. Гамма-излучение испускается дочерним ядром. Дочернее ядро в момент своего образования оказывается возбуждённым, а затем за время оно переходит в основное состояние с испусканием гамма-излучения. Возвращаясь в основное состояние, ядро может пройти через ряд промежуточных состояний, поэтому гамма-излучение может содержать несколько групп гамма-квантов, отличающихся значениями энергии. Гамма-кванты, обладая нулевой массой покоя, не могут замедляться в среде, они или поглощаются, или рассеиваются. Гамма-излучение не имеет заряда и тем самым не испытывает влияния кулоновских сил. При прохождении пучка гамма-квантов через вещество их энергия не меняется. Основными процессами, сопровождающими прохождение гамма-излучения через вещество, является фотоэффект, комптоновское рассеяние.

Оболочки обозначаются латинскими буквами.

- 1 оболочка ($n=1$) – К-оболочка;
- 2 оболочка ($n=2$) – L-оболочка;
- 3 оболочка ($n=3$) – M-оболочка;
- 4 оболочка ($n=4$) – N-оболочка;
- 5 оболочка ($n=5$) – O-оболочка;
- 6 оболочка ($n=6$) – P-оболочка.

При заполнении электронных слоев выполняется принцип Паули, согласно которому в атоме не может быть 2-х электронов с одинаковым значением всех квантовых чисел. Из этого следует, что на каждой орбитали, характеризующейся определенными значениями главного (n), орбитального

(l) и магнитного (m) квантовых чисел, может находиться не более 2-х электронов, спины которых имеют противоположные знаки. [12]

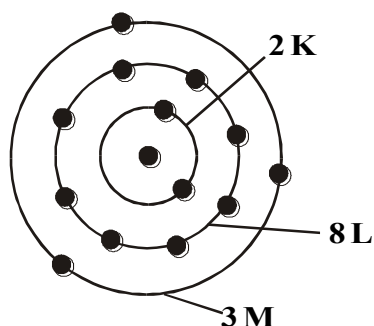


Рис. 6. Распределение электронов в атоме алюминия

Энергия связи электрона с ядром максимальна для внутренних орбит и, следовательно, нужно затратить большую энергию для ионизации внутренних электронов. Так, например, энергия связи К-электронов в свинце равна 82кэВ. Энергии, выделяющейся в источниках света (несколько десятков кэВ) недостаточно для ионизации К-оболочки. Для этого необходимо использовать γ -излучение с энергией большей 82кэВ (или рентгеновское излучение от трубки с напряжением более 82кэВ).

Фотоэффект – это вырывание электрона с К- оболочки под действием света.

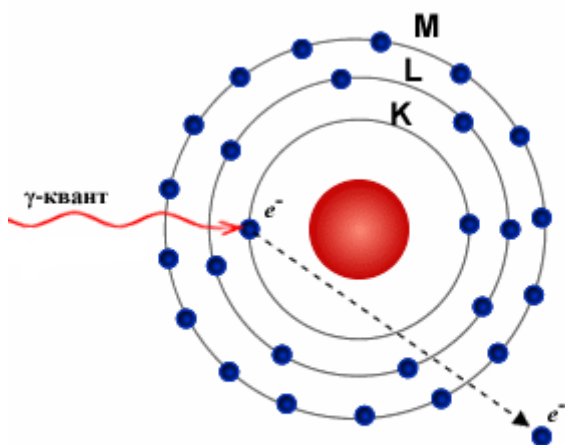


Рис 7. Фотоэффект.

Объяснение этих законов было дано Эйнштейном. Согласно ему, электромагнитное излучение представляет собой поток отдельных фотонов с энергией $h\nu$.

$$E=h\nu \quad (1)$$

h – постоянная планка, равна $6.63 \cdot 10^{-34}$ Дж*с

ν – частота падающего фотона.

Из закона сохранения энергии, при представлении света в виде частиц фотонов, следует формула Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2} \quad (2)$$

где A – работа выхода (минимальная энергия, необходимая для удаления электрона из вещества),

$\frac{mv^2}{2}$ – максимальная кинетическая энергия вылетающего электрона.

Суть формулы заключается в том, что энергия фотона расходуется на ионизацию атома вещества и на работу, необходимую для вырывания электрона, а остаток переходит в кинетическую энергию электрона. По теории Эйнштейна, поглощается квант света электрон приобретает энергию $h\nu$. При вылете из вещества энергия каждого электрона уменьшается на определенную величину, которую называют работой выхода. Работа выхода — это работа, которую необходимо затратить, чтобы удалить электрон из вещества. [13]

Эффект Комптона – это рассеяние фотонов на свободных электронах.

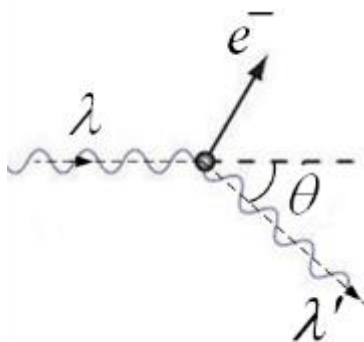


Рис.8 Комптоновское рассеяние

После взаимодействия с электроном оно меняет длину волны на λ' , а направление на θ относительно первоначального направления.

Комптоновская длина:

$$\lambda = \frac{h}{mc} \quad (3)$$

Где $\lambda = 2.4263 \cdot 10^{-12} \text{ м}$

Закон сохранения энергии в эффект Комптона:

$$\frac{hc}{\lambda} + mc^2 = \frac{hc}{\lambda'} + \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (4)$$

Флюоресценция – это поглощения света молекулами вещества молекула переходит из основного (невозбужденного) в возбужденное состояние. По существу, это означает переброс одного из двух р-электронов с низкой энергетической орбиты на более высокую без изменения спина. Каждый поглощенный молекулой квант света переводит электрон из основного состояния в возбужденное, причем вся энергия кванта поглощается в этом процессе электроном. Флуоресценция — испускание света веществом после поглощения им излучения обусловлено переходом молекул из возбужденного сингулярного состояния в основное состояние. Флуоресценция - один из видов люминесценции, затухающая, в отличие от фосфоресценции, в течение короткого времени после прекращения возбуждения. [14]

2. Экспериментальная часть

2.1 Химический состав ЭЗП (энергия характеристического уравнения)

Экранно–защитные покрытия (ЭЗП) используется в авиации и ракетостроении для защиты электронных узлов систем управления от воздействия радиации в диапазоне энергий до 100 КэВ. Постоянное развитие технологии нанесения таких покрытий сопровождается использование новых материалов, обеспечивающих большую эффективность защиты при меньшем весе. В настоящее время для повышения эффективности защиты используется химические элементы, у которых К-скачки коэффициенту ослабления лежат как раз в этой области энергий.

Процесс нанесения такого покрытия состоит в нанесении с помощью пульверизатора и дальнейшей полимеризации.

Обязательным элементом такой технологии является измерение массовой толщины покрытия в различных точках изделия.

Задача данной работы состоит в анализе защитных свойств покрытия, исследование энергетических зависимостей сечения взаимодействия гамма - квантов с энергией 122 КэВ от радиоизотопа Кобальт 57 с материалами покрытия ЭЗМ, энергетических спектров, возбуждаемых в покрытиях, разработке геометрии контроля покрытий.

Для расчета сечения взаимодействия использованы химические составы покрытий, приведенные в таблицах 1. [15]

Элемент	ЭЗМ-75
Основа	Эпокс, ЭД20, Э181 и отверд. ПО-300
Неодим	
Лантан	
Церий	30
Гадолиний	4,5
Иттербий	1,0
Кадмий	28
Висмут	4,0
Празеодим	

Таблица 1. Химический состав.

Описание материалов.

Кадмий – сорок восьмой элемент Периодической таблицы. Обозначение – Cd от латинского. Расположен в пятом периоде, IIВ группе. Относится к металлам. Заряд ядра равен 48



Рисунок 9. Общий вид Кадмия.

Атомная и молекулярная масса кадмия

Относительной молекулярная масса вещества (M_r) – это число, показывающее, во сколько раз масса данной молекулы больше $1/12$ массы атома углерода, а относительная атомная масса элемента (A_r) — во сколько

раз средняя масса атомов химического элемента больше 1/12 массы атома углерода. Поскольку в свободном состоянии кадмий существует в виде одноатомных молекул Cd, значения его атомной и молекулярной масс совпадают. Они равны 112,411.

E, МэВ	$\left(\frac{\mu}{p}\right)\tau, t$	$\left(\frac{\mu}{p}\right)^{KN}, t$	$\left(\frac{\mu}{p}\right)_{tot}, t$
0.01	121	0.164	124
0.015	39.5	0.162	41.3
0.02	17.5	0.159	18.8
0.026711	7.77	0.155	8.63
-	51.3	-	52.2
0.03	37.5	0.154	38.3
0.04	17.1	0.149	17.7
0.05	9.32	0.144	9.75
0.06	5.63	0.140	5.95
0.08	2.50	0.133	2.75
0.1	1.33	0.126	1.53

Таблица 2. Сечение для кадмия 48

Церий (химический символ — Ce) — химический элемент из группы лантаноидов, серебристый металл.



Рисунок 10. Общий вид церия

E, МэВ	$\left(\frac{\mu}{p}\right)\tau, t$	$\left(\frac{\mu}{p}\right)^{KN}, t$	$\left(\frac{\mu}{p}\right)_{tot}, t$
0.01	209	0.159	212
0.015	68.8	0.157	70.9
0.02	31.2	0.154	32.8
0.03	10.1	0.149	11.1
0.04	4.51	0.144	5.16
0.40443	4.38	0.144	5.03
-	26.0	-	26.6
0.05	14.6	0.140	15.1
0.06	8.94	0.136	9.33
0.08	4.10	0.129	4.38
0.1	2.20	0.123	2.42

Таблица 3. Сечение взаимодействия для церия 58

Электронная структура атома гадолиния Gd I содержит 64 электрона, размещенных на 14 оболочках.

E, МэВ	$\left(\frac{\mu}{p}\right)\tau, t$	$\left(\frac{\mu}{p}\right)^{KN}, t$	$\left(\frac{\mu}{p}\right)_{tot}, t$
0.01	271	0.157	275
0.015	89.6	0.154	91.9
0.02	41.4	0.151	42.9
0.03	13.7	0.146	14.7
0.04	6.17	0.142	6.89
0.05	3.29	0.137	3.83
0.050239	3.24	0.137	3.77
-	18.2	-	18.7
0.06	11.2	0.134	11.6
0.08	5.21	0.127	5.52
0.1	2.83	0.121	3.07

Таблица 4. Сечение взаимодействия для Гадолиний 64



Рисунок 11. Общий вид гадолиния.

ИТТЕРБИЙ— хим. элемент III группы периодической системы элементов; ат. н. 70, ат. м. 173,04; относится к редкоземельным элементам. Металл светло-серого цвета. В соединениях проявляет степени окисления + 2 и + 3.

Известны изотопы иттербия с массовыми числами от 166 до 177, из них стабильные изотопы — с массовыми числами 168, 170—174 и 176. И. открыл в 1878 швейц. химик Ж. Мариньяк. Содержание иттербий в земной коре 3 • 10⁻⁴ %. Осн. пром. минералами для получения металла служат ксенотим и эвксенит. Иттербий полиморфен, т-ра полиморфного превращения 798° С. Кристаллическая решетка низкотемпературной модификации — кубическая гранецентрированная с периодом $a = 5,4862 \text{ \AA}$, высокотемпературной — объемноцентрированная кубическая с периодом $a = 4,44 \text{ \AA}$.

Плотность 6,972 г/см³; $t_{пл} 816^\circ \text{ C}$; $t_{кип} 1193^\circ \text{ C}$; коэфф. теплопроводности 0,0673 кал/см х сек х град; теплоемкость 6,16 кал/г-атом х град; электрическое сопротивление 27 мком-см; работа выхода электронов 2,59 эв. Модуль норм. упругости 1820 кгс/мм²; НВ — 20 (литого). Иттербий легко поддается мех. обработке. По физико-химическим свойствам иттербий близок к щелочноземельным металлам — кальцию, барию и стронцию.

Химически активен; взаимодействует с кислородом, галогенами, серой, азотом, водородом и др. Очень быстро окисляется на воздухе, превращаясь в белый порошок. Сплавляется со мн. металлами, плавят его в инертной среде или в вакууме. Получают И. металлотермическим восстановлением. Окислы

И. восстанавливают лантаном при t -ре $1000\text{—}1500^\circ\text{C}$ и затем дистиллируют для получения металла чистотой выше $99,0\%$. И. выпускают в виде небольших слитков. Чистый И. используют для исследовательских целей. Применение окислов и солей И. перспективно в радиоэлектронике в качестве кристалло-фосфоров и люминофоров.

$E, \text{МэВ}$	$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)\tau, t$	$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)^{KN}, t$	$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{tot}, t$
0.01	299	0.156	303
0.010489	263	0.156	267
-	304	-	309
0.015	116	0.153	119
0.02	53.6	0.151	55.7
0.03	18.0	0.145	19.2
0.04	8.21	0.141	9.01
0.05	4.38	0.137	4.98
0.06	2.63	0.133	3.10
0.061332	2.48	0.132	2.94
-	13.2	-	13.7
0.08	6.51	0.126	6.86
0.1	3.55	0.120	3.79

Таблица 5. Сечение взаимодействия для Иттербий 7



Рисунок 12. Общий вид Иттербий.

Висмут — химический элемент 15-й группы (по устаревшей классификации — главной подгруппы пятой группы) шестого периода элементов; имеет атомный номер 83. Обозначается символом **Bi**. Простое вещество представляет собой при нормальных условиях блестящий серебристый с розоватым оттенком металл. Висмут — металл серебристо-белого цвета с розоватым оттенком. Известно большое количество аллотропных модификаций висмута, которые имеют место при высоком давлении. Существует восемь кристаллографических модификаций висмута. При давлении 2,57 ГПа и температуре +25 °С кристаллическая решётка висмута претерпевает полиморфное превращение из ромбоэдрической в моноклинную с параметрами решётки $a = 0,6674$ нм, $b = 0,6117$ нм, $c = 0,3304$ нм, $\beta = 110,33^\circ$, пространственная группа $C2m$. При давлениях 2,72 ГПа, 4,31 ГПа и около 5 ГПа также происходят полиморфные превращения кристаллической решётки висмута. При давлении 7,74 ГПа висмут имеет кубическую решётку, пространственная группа $Im\bar{3}m$ с параметром решётки $a = 0,3800$ нм. В интервале давлений 2,3—5,2 ГПа и температур 500—580 °С висмут имеет тетрагональную решетку с параметрами $a = 0,657$ нм, $c = 0,568$ нм. При давлении 30 ГПа также обнаружено полиморфное превращение. [16]

Е, МэВ	$\left(\frac{\mu}{p}\right)_{\tau, t}$	$\left(\frac{\mu}{p}\right)^{KN, t}$	$\left(\frac{\mu}{p}\right)_{tot, t}$
0.01	130	0.153	135
0.013420	58.8	0.151	62.5
0.015	114	0.150	118
0.015714	102	0.150	105
-	141	-	144
0.016391	125	0.150	129
-	146	-	149
0.02	86.2	0.148	88.5
0.03	29.7	0.143	31.3

0.04	13.7	0.138	14.8
0.05	7.49	0.134	8.24
0.06	4.58	0.131	5.16
0.08	2.06	0.124	2.46
0.090526	1.46	0.120	1.79
-	7.00	-	7.32
0.1	5.39	0.118	5.68

Таблица 6. Сечение взаимодействия для Висмут 83

E, МэВ	ЭЗМ			
	$\left(\frac{\mu}{p}\right)_{tot, t}$		$\left(\frac{\mu}{p}\right)_{\sigma, t}$	
	Без смолы	С учетом смолы	Без смолы	С учетом смолы
0.01	117.48	119.7	0.12001	2.3474
0.0104	9.89	9.89	-	-
	11	11		
0.0134	6.28	6.28	-	-
	6.99	6.99		
0.015	42.42	43.16	0.15898	0.9062
0.0157	3.36	3.36	-	-
	3.80	3.80		
0.0163	3.10	3.10	-	-
	3.90	3.90		
0.02	22.73	23.15	0.10265	0.5267
0.0267	9.48	9.48	-	-
	22.3	22.3		
0.03	16.074	16.32	0.09934	0.3536
0.04	7.5707	7.77	0.09603	0.3054
0.0404	7.30	7.30	-	-

	13.2	13.2		
0.05	7.7926	7.98	0.09313	0.2838
0.0502	5.28	5.28	-	-
	6.41	6.41		
0.06	5.1664	5.34	0.09057	0.2699
0.0613	4.21	4.21	-	-
0.08	2.4718	2.63	0.8595	0.2502
0.0905	1.42	1.42	-	-
	1.73	1.73		
0.1	1.5423	-	0.08171	0.8466

Таблица 7 Результаты расчетов сечения взаимодействия для ЭЗМ



Рисунок 13. Коэффициент ослабления для покрытия ЭЗМ.

Из анализа рисунков видно, что в области энергии до 100 КэВ полный коэффициент ослабления сохраняет примерно постоянное значение в области энергий до 100 КэВ. То есть покрытия действительно являются эффективными ослабителями рентгеновского излучения до 100 КэВ

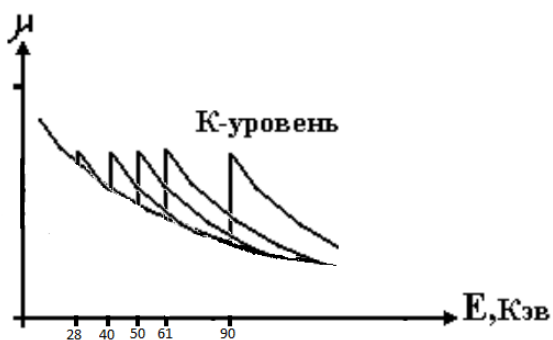


Рисунок 14. Общий вид коэффициента ослабления.

Расчет спектров характеристического излучения от покрытия.

При фотоэлектрическом взаимодействии гамма квантов возникает характеристическое излучение.

В работе исследованы спектры характеристического излучения, возбуждаемого в покрытиях под действие гамма квантов с энергией 122 КэВ от изотопа Кобальт 57. При определении формы спектров учитывалось относительное содержание каждого элемента и энергетического разрешения сцинтилляционного детектора на основе кристалла NaI(Tl), составляющее 15%.

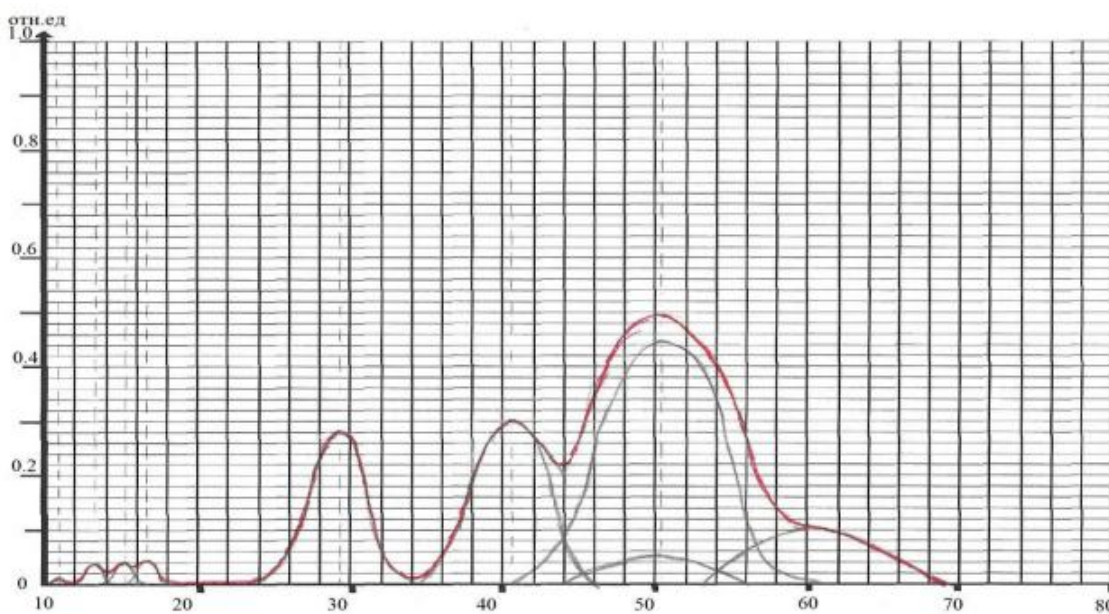


Рисунок 15 Спектр характеристического излучения для покрытия ЭЗМ [http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C36/V1/018.pdf]

Для измерения в спектрах покрытий выбираются диапазоны энергий, в пределах которых измеряется общее количество квантов

характеристического излучения. С увеличением толщины покрытия количество тяжелых элементов увеличивается, и, следовательно, общее количество квантов характеристического излучения увеличивается. Из графика зависимости числа зарегистрированных в детекторе квантов от толщины покрытия. Видно, что с увеличением толщины покрытия полное количество квантов характеристического излучения увеличивается, но увеличение идет с насыщением. При увеличении толщины покрытия вклад квантов флуоресцентного излучения, образующихся в дальних слоях, уменьшается из-за поглощения самим покрытием первичного излучения и выходящих из глубины квантов характеристического излучения.

Из анализа рисунков видно, что в области 100Кэв полный коэффициент ослабления сохраняется при значении около 100 Кэв. То есть покрытие эффективно до энергии 100 Кэв.

2.3 Описание толщиномера МТ 01М

Плотномер покрытий радиоизотопный МТ-01 предназначен для измерения поверхностной плотности (или массовой толщины) экранно-защитных (ЭЗП).

Измерение поверхностной плотности прибором основано на измерении интенсивности флуоресцентного излучения тяжёлых элементов, входящих в состав экранно-защитного покрытия, возбуждённого первичным излучением радиоактивного изотопного источника. С увеличением толщины ЭЗП увеличивается интенсивность флуоресцентного излучения. С целью выделения флуоресцентного излучения на фоне излучения, рассеянного основанием и связующим ЭЗП, детектор работает в спектрометрическом режиме.

Измеритель поверхностной плотности покрытия работает следующим образом.

В измерительном блоке радиоактивный изотопный источник излучения облучает измеряемую поверхность изделия. Флуоресцентное и рассеянное изделием излучение попадает на сцинтилляционный кристалл. Выходящая с

детектора последовательность электрических импульсов, амплитуда которых пропорциональна энергии зарегистрированных квантов излучения, усиливается предварительным усилителем и по соединительному кабелю поступает в блок электронный на усилитель формирователь платы амплитудного анализа. [17] С помощью дифференциального дискриминатора из всей совокупности поступающих импульсов выделяются импульсы, амплитуда которых соответствует энергии квантов флуоресцентного излучения.

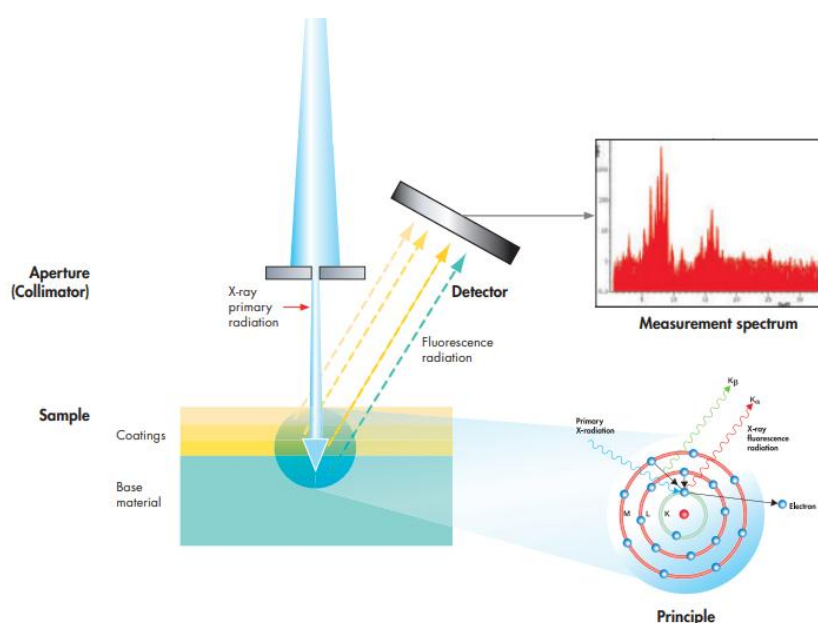


Рисунок 16 Метод работы измерителя поверхностной плотности

Процесс начинается гамма излучением, полученными от изотопа Кобальт-57. Когда первичные гамма лучи ударяют по образцу, атом поглощает их. Поскольку атомы в образце поглощают гамма лучи, вся энергия передается электрону. Эта энергия удаляет его из атома и оставляет атом в неустойчивом состоянии. Вернувшись в стабильное состояние, электроны из внешней оболочки попадают во внутреннюю оболочку, а затем выдают характерные рентгеновские лучи. Затем детектор излучения измеряет это вторичное излучение. Путем сортировки энергий гамма лучей, полученных детектором, производится спектр гамма излучения. [18] Из комбинации

материала покрытия / подложки образца получается спектр. На рисунке 23 приведены примеры.

Так как данный прибор должен быть использован в космосе для различных покрытий и комбинированных покрытий таких как золото, никель, ЭЗП-75 и т.д. он должен быть быстрым, надежным и точным. Неразрушающий метод, который эффективен при измерении толщины покрытия, представляет собой рентгеновский снимок флуоресценции. [19] Измеритель поверхностной плотности представляет собой машину, предназначенную для измерения толщины слоя. Принцип, используемый устройством, заключается в следующем: Изотоп ^{57}Co облучает образец, и происходит рентгеновская флуоресценция детектор подсчитывает входящие рентгеновские фотоны и количество их энергии. Регистрируется спектр флуоресценции рентгеновских лучей. На рисунке 17 показана функциональная схема устройства. Вес устройства, включая его компьютер, меньше чем 4 кг. Изотоп Кобальт-57 имеет максимальное напряжение 122 кэВ. Предусилитель и усилитель были разработаны специально для этого устройства. Программное обеспечение было написано для использования оператором, не обладающая специальными навыками простая кнопка интерфейс. [20]

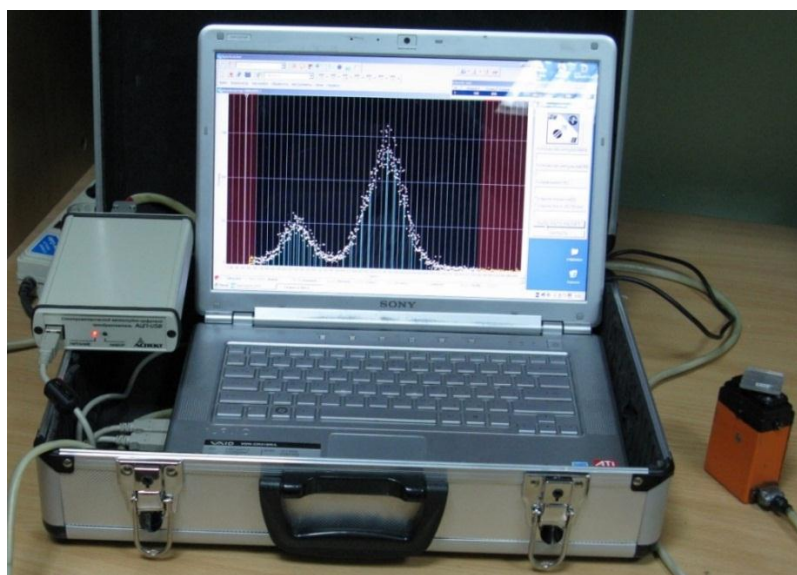


Рисунок 17 Общий вид толщиномера МТ 01М

Маркировка прибора

На передней панели расположены и обозначены:

- наименование прибора Измеритель поверхностной плотности МТ-01М;
- кнопка «ПУСК»;
- тумблер «СЕТЬ»;
- программирующий переключатель «МАСШТАБ»;
- программирующий переключатель «КОМПЕНСАЦИЯ»;
- размерность измерения поверхностной плотности в единицах г/см^2 ;
- светодиод – индикатор включения питания прибора;
- светодиод – индикатор режима измерения;
- слева внизу заводской номер.

На задней панели расположены и обозначены:

- разъём «ДАТЧИК» для подключения измерительного блока;
- разъём «ВЫХОД» для контроля наличия аналогового сигнала, поступающего с измерительного блока;
- вставка плавкая 0,25 А;
- переключатель «НАБОР» для установки времени измерения;
- клемма «£» для заземления прибора;
- слева внизу – дата изготовления прибора.

2.4 Измерительный блок

Блок измерительный

Измерительный блок предназначен для получения первичной информации в требуемой геометрии контроля и защиты персонала от излучения.

Измерительный блок состоит из:

1. Корпуса [Приложение б];
2. Радиоизотопного источника Кобальта 57;
3. Сцинтилляционного детектора;
4. источника высокого напряжения для питания ФЭУ;
5. предварительного усилителя.

Процесс начинается гамма излучением, полученными от изотопа Кобальт-57. Когда первичные гамма лучи ударяют по образцу, атом поглощает их. [21] Поскольку атомы в образце поглощают гамма лучи, вся энергия передается электрону. Эта энергия удаляет его из атома и оставляет атом в неустойчивом состоянии. Вернувшись в стабильное состояние, электроны из внешней оболочки попадают во внутреннюю оболочку, а затем выдают характерные рентгеновские лучи. Затем детектор излучения измеряет это вторичное излучение. Путем сортировки энергий гамма лучей, полученных детектором, производится спектр гамма излучения. Из комбинации материала покрытия / подложки образца получается спектр. На рисунке 18 приведены примеры.[22]

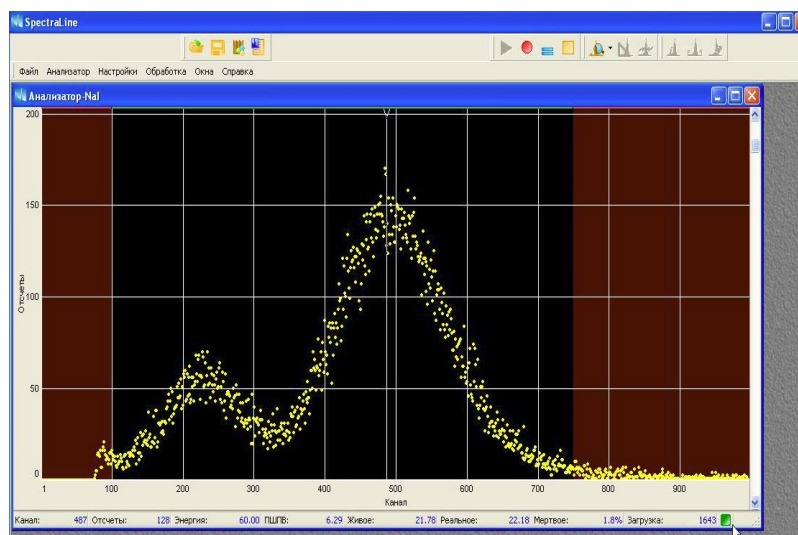


Рисунок 18 Набор спектра

Изотопы кобальта — разновидности атомов химического элемента кобальта, имеющие разное содержание нейтронов в ядре. В природе кобальт встречается в виде единственного стабильного изотопа ^{59}Co . Наиболее долгоживущий из них и имеющий важные практические применения — кобальт-60 с периодом полураспада 5,2714 лет. Изотопы с массовыми числами менее 59 в основном распадаются по позитронному типу распада или через электронный захват, при этом дочерними ядрами являются изотопы железа; с массовыми числами более 59 — распадаются по электронному типу распада, порождая изотопы никеля.[23]

Кобальт-57 — очень удобный источник гамма-излучения, так как легко получить заданную активность излучателя, подвергая природный кобальт нейтронному облучению в ядерных реакторах на нужное время. В гамма-спектре его имеются 2 спектральные линии с хорошо известными энергиями и относительными интенсивностями, что удобно для калибровки спектрометров и детекторов гамма-излучения.

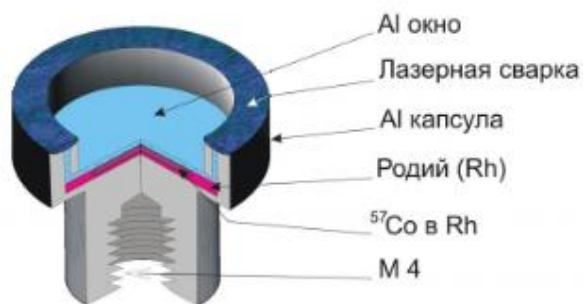


Рисунок 19 Кобальт 57

2.5 Сцинтиллятор, описание конструкции преобразователя

Сцинтилляторы — вещества, обладающие способностью излучать свет при поглощении ионизирующего излучения, гамма-квантов. Как правило, излучаемое количество фотонов для данного типа излучения приближённо пропорционально поглощённой энергии, что позволяет получать энергетические спектры излучения. Сцинтилляционные детекторы ядерных излучений — основное применение сцинтилляторов. В сцинтилляционном детекторе свет, излученный при сцинтилляции, собирается на фотоприёмнике это фотокатод фотоэлектронного умножителя — ФЭУ преобразуется в импульс тока, усиливается и записывается.[25]

Сцинтиллятор может быть органическим или неорганическим (кристаллы или стекла). Используются также газообразные сцинтилляторы. В качестве органических сцинтилляторов часто используются антрацен ($C_{14}H_{10}$), стильбен ($C_{14}H_{12}$), нафталин ($C_{10}H_8$). Жидкие сцинтилляторы обычно известны под фирменными именами (например, NE213).

С помощью сцинтилляционных счетчиков можно измерять

энергетические спектры электронов и γ -лучей. Для измерения спектров тяжелых заряженных частиц (α -частицы и др.) обычно используют CsI. По сравнению с NaI, он существенно менее гигроскопичен и не требует защитного кожуха, в котором заряженные частицы теряют свою энергию. [26]



Рисунок 20 Сцинтиллятор и фотоэлектронный фотоумножитель(ФЭУ)

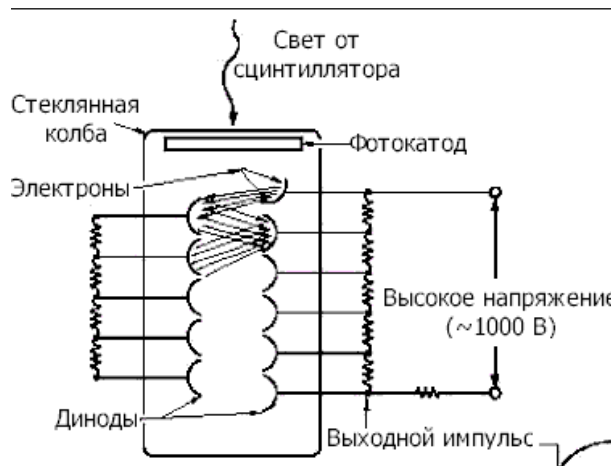


Рисунок 21 Устройство ФЭУ

Фотоны, возникшие в сцинтилляторе под действием заряженной частицы, по световоду достигают ФЭУ и через его стеклянную стенку попадают на фотокатод. ФЭУ представляет собой баллон, внутри которого в вакууме располагается фотокатод и система последовательных динодов, находящихся под положительным увеличивающемся от динода к диноду электрическим потенциалом. В результате фотоэффекта из фотокатода вылетают электроны, которые затем, ускоряясь в электрическом поле, направляются на систему динодов, где за счет вторичной (ударной)

электронной эмиссии образуют нарастающую от динода к диноду электронную лавину, поступающую на анод.

Монокристаллический йодистый натрий, активированный таллием, открыт Р.Хофштадтером более пятидесяти лет назад. Этот сцинтиллятор отличается высоким световыходом — на образование одного фотона в нем затрачивается около 25 эВ. Спектр люминесценции хорошо согласуется со спектральной чувствительностью стандартных фотокатодов ФЭУ. Монокристалл имеет высокую прозрачность к свету собственного излучения и сравнительно прост в изготовлении. Большим недостатком кристалла является его высокая гигроскопичность.

Параметр	Значение
Плотность, г/см ³	3.67
Точка плавления, К	924
Коэффициент температурного расширения, С ⁻¹	47.7 * 10 ⁻⁶
Ориентация кристалла	<100>
Твердость	2
Гигроскопичность	да
Максимальная длина волны излучения, нм	415
Коэффициент преломления при максимальном излучении	1.85
Время спада, нс	250
Световыход, фотон/кэВ	38
Температурная зависимость световыхода	-3%/°С

Таблица 8 Свойства сцинтилляционного кристалла NaI(Tl)



Рисунок 22 Вид сцинтиллятора NaI(Tl) Ø10X10

2.6 Измерительный преобразователь

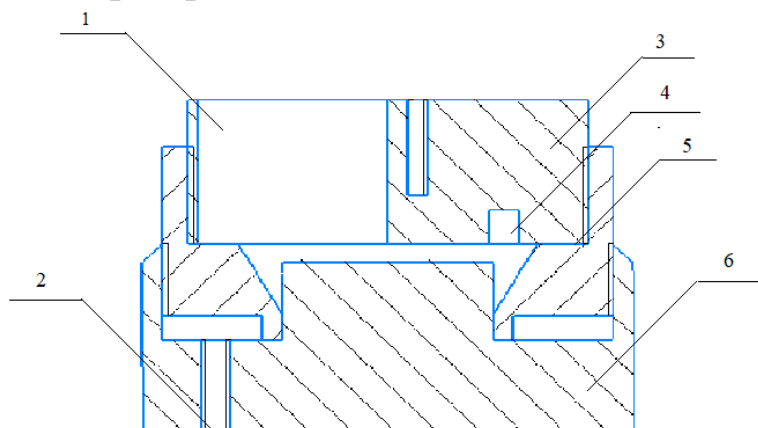


Рисунок 23 Общий вид преобразователя

На рисунке 23 приведена схема преобразователя для радиоизотопного толщиномера МТ 01М. Преобразователь состоит из сцинтилляционного кристалла NaI(Tl) $\varnothing 10 \times 10$ (1), болт М3 (2), контейнера WCu (3), изотопа кобальт 57 (4), прокладка (5), защитная крышка от ионизирующего излучения (6). Основой измерительного преобразователя является радиоизотоп Кобальт 57 (4) с энергией квантов 122 кэВ закрепленный в контейнере WCu (3) и сцинтилляционный кристалл NaI(Tl) $\varnothing 10 \times 10$ (1).

Поток квантов с энергией 122 кэВ, выходящий из изотопа Кобальт 57 (4) попадает на экранно-защитный слой. В следствие чего возникает флуоресцентное излучение в покрытии, которое улавливается сцинтилляционным кристаллом NaI(Tl) $\varnothing 10 \times 10$ (1) световые кванты, возникшие в сцинтилляторе под действием заряженной частицы, достигают ФЭУ и через его стеклянную стенку попадают на фотокатод. ФЭУ представляет собой баллон, внутри которого в вакууме располагается фотокатод и система последовательных динодов, находящихся под положительным увеличивающемся от динода к диноду электрическим потенциалом. В результате фотоэффекта из фотокатода вылетают электроны, которые затем, ускоряясь в электрическом поле, направляются на систему динодов, где за счет вторичной (ударной) электронной эмиссии образуют нарастающую от динода к диноду электронную лавину, поступающую на

анод. Обычно коэффициент усиления ФЭУ (число электронов, достигших анода при выбивании из фотокатода одного электрона) составляет 10^5 - 10^6 , что позволяет получить на выходе ФЭУ легко регистрируемый электрический импульс.

Крышка (6) предназначена для защиты оператора от ионизирующего излучения в нерабочем состоянии.

№	Поверхностная плотность	n
0	0	24363
1	41.61	81191
2	46.56	85955
3	67.03	100346
4	88.83	112508
5	89.66	114859
6	99.18	118485
7	102.37	121562
8	112.76	125955
9	129.64	130783
10	143.98	134858
11	189.40	140692
12	201.55	144881
13	215.13	146598
14	256.74	150426
15	302.94	152808
16	402.22	155725
17	491.01	156543

Таблица 9 Результаты проведенного эксперимента.

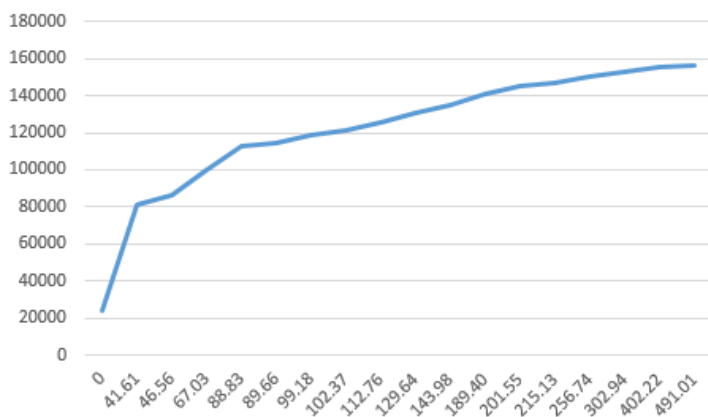


Рисунок 24 Зависимость числа квантов от толщины покрытия

После проведения исследования были получены следующие результаты (таблица 9) По полученным значениям построен график, который приведен на рисунке 24. Для математического описания зависимости подобрано математическое отношение зависимости количества фотонов от гаммы.



Рисунок 25 Готовый образец (контейнер вид с низу)



Рисунок 26 Готовый образец (контейнер вид с верху)



Рисунок 27 Готовый образец (крышка)

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности научно–исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

3.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Результатом разработки является система цифровой радиографии для оценки параметров и характеристик сталеалюминевых проводов ВЛЭП.

Сегмент рынка, в котором будут использоваться разработки системы цифровой радиографии, так же полученные результаты исследований и рекомендации можно использовать в учебных заведениях и аттестационных центрах по НК.

3.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Для этого необходимо отобрать не менее трех–четырёх конкурентных товаров и разработок.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Из расчетов следует, что ресурсоэффективность технологии систем цифровой радиогрaфии по основным пунктам несколько выше, чем у остальных методов.

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критер	Баллы	Конкурентоспособность
-----------------	------------	-------	-----------------------

	ия	Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,2	5	5	3	1	1	0,6
2. Безопасность	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
3. Соответствие заявленным требованиям	0,04	4	4	5	0,16	0,16	0,2
4. Функциональность	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,2
5. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,15	5	4	1	0,75	0,6	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Конкурентоспособность системы	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
7. Уровень проникновения на рынок	0,05	4	4	5	0,2	0,2	0,25
8. Цена	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
9. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
10. Финансирование научной разработки	0,04	4	4	3	0,16	0,16	0,12
11. Обеспечение занятости	0,04	4	4	5	0,16	0,16	0,2
Итого	1						

Где сокращения: Б_ф – Система на основе плоскопанельных детекторов; Б_{к1} – Система на основе сканирующих линейных детекторах; Б_{к2} – Система на основе пленки.

3.2 SWOT–анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно–исследовательского проекта. SWOT–анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап – заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Все результаты отображены в матрице SWOT

Таблица 3.2.1 – Матрица SWOT

Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
<p>C1. Исследование возможности применения цифровой радиографии для выявления основных типов дефектов проводов</p> <p>C2. Разработка методики выбора энергии рентгеновского излучения применительно к цифровой радиографии проводов</p> <p>C3. Оценка точности измерения эффективных диаметров проводов</p> <p>C4. Возможность долгосрочного использования</p> <p>C5. Наличие бюджетного финансирования.</p>	<p>Сл1. Система перемещения протяженных объектов контроля</p> <p>Сл2. Выбор источника излучения и детектора</p> <p>Сл3. Фокусировка рентгеновского излучения</p>
<p>Возможности:</p> <p>V1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>V2. Формирование дополнительного спроса на продукт</p> <p>V3.Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Возможность создавать партнерские отношения с рядом ведущих вузов для совместных исследований в цифровой радиографии.</p> <p>Требуется множество перенастроек при замене одной из основных частей системы. Повышение квалификации персонала.</p>

Угрозы:	Экономическая	Требуется множество
У1. Развитая конкуренция технологий производства	эффективность данного оборудования в	ресурсов для реализации данного проекта.
У2. Введение дополнительных государственных требований и сертификации продукции.	промышленности Российской Федерации. Повышение квалификации персонала, т.к тема актуальна и есть современное оборудование.	
У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства		

Второй этап – состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно–исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Это соответствие или несоответствие выявит степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа была построена интерактивная матрица проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 3.2.2 - Интерактивная матрица «сильные стороны–возможности»

Сильные стороны проекта						
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности проекта	B1	+	+	-	-	+
	B2	-	-	-	+	+
	B3	-	+	+	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и возможности: B1C1C2C5, B2C4C5, B3C2C3C4C5.

Таблица 3.2.3 – Матрица «Слабые стороны–возможности»

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	+	-	-
	В2	-	+	-
	В3	-	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: В1Сл1, В2С2, В3Сл3.

Таблица 3.2.4 – Матрица «Сильные стороны–угрозы»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	+	+	+	-	+
	У2	0	-	-	+	+
	У3	+	-	-	0	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и угроз: У1С1С2С3С5, У2С4С5, У3С1.

Таблица 3.2.5 – Матрица «Слабые стороны–угрозы»

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	+	+
	У2	+	+	-
	У3	+	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: У1Сл1Сл2Сл3, У2Сл1Сл2, У3Сл1Сл3.

После проведенного SWOT–анализа можно сделать вывод, что данная технология имеет преимущества по сравнению с имеющимися разработками. При реализации данного проекта могут возникнуть трудности в связи с технической реализацией системы перемещения протяженных объектов,

которые вносят дополнительную стоимость, а также затруднения в выборе источника излучения.

3.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для оценки готовности проекта заполняется форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (2)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Таблица 3.4 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности	Уровень имеющихся
----------	--------------	----------------------------	----------------------

		научного проекта	знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	3
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	3
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	3
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	4
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	3
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	4	4

12	Проработаны вопросы использования инфраструктуры получения льгот	услуг поддержки,	3	3
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации разработки	научной	3	3
14	Имеется команда для коммерциализации разработки	научной	4	3
15	Проработан механизм реализации научного проекта		3	3
	ИТОГО БАЛЛОВ		55	51

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, если значение $B_{\text{сум}}$ получилось от 75 до 60, то такая разработка считается перспективной, а знания разработчика достаточными для успешной ее коммерциализации. Если от 59 до 45 – то перспективность выше среднего. Если от 44 до 30 – то перспективность средняя. Если от 29 до 15 – то перспективность ниже среднего. Если 14 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется суммарным количеством баллов. Таким образом, перспективность разработки и знания разработчика средние.



3.5 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Таблица 3.5 – Календарный план-график проведения НИР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ														
				Фев.		Март			Апрель			Май						
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
1	Составление и утверждение темы ВКР	Руковод.	2	/														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	20		/	/	/											
3	Календарное планирование работ по теме	Руковод., студент	3				/	/										
4	Изучение и перевод литературы по теме	Студент	15					/	/	/								
5	Выполнение операций цифровой радиографии, выбор и оценка параметров и характеристик системы цифровой радиографии проводов	Руковод., студент	25								/	/	/	/	/	/	/	/
6	Разработка системы цифровой радиографии и оценка эффективных диаметров проводов по	Руковод., студент	20									/	/	/	/	/	/	/

цифровым изображениям																									

 – студент
 – руководитель.

3.6 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов).

3.6.1 Расчет затрат на сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

Проведем расчет затрат на сырье, материалы, покупные изделия. Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам. Материалы, необходимые для выполнения ВКР и их стоимость приведены в таблице 3.6.1.

Таблица 3.6.1 – Сырье, материалы необходимые для выполнения ВКР

Наименование	Кол- во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага для оргтехники (А4)	1 шт.	250	250
Канцелярские товары	1 шт.	180	180
USB Flash накопитель	1 шт.	1500	1500
Итого по статье См			1930

3.6.2 Расчет основной заработной платы

Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 3.6.1.

Таблица 3.6.2 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Зароботная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам, тыс. руб.)		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Составление и утверждение темы ВКР	Руководитель	3	2	3	0,9	0,7	1,1	2,7	1,4	3,3
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	1	1	1	0,25	0,35	0,25	0,25	0,35	0,25
3	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент	2	1	2	1,2	1,3	1,0	2,4	1,3	2,0
4	Изучение и перевод литературы по теме	Студент	1	2	2	0,75	0,4	0,5	0,75	0,8	1,0

5	Выполнение операций цифровой радиографии	Руководитель, студент	3	4	2	2,1	2,2	2,0	6,3	8,8	4,0
6	Разработка системы цифровой радиографии и оценка эффективных диаметров проводов по цифровым изображениям	Руководитель, студент	5	4	6	2,5	2,8	3,1	14,5	13,2	20,6
Итого									26,9	25,85	31,15

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (7)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = T_p \cdot Z_{\text{дн}}, \quad (8)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 3.6.3).

Таблица 3.6.3 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные	118	118
- праздничные		
Потери рабочего времени		
- отпуск	162	162
- невыходы по болезни		
- практика		
Действительный фонд рабочего времени	85	85

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

k_d – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы: 1) оклад –

определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор. Базовый оклад $Z_б$ определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия. 2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д. 3) иные выплаты; районный коэффициент

Таблица 3.6.4 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_б$, тыс. руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , тыс. руб.	$Z_{дн}$, тыс. руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, тыс. руб.
Руководитель	31,0	0,3	0,3	1,3	24,18	0,81	50	40,30
Студент	5,0	0	0	1,3	6,50	0,22	83	17,98
Итого $Z_{осн}$								58,28

3.6.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (11)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы ($k_{доп}=0,15$).

Таблица 3.6.5 Дополнительная заработная плата исполнителей НТИ

Зарплата	Руководитель	Исполнитель (студент)
Основная зарплата	40,3	17,98
Дополнительная зарплата	6,04	2,7

Зарплата исполнителя	0	0
Итого по статье Сзп	8,74	

3.6.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (12)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 3.6.6 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Заработная плата, тыс. руб
Руководитель	12,56
Студент	5,6
Итого	18,16

3.6.6 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (13)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 80%.

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно- технической продукции.

Бюджет затрат на научно-исследовательский проект приведен в табл. 3.6.7.

Таблица 3.6.7 – Расчет бюджета затрат НИТ

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.
1. Материальные затраты НИТ	1,93
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	58,28
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8,74
4. Отчисления во внебюджетные фонды	18,16
5. Накладные расходы	53,61
6. Бюджет затрат НИТ	140,72

Заключение по разделу. По результатам выполненного задания для раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» было достигнуто следующее:

Были определены потенциальные потребители результатов исследования; Проведен SWOT–анализ, по результатам которого можно сделать вывод, что данная технология имеет преимущества по сравнению с имеющимися разработками. Данная разработка и имеет приемлемую стоимость. Для повышения спроса необходима активная рекламная компания;

Составлен план проекта, в соответствии с которым определяются объем работ и время, затрачиваемое на ее выполнение. Рассчитан бюджет научного исследования. Рассчитано, что для реализации проекта требуется 140720.00 рублей.

4. Раздел Социальная ответственность

Объектом исследования является разработка измерительного радиоизотопного преобразователя поверхностной плотности экранного покрытия.

Данный преобразователь предназначен для создания радиоизотопного толщиномера, для измерения толщины поверхности экранно-защитного покрытия

В текущем разделе рассматриваются вопросы охраны труда и техники безопасности, связанные с разработкой преобразователя, а также разрабатываются мероприятия по предотвращению воздействия на здоровье работников лаборатории опасных и вредных факторов, создание безопасных условий труда для окружающей среды.

4.1 Производственная безопасность.

При выполнении работы существует вероятность воздействия следующих вредных и опасных производственных факторов: недостаточная освещенность, повышенный уровень ионизирующего излучения, физические и эмоциональные перегрузки, опасность поражения электрическим током, пожарная опасность.

Таблица 1 – Опасные и вредные факторы при разработке преобразователя для радиационного толщиномера.

Источник фактора, наименование вида	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работы необходимые для получения цифрового изображения объекта контроля: 1) Установка программного и аппаратного обеспечения 2) Подключение оборудования к источнику питания 3) Выбор режима работы источника излучения 4) Экспонирование	1) Повышенный уровень ионизирующего излучения в рабочей зоне; 2) Отклонение параметров микроклимата; 3) Освещенность	1) Опасный уровень напряжений в электрических цепях, замыкание которых может пройти через тело человека;	1) СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)" 2) ГОСТ Р 12.1.019-2009
Работы по обработке цифрового изображения: 1) Работа за ПК;	1) Повышенный уровень электромагнитного излучения;	1) Электрический ток	1) СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 2) СанПиН

	2) Нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда)		2.2.4.1191-03
--	----------------------------------------------------------------------------------	--	---------------

4.2 Анализ вредных и опасных факторов

Отклонение параметров микроклимата

Микроклимат является важной характеристикой производственных помещений. В организме человека происходит непрерывное выделение тепла. Одновременно с процессами выделения тепла происходит непрерывная теплоотдача в окружающую среду. Равновесие между выделением тепла и теплоотдачей регулируется процессами терморегуляции, т.е. способностью организма поддерживать постоянство теплообмена с сохранением постоянной температуры тела. Отдача тепла происходит различными видами: излучением, конвекцией, испарение влаги. Нарушение теплового баланса в условиях высокой температуры может привести к перегреву тела, и как следствие к тепловым ударам с потерей сознания. В условиях низкой температуры воздуха возможно переохлаждение организма, могут возникнуть простудные болезни, радикулит, бронхит и другие заболевания.

К параметрам микроклимата относятся: температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха.

Согласно требованиям «СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» оптимальные параметры микроклимата в лаборатории приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Оптимальные значения характеристик микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22–24	21–25	40–60	0,1
Тёплый	23–25	22–26	40–60	0,1

Для создания благоприятных условий труда и повышения производительности, необходимо поддерживать оптимальные параметры микроклимата производственных помещений. Для этого предусмотрены следующие средства: центральное отопление, вентиляция (искусственная и естественная), кондиционирование.

Освещенность

Свет является естественным условием жизни человека, необходимым для здоровья и высокой производительности труда, основанной на работе зрительного анализатора, самого тонкого и универсального органа чувств. Обеспечивая непосредственную связь организма с окружающим миром, свет является сигнальным раздражителем для органа зрения и организма в целом. Достаточное освещение действует тонизирующее, улучшает протекание основных процессов высшей нервной деятельности, стимулирует обменные и иммунобиологические процессы, оказывает влияние на формирование суточного ритма физиологических функций человека.

При проведении исследований должны применяться системы общего (равномерного или локализованного) и комбинированного (общего и местного) освещения. Выбор между равномерным и локализованным освещением проводится с учётом особенностей производственного процесса и размещения технологического оборудования. Система комбинированного освещения применяется для производственных помещений, в которых выполняются точные зрительные работы. Применение одного местного освещения на рабочих местах не допускается [53].

Величина освещенности должна быть постоянной во времени. Колебания освещенности, вызванные резким изменением напряжения в сети,

имеют большую амплитуду, каждый раз вызывая переадаптацию глаза, приводят к значительному утомлению. Пульсация освещенности связана также с особенностью работы газоразрядных ламп.

Ионизирующее излучение

В результате воздействия ионизирующего излучения нарушается течение биохимических процессов, обмен веществ в организме, возникают биологические изменения в организме, а также вызывает ионизацию атомов и молекул вещества, в результате чего молекулы и клетки ткани разрушаются.

Для обеспечения безопасности человека от воздействия на него ионизирующего излучения необходимо соблюдать нормы радиационной безопасности НРБ.

НРБ устанавливает следующие категории облучаемых лиц:

- персонал (группы А и Б);
- все население, включая лиц из персонала вне сферы и условий их производственной деятельности.

Для категорий облучаемых лиц устанавливаются основные пределы доз. Для персонала, работающего с источниками ионизирующего излучения (группа А), предел дозы составляет 20 мЗв в год, для персонала, находящегося по условиям работы в сфере воздействия источника ионизирующего излучения (группа Б), он составляет 5 мЗв.

Для студентов и учащихся старше 16 лет, проходящих профессиональное обучение с использованием источников излучения, годовые дозы не должны превышать значений, установленных для персонала, группы Б.

Защиту от ионизирующего излучения осуществляется следующими путями:

- 1) установкой защитных экранов из материалов, способных поглощать излучение (защита экранированием);

2) увеличением расстояния от места оператора до источника (защита расстоянием);

3) сокращением времени работы источника (защита временем);

Защита экранированием – наиболее эффективный способ защиты от излучений. В зависимости от вида ионизирующих излучений для изготовления экранов применяют различные материалы, а их толщина определяется мощностью и излучением. Изготавливают их из хорошо поглощающих материалов, такие, как свинец, бетон. Основным предназначением таких экранов является снижение до допустимой нормы излучения на рабочем месте.

Защита расстоянием – достаточно простой и надежный способ защиты. Это связано со способностью излучения терять свою энергию во взаимодействиях с веществом: чем больше расстояние от источника, тем больше процессов взаимодействия излучения с атомами и молекулами, что в конечном итоге приводит к снижению дозы облучения персонала.

Защита временем основана на сокращении времени работы с источником, что позволяет уменьшить дозы облучения персонала.

Электрический ток

Для исключения поражения человека электрическим током должны обеспечиваться:

1. Недоступность токоведущих частей, находящихся под напряжением;
2. Контроль над состоянием изоляции электроустановок;
3. Применение специальных защитных устройств (автоматические выключатели, сетевые фильтры);
4. Организация безопасной эксплуатации электроустановок.

Электрическая проводка внутри рентгеновского аппарата может быть под напряжением, которое может привести к серьезным травмам или к смерти от удара электрическим током. Для предотвращения подобной

ситуации никогда не вскрывайте корпус аппарата. Всегда отключайте электропитание перед очисткой.

Поражение электрическим током возникает при соприкосновении с электрической цепью, в которой присутствуют источники напряжения и/или источники тока, способные вызвать протекание тока по попавшей под напряжение части тела. Обычно чувствительным для человека является пропускание тока силой более 1 мА [55]. Одной из особенностей поражения электрическим током является отсутствие внешних признаков опасности, которые человек мог бы заблаговременно обнаружить. Ток приводит к серьезным повреждениям центральной нервной системы таких жизненно важных органов как сердце и легкие. Поэтому второй особенностью воздействия тока на человека является тяжесть поражения. Третья особенность поражения человека электрическим током заключается в том, что токи промышленной частоты силой в 10–15 мА способны вызвать резко интенсивные судороги мышц.

Окружающая среда (влажность и температура воздуха, наличие заземленных металлических конструкций и полов, токопроводящей пыли и др.) оказывает дополнительное влияние на условия электробезопасности. Степень поражения электрическим током во многом зависит от плотности и площади контакта человека с токоведущими частями. По условиям электробезопасности установки, используемые при выполнении работы, относятся к категории установок, работающих с напряжением до 1000 В. Безопасность эксплуатации при нормальном режиме работы установок, обеспечивается следующими защитными мерами:

- применение изоляции;
- недоступность токоведущих частей;
- ограждения.

Кроме того, на установках высокого напряжения возможен удар электрическим током без прикосновения к токоведущим элементам, в результате утечки тока или пробоя воздушного промежутка. Сила поражения

зависит от мощности разряда, от времени воздействия, от характера тока (постоянный или переменный), от состояния человека — влажности рук и т. п., а также от места соприкосновения и пути прохождения тока по организму.

1. Для исключения поражения электрическим током запрещается: часто включать и выключать компьютер без необходимости, прикасаться к экрану и к тыльной стороне блоков компьютера, работать на средствах вычислительной техники и периферийном оборудовании мокрыми руками, работать на средствах вычислительной техники и периферийном оборудовании, имеющих нарушения целостности корпуса, нарушения изоляции проводов, неисправную индикацию включения питания, с признаками электрического напряжения на корпусе, класть на средства вычислительной техники и периферийном оборудовании посторонние предметы.

2. Запрещается под напряжением очищать от пыли и загрязнения электрооборудование и проводить влажную уборку.

3. Запрещается проверять работоспособность электрооборудования в непригодных для эксплуатации помещениях с токопроводящими полами, сырых, не позволяющих заземлить доступные металлические части.

4. Рабочее место должны удовлетворяться всем требованиям безопасности жизнедеятельности: отсутствие доступа к токоведущим частям, все источники питания должны быть пронумерованы.

В случае поражения током необходимо быстро освободить пострадавшего от действия электрического тока, т.е. отключить цепь тока с помощью ближайшего выключателя (рубильника) или путем вывертывания пробок на щитке.

Необходимо помнить, что пострадавший сам может являться проводником электрического тока. При невозможности быстрого разрыва цепи необходимо оттянуть пострадавшего от проводника. Оттягивать пострадавшего следует за концы его одежды или с помощью предмета из изолирующего материала, к открытым частям тела прикасаться нельзя.

4.3 Экологическая безопасность

От рентгеновских аппаратов нельзя избавиться обычным путем и просто вывезти их на свалку, т.к. они представляют потенциальную опасность для окружающей среды. Согласно требованиям СанПин 2.6.1.2891-11, утилизация рентгеновского оборудования должна выполняться только по специальной технологии и только теми организациями, которые имеют лицензию на извлечение, демонтаж и ликвидацию источников ионизирующего излучения. После вывода из эксплуатации генерирующих источников ионизирующего излучения они должны быть приведены в состояние, исключающее возможность использования их в качестве ИИИ. Рентгеновская трубка должна быть демонтирована и компоненты трубки утилизированы как производственные отходы.

Вредных выбросов в атмосферу и водные источники не производилось, ионизирующее излучение на окружающую среду не воздействовало, т.к. работы проводились в лабораторных условиях с обеспечением необходимой радиационной защиты, чрезвычайные ситуации не наблюдались, поэтому существенных воздействий на окружающую среду и соответственно вреда природе не оказывалось.

4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Чрезвычайная ситуация – это обстановка, сложившаяся на определенной территории или акватории в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Основными причинами возникновения чрезвычайных ситуаций в лаборатории могут быть: нарушения правил эксплуатации оборудования, использование неисправного оборудования, недостаточная квалификация персонала, физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина.

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

- халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);
- самовоспламенение и самовозгорание веществ.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- а) сотрудники лаборатории должны пройти противопожарный инструктаж;
- б) сотрудники обязаны знать расположение средств пожаротушения и уметь ими пользоваться;
- в) необходимо обеспечить правильный тепловой и электрический режим работы оборудования;
- г) пожарный инвентарь и первичные средства пожаротушения должны содержаться в исправном состоянии и находиться на видном и легко доступном месте.

В лаборатории имеются 2 огнетушителя марки ОУ-2 предназначены для тушения загорания различных веществ и материалов, за исключением щелочноземельных элементов, а также электроустановок под напряжением до 1000В. При тушении электроустановок, находящихся под напряжением, не допускается подводить раструб ближе 1 метра до электроустановки и пламени.

В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

4.5. Специальные правовые нормы трудового законодательства

1. К работе с радиоизотопными веществами и ионизирующими излучениями допускаются только лица, достигшие 18 лет, которые прошли специальное медицинское обследование состояния здоровья и были признаны по результатам этого обследования пригодными к указанной работе. Беременные женщины к такого рода работам не допускаются.

2. Перед началом работы с радиоизотопными веществами и ионизирующими излучениями в зависимости от технического и научного уровня и характера работ каждый работник должен пройти специальное обучение и сдать соответствующий экзамен по технике радиационной безопасности.

3. Все работы с радиоизотопными веществами и ионизирующими излучениями должны проводиться в условиях строжайшего соблюдения правил радиационной безопасности и при наличии постоянного контроля со стороны лиц, ответственных за радиационную безопасность в данном учреждении.

4. В помещениях, где проводятся работы с радиоизотопными веществами, запрещается:

- пребывание работников без необходимых средств индивидуальной защиты;

- хранение пищевых продуктов, табачных изделий, косметики, домашней одежды и других предметов, не имеющих прямого отношения к выполняемым работам;

- прием пищи, курение, пользование косметикой; забор радиоизотопных веществ в пипетку с помощью рта (для этих целей используют специальные приспособления). Кроме того, в каждой лаборатории, на каждом предприятии и на каждом участке работы должны строго соблюдаться местные правила радиационной безопасности, составленные на основе общих правил, но учитывающие конкретную специфику данной работы с радиоактивными веществами и ионизирующими излучениями.

4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место является первичным звеном производства, оно представляет собой определенный участок производственной площади цеха, предназначенный для выполнения одним рабочим порученной работы, специально приспособленный и технически оснащенный в соответствии с характером этой работы. От того, насколько правильно и рационально будет организовано рабочее место, зависит безопасность и производительность труда. Как правило, каждое рабочее место оснащено основным и вспомогательным оборудованием и соответствующим инструментом. Отсутствие на рабочем месте удобного вспомогательного или нерациональное расположение, захламленность создают условия для возникновения травматизма.

Рабочее место изображено на рис. 3. Оно укомплектовано необходимой оргоснасткой с учетом рекомендаций научной организации труда. В рабочее место входит: непосредственно стол для проведение монтажно-сборных работ 1, металлическая дверь, которая предохраняет от радиоизотопного излучения 2, стол, с расположенным на нем персональным компьютером 3.

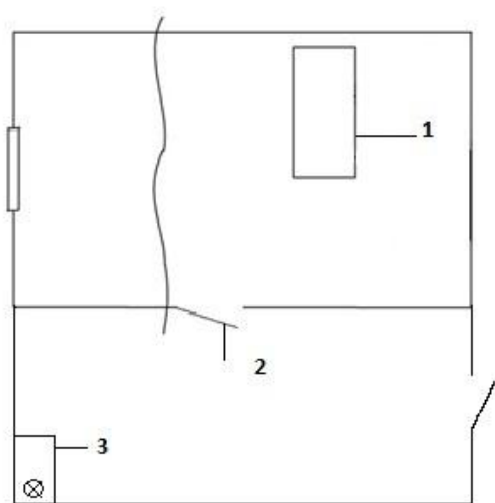


Рис.3 Рабочее место

Длительность рабочей смены не более 8 ч (480 мин); установление 2 регламентированных перерывов, учитываемых при установлении нормы выработки: длительностью 20 мин через 1- 2 ч после начала смены, длительностью 30 мин примерно через 2 ч после обеденного перерыва; обеденный перерыв длительностью не менее 40 мин примерно в середине смены. Регламентированные перерывы должны использоваться для активного отдыха и лечебно-профилактических мероприятий и процедур. Так же имеется комната психологической разгрузки.

Так как, оператору приходится выполнять кропотливую и требующую сосредоточенности работу, рекомендуется посменная работа по 6 часов в сутки. Таким образом, 4 оператора безостановочно выполняют контроль и процесс оценки состояния образцов может выполняться постоянно. На должность оператора необходимо брать специалиста по радиационному контролю.

Заключение

При выполнении данной работы были выполнены все поставленные задачи, а именно рассмотрены, физика взаимодействия вещества с гамма излучением, разновидности толщиномеров, схема работы радиоизотопного толщиномера. Исследовано покрытие ЭЗМ-75 характеристики данного вещества, график ослабления вещества, разработана конструкция преобразователя для радиоизотопного толщиномера.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения» оценена конкурентоспособность разработки и сравнительная эффективность проекта, определены структура плана проекта и трудоемкость работ, проведен FAST – анализ, разработан график проведения работ и рассчитан бюджет исследования. По полученным результатам разработка является перспективной, существенным образом снижая трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов. Бюджет для реализации исследования составляет 140720.00 рублей.

В разделе «Социальная ответственность» проведён анализ выявленных вредных и опасных факторов производственной среды. Затронуты вопросы охраны окружающей среды. Рассмотрены защита при возникновении чрезвычайных ситуаций. Рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, также организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Список публикаций студента

1. Абрамов М.С., ТПУ, «Оптимизация режимов цифровой радиографии для контроля изделий из полимерных композиционных материалов типа УУКМ. IX Международной научно-технической конференции «Политранспортные системы» по направлению «Научные проблемы реализации транспортных проектов Сибири и на Дальнем Востоке»;

Список используемых источников:

1. Юдин Б.Н. Патент РФ № 2304557. Защитное покрытие элементов радиоэлектронной аппаратуры.
2. Михнюк Т.Ф. Охрана труда и основы экологии // учеб, пособие. — 2007. — 34 с.
3. Википедия [Электронный ресурс] / Толщиномер – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D2%E2%EB%F9%E8%ED%E2%EC%E5%F0>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. рус. (дата обращения 21.02.2018)
4. Намазбаев Т., Полевой А., Савёлов В., Колесников А., Ананьев А., Маевский В., Махнев А. Нейтронный измерительный числительный комплекс для контроля плотности. Современные технологии автоматизации. — 2001. — №1.
5. Локотков А. Программное обеспечение реального времени фирмы On Time Informatik GmbH // Современные технологии автоматизации. — 1997. — №2
6. ГОСТ 18061-90 Толщиномеры радиоизотопные. Общие технические условия.
7. РМГ 782005: Государственная система обеспечения единства измерений. Излученияионизирующие и их измерения. Термины и определения.
8. Ревенко А.Г. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ природных материалов. // Новосибирск: «Наука», 1994. 264 с.
9. Лосев Н.В. Количественный рентгеноспектральный флуоресцентный анализ. // Москва: «Наука», 1969. 336 с.
10. Тузов Ю.В., Федорков В.Г. (ФГУП "ИФТП"). Рентгенофлюоресцентный толщиномер покрытий.
11. Капранов Б.И. Плотномер покрытий радиоизотопный МТ 01. Руководство по эксплуатации, Томск, 2013

12. Справочник. Сечение взаимодействия гамма-излучения. Э. Сторм, Х. Израэль. Москва Атомиздат 1973.
13. Кустанович И.М. Спектральный анализ. – М.: Высшая школа, 1967. – 238 с
14. Б.И. Капранов, И.А. Короткова. Спектральный анализ в неразрушающем контроле. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – Т. 1. – [С. 89-93].
15. О.Б. Воскобойникова, Б.И. Капранов. Флуоресцентная толщинометрия экранно-защитного покрытия. Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – Т. 1. – [С. 55-58].
16. Химическая энциклопедия: в 5-ти т. / Редкол.: Кнунянц И. Л. (гл. ред.). — М.: Советская энциклопедия, 1990. — Т. 2. — С. 280. — 671 с. — 100 000 экз
17. A. Attaelmanan, S. Larsson, A. Rindby, P. Voglis, and A. Kuczumow, Rev. Sci. Instrum. 65, 7 1994.
18. C. Ribbing, M. Anderson, K. Hjort, and H. Lundqvist, Rev. Sci. Instrum. 74, 3423 2003.
19. A. Longoni, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A 409, 407 1998.
20. D. Strivay, G. Weber, A. Marchal, M. Clar, and H.-P. Garnir, In Situ Non-Destructive Analysis and Testing of Museum Objects, Bratislava Slovaquie, April 2005.
21. P. Lechener, S. Eckbauer, R. Hartmann, S. Krisch, D. Hauff, R. Richter, H. Soltau, L. Struder, C. Fiorini, E. Gatti, A. Longoni, and M. Sampietro, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A 377, 346 1996.
22. R. E. Van Grieken and A. A. Markowicz, Handbook of X-Ray Spectrometry, Practical Spectroscopy Series Vol. 29, 2nd ed. Dekker, New York, 2002 p. 366.
23. Handbook of X-Ray Spectrometry Second Edition, edited by R. E. Van Grieken and A. A. Markowicz, Practical Spectroscopy Series Dekker, New York, 2002, Vol. 29, p. 243

24. Кельнер Р. Аналитическая химия. Проблемы и подходы. – М.: Мир, 2004. – Т. 2. – 726 с.
25. Дж. Биркс. Сцинтилляционные счетчики. М., ИЛ, 1955
26. Senchishin V. G. et al. Manufacture and Study of New Polyesterene Scintillators // Semiconductor Physics. Quantum Electronics & Ortoelectronics. 2000. V. 3, No. 2. P. 223-226;
27. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
28. ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
29. ГОСТ 12.1.006–84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
30. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
31. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
32. ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
33. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
34. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
35. СанПиН 2.2.4.1191–03. Электромагнитные поля в производственных условиях.
36. СП 51.13330.2011. Защита от шума.
37. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. 99
38. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения.
39. ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.

40. ГОСТ Р 50948-2001. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности
41. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие/ Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 73 с

Приложение А
(справочное)

Раздел № 1.1
Introduction, literary review

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6А	Абрамов Максим Сергеевич		

Консультант ОКД ИШНКБ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ведущий эксперт	Капранов Борис Иванович	д.т.н.		

Консультант – лингвист отделения ОИЯ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Демьяненко Наталия Владимировна			

1.1 Screen Protective Coating

The most effective ways to reduce the effects of radiation are to absorb the energy of radiation as it passes through the thickness of a substance. To provide protection against ionizing radiation, aluminum alloys doped with elements with a high atomic number (lanthanides and rare earth elements), alloys based on refractory and rare-earth metals and multilayer materials are currently most widely used.

The radiation-protective coating can form a protective layer of the radio electronic equipment or its component, or form the body of the radio electronic equipment, or a part of it.

At least one chemical element selected from the list: lanthanum, cerium, praseodymium, neodymium, promethium, samarium, nitric oxide, europium, gadolinium, terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium, lutetium, hafnium, tantalum, tungsten, rhenium, osmium, iridium, platinum, gold, thallium, lead, bismuth. Said absorber is at least one substance selected from a list comprising at least alumina (Al_2O_3), boron nitride (BN). Also, said absorbing substances can be introduced into an amorphous structure matrix made of an inorganic material, for example a silicate.

It is known that on orbits of space vehicles where there are high electron fluxes, the absorbed dose of radiation inside spacecraft is determined not only by the action of electrons, but also by bremsstrahlung formed as a result of interaction with the materials of structures. The bremsstrahlung spectrum depends on the energy of the bombarding electrons, the thickness of the material. It is commonly believed that the photon spectrum extends from hundreds of eV to 150 keV.

Bremsstrahlung interacts with the irradiated material either due to the photoelectric effect, or due to scattering by electrons. The photoelectric effect results in the absorption of a photon. Then a photon with energy of the atomic level of the K-, L-, M-shells can appear in accordance with the one on which the absorption of the photon passed from the shells. Simultaneously, in the atoms there is also a competing process of transferring excitation to the electron and its knocking out of the atom. When a photon is scattered by electrons, part of the energy is transferred

to the electron, and some remain in the photon, which changes the direction of motion and leaves the beam of primary photons. The photoeffect is more effective for protection purposes, while the probability of the photoelectric effect is large for low-energy photons and rapidly decreases with increasing photon energy. At the same time with the increase in the atomic number increases the probability of the photoelectric effect. Therefore, qualitative protection of equipment can be ensured only when using materials with a large atomic number. In turn, a radiation-protective coating, used primarily for the protection of various elements of radio electronic equipment for space and the like, is proposed. destination, it is placed on surfaces exposed to ionizing radiation, and is a multi-layer structure, that is, a structure of a plurality of alternating layers, in an amount exceeding two layers of each type. Element with a high atomic number is from 57 to 83, that is, a transition metal of the sixth period of the Periodic System of Chemical Elements, a post-transition metal of the sixth period of the Periodic System of Chemical Elements and / or lanthanide, primarily tungsten, the most developed from the point of view of technology, (particles 200-500 nm) in a layer following a layer of a substance with a low atomic number (Z), for example alumina and boron nitride, which is introduced into an amorphous structure matrix made of an inorganic material, for example silicate. Said powder of the element with a high atomic number may include the necessary technological additives. The subsequent layers alternate in a similar way. The proposed arrangement of layers is explained by the fact that when the particle (e^-) of the first layer material passes, secondary radiation is generated, which effectively absorbs and scatters elements with a large effective electron radius, that is, elements with a high atomic number (Z). This generates secondary electrons, the absorption and scattering of which occurs in the same way as described above. That is, the use of a multilayer structure providing shielding and mutual suppression of particle and quantum fluxes is a better protection against ionizing radiation compared to known composite materials of similar composition, aluminum alloys, and the like. The coating is applied layer-by-layer by the sol-gel process on the surface of elements exposed to radiation with a brush or sprayer

under normal conditions. Radiation-protective coating can form a protective layer of electronic equipment or its component (chips, etc.), or the body of electronic equipment, or a part of it.

Thus, a radiation-protective coating has been proposed that can be effectively used to protect electronic equipment, primarily space applications, as well as other industrial equipment operating under similar conditions.

A radiation-protective coating containing a transition metal of the sixth period of the Periodic Table of the chemical elements, a post-transition metal of the sixth period of the Periodic Table of the chemical elements and / or a lanthanide and an absorbent, containing a chemical element with an atomic number less than that of the chemical elements, characterized in that it consists of a plurality of alternating layers of particles of at least one transition metal of the sixth period of the Periodic Table of the chemical elements, a post-transition metal of the sixth period of the Periodic System of Chemical Elements and / or lanthanide and from said absorbing substance. A radiation-protective coating, characterized in that in said layer of transition metal particles of the sixth period of the Periodic Table of the chemical elements, the post-transition metal of the sixth period.

1.2 Thickness gauges of coatings.

Thickness gauge is a measuring device that allows to accurately measure the thickness of a material or coating layer of a material (such as paint, varnish, primer, putty, rust, the thickness of the main metal wall, plastics, glass, and other nonmetallic compounds covering the metal). Modern instruments can measure the thickness of the coating without compromising its integrity.

Thickness gauges of coatings in industry

Ultrasonic, eddy current and magnetic thickness gauges of coatings are effectively used in various fields of industry: aircraft building, chemical production, machine building, shipbuilding, diagnostics of the state of assemblies and parts, in metallurgy, in the field of applying galvanic coatings, etc. So, for example, the thickness gauges of the PosiTector series are used to measure the thickness of intumescent fireproof coatings. Such thin-film coatings are widely used in

construction, mechanical engineering, aircraft building, shipbuilding, etc. Various metal structures, such as I-beams, channel bars, ribbed reinforced concrete beams, pipes, etc., can withstand such a coating for a long time when exposed to a high temperature medium. Thin-film coatings also provide protection of metal structures from the impact of an aggressive external environment and give the products an attractive appearance (thanks to a glossy surface film). In case of fire, such coatings create a thick foam layer, which protects the metal. The effectiveness of such coatings depends on two main factors: the ability to hold on the ground and increase in volume. In turn, these characteristics directly depend on the thickness of the application of intumescent coating. Manufacturers of such coatings clearly indicate the required thickness of application in the TU. Thickness gauges of coatings are used to control the thickness of application of thin-film fire-resistant intumescent coatings.

It is advisable to use thickness gauges for coatings and for monitoring electrical insulation, heat insulation of pipes, measuring the thickness of non-magnetic coatings on wire, measuring the thickness of powder coatings on different substrates.

Powder coating provides an attractive appearance to products from a variety of materials, it has a high coefficient of resistance to shock, scrape and discoloration. Powder coating is increasingly used in a variety of areas and measuring the thickness of its application, checking the compliance of coating thickness with regulatory documents, is becoming increasingly important.

Excessive application of the powder increases the cost of the products and leads to poor adhesion (the coating can come off and chip away from the substrate). In case of insufficient application, the powder coating does not provide protection and even coverage of the substrate. Thickness gauges of coatings are used to measure damage to erosive and corrosive types on various surfaces, including uneven and rough surfaces of pipes and reservoirs. Ultrasound examination using ultrasonic thickness gauges of the coating allows to determine the residual thickness of the

protective coating and the thickness of the walls of the substrate, to identify and measure damage and defects, to calculate the residual service life of the equipment. The field of application of galvanic coatings and coatings themselves are so diverse that it is not possible to list all their types. Galvanic coatings are used in various industries. These are chrome products for various purposes, from household appliances and car parts to gun barrel surfaces, micron coatings on various details, jewelry with gold plating and much, much more.

To measure the thickness of galvanic coatings, it is advisable to use thickness gauges of combined action coatings, such as a multifunctional thickness gauge of galvanic coatings.

Another area of application of thickness gauges of coating, namely - ultrasonic thickness gauges, measurement of coating thickness on wood. The coating on wood products can perform several functions: giving an aesthetic appearance, protecting from environmental influences, ensuring watertightness and restoring purposes.

All specialized coatings perform their functions properly only if their thickness is within the thickness range specified by the manufacturer. To control the thickness of the application and thickness gauges are used. So, for example, the manufacturer can apply an excessive number of layers of lacquer to the musical instrument, in order to give it an attractive appearance. However, the sound characteristics of the instrument will deteriorate significantly.

1.3 Radiation thickness gauges of coatings

Radiation thickness gage is a radiometric device designed to measure and control the thickness of the average value of the surface density of the material being monitored. It is more convenient to control the decrease in the thickness of the vessel wall with the help of ultrasonic or radiation thickness gauges, such control is the least laborious and possible without the withdrawal of equipment from work.

To measure the thickness of coatings, devices and devices based on the two following methods of radiometric control are used. The first type includes

installations operating according to the method of backscattering of β -radiation. When a beam of radioactive particles is introduced into the material, their scattering occurs in all directions. The measurement principle is based on the dependence of the reflected electron flux (β -radiation from a radioactive source) reflected at an angle of 180° (from the scattered) on the thickness of the coating layer. The measure of the intensity of the reflected radiation is the current produced in the ionization chamber. Radioactive isotopes are used as sources of β -radiation (electrons); strontium-90 intensity of 25 mCurie or krypton-85 intensity of 150

In installations of the second type, the principle of X-ray fluorescence radiation is used. Excitation of atoms occurs with the help of β - or quantum radiation, the result of which is the emission of X-ray radiation, characteristic for the corresponding element. The intensity of emission depends on the number of radiating atoms, that is, on the mass (thickness of the layer) of the coating. When the atoms of the coating are excited, the measure of its thickness is only the intensity of the fluorescent radiation. When the atoms of the steel base are excited, the thickness of the coating layer is estimated from the absorption of the fluorescent radiation.

Using the devices based on the method of backscattering β -rays can be controlled by coating thickness, if the atomic numbers of the coating and the substrate material differ by more than 20%. The presence of intermittent intermediate iron zinc layers in the zinc coating leads to a distortion of the measurement results.

Radiation thickness gauges are widely used for contactless control of the thickness of the coating on a steel strip when it is galvanized at ANGTs. However, their use to control the thickness of the coating on the pipes is associated with additional difficulties due to the complication of the design of the source and the radiation recorder. For example, a significantly disturbing effect on the measurement results with β -thickness gauges is caused by a change in the gap size and air temperature in the gap. To increase the stability of the indication of radiation thickness gauges, it is also necessary to use an automatic periodic

calibration system for these instruments. The measurement error of radiation continuous thickness gauges is $\pm 5\%$.

Thickness gauges on the aggregates of the strip rolling coils are installed on both sides of the strip in the area where the metal temperature is sufficiently low and a stable geometric position of the strip surface is obtained with respect to the measuring heads of the thickness gauge. Heads automatically move over the strip in the transverse direction to scan the thickness of the coating. Usually the thickness gauge is located at a distance of 100 m of the length of the strip from the gas knife, but sometimes (at the zinc-galvanizing unit, the measuring chamber is only 2 m from the gas knife). The latter significantly reduces the transport delay of the de-conditioning time, shortens the duration of the transient regimes, and ensures a reduction in metal consumption.

For automatic non-contact measurement of the thickness of the zinc coating, a thickness gauge of the type 200 E, developed by the firm "Nuklesonik deyta system", USA, on the basis of the X-ray fluorescent method, was widely used.

The main technical characteristics of the 200 E type gauges are as follows: the measuring range of the zinc coating on each side of the steel strip is 0-450 g / m²; thickness of steel strip 0.25-4.0 mm; width - up to 1800 mm; distance from the measuring head to the surface of the strip 50 mm. If this distance is changed by ± 3 mm, the measurement error is ± 3 g / m², and at ± 7 mm the error reaches ± 6 g / m². The measurement time is 4 s, the scanning speed is 2 cm / s. The working temperature of the measuring head is 15-65 ° C, the permissible temperature of the strip is up to 200 ° C.

The measurement accuracy of coating weight in the range up to 300 g / m² is ± 3 g / m², and in the range of 300-450 g / m² - up to ± 6 g / m² on each side of the strip.

The thickness of the coating is measured either by continuous lateral movement (one side) of both heads simultaneously, or at one midpoint. With

continuous motion, the measurement is made at three points: in the middle of the strip and at the two edges.

In Japan and Russia (on the galvanizing unit of the NLMK strip), a X-ray fluorescence x-ray thickness gauge SFT-200 from Seiko (Japan) is used to measure the thickness of the zinc coating. The source of the rays is the radioactive isotope Am²⁴¹, whose rays cause a sufficient intensity of the characteristic radiation of Zn-KX.

In Russia, a number of hot dip galvanizing units use radioisotope coating thickness meters (such as ITP-5705) of VNIIAhermet construction with the use of β -radiation.

The principle of operation of radiation thickness gauges is based on the attenuation or reflection of ionizing radiations, which are detected by the radiation detector. As a radiation detector, ionization chambers and scintillation counters are used. Isotopic devices based on the use of penetrating radiation, currently occupy more than half of all supplies of radiation technology. The basis of almost all these devices is the same simple principle, the count in the detector changes if the thickness or type of material between the detector and the source changes. On the basis of this principle, various thickness gauges and densimeters are designed and manufactured. Beta radiation is strongly absorbed by the substance. Because of continuity and because of the curvature of the path of electrons in matter, different source electrons have different ranges, from zero to some maximum. The number of electrons that passed through the substance quite sharply depends on the thickness of the layer. Therefore, radiation thickness gauges have rather good accuracy, but can measure only small thicknesses. Such thickness gauges are used, for example, to control the thickness of the produced film. The film passes between the source and the detector. The slightest deviation of the thickness from the standard changes the number of electrons absorbed by the film, that is, it changes the counting rate of the detector.

1.4 Radioisotope fluorescent thickness gauging of coatings (EZP)

In modern conditions, in connection with the development of the machine building complex, the task of developing and mastering the production of modern domestic radioisotope and X-ray fluorescent thickness gauges of metal coatings of various products is becoming urgent again. The use of such devices is most promising in procedures for controlling the thickness of relatively thin metal coatings (0.1 to 30 μm), where the use of traditional currents and magnetic methods is inefficient.

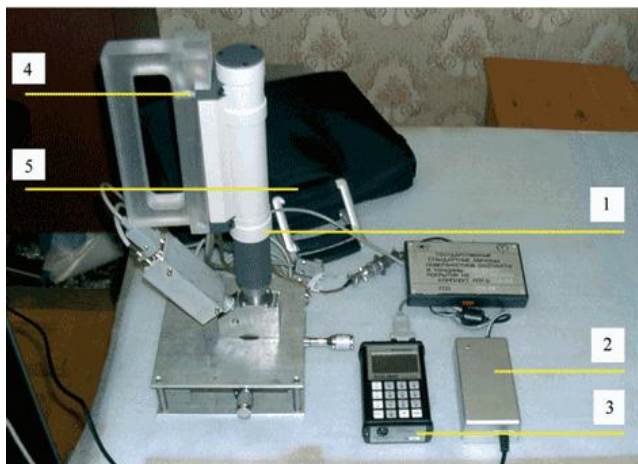


Figure 1. X-ray fluorescent coating thickness gage.

Prior to the collapse of the USSR, radioisotope thickness gauges of coatings of the types RTVK-1, RTVK-3 and RTVK-5 were serially produced at the instrumental plant "Tensor" Minsredmash in the city of Dubna.

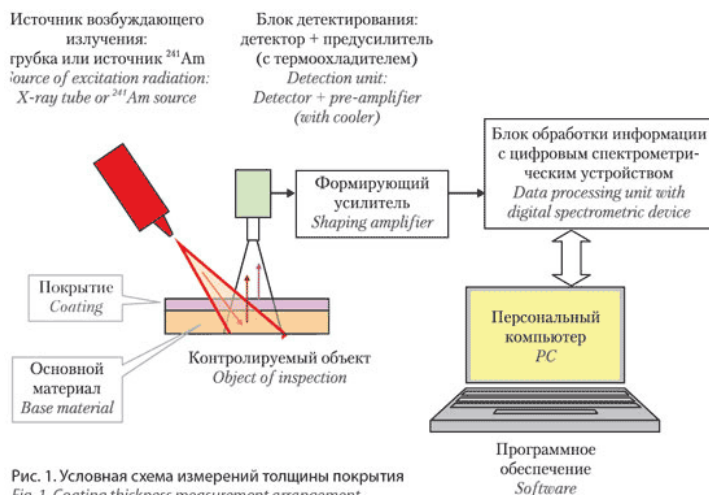


Рис. 1. Условная схема измерений толщины покрытия
 Fig. 1. Coating thickness measurement arrangement

Figure 2. Conditional scheme for measuring the thickness of the coating

A conditional scheme for measuring the thickness of coatings is shown in Figure 2. The monitored object is irradiated by an external radiation source - an X-

ray tube or an ionizing radiation source. In this case, the characteristic X-ray radiation of the elements of the coating material, the base and possible impurities is excited in the object. For each chemical element, the characteristic radiation has a strictly defined energy. For measurements, K-series is used for elements with atomic numbers from $Z = 20$ (calcium) to $Z = 50$ (tin) and L-series for elements with Z values from 70 to 92. Determination of the thickness (and, if necessary, controlled object is carried out by measuring the spectral characteristics of the X-ray radiation of its constituent elements.

Measurement of the thickness of the coating, in principle, can be carried out in two ways: by the intensity of the characteristic radiation or coating, or the substrate on which it is applied.

Figure 1 shows a photograph of a prototype XRF-thickness gauge. The device consists of an X-ray tube (1), a high-voltage power supply tube (2), an information processing unit (3), a fixation device (4) and a carrying case (5). As an information processing unit, a small-size spectrometric device SKS-08P Kolibri with an integrated display or digital spectrometric equipment can be used.

Examples of X-ray fluorescence thickness gauges

Portable hand-held analyzer of alloys with X-ray tube X-MET 5000 Quick Sort.



Figure 3 X-MET 5000 Quick Sort X-ray Fluorescent Analyzer
PentaPin™ high-resolution detector manufactured by OXFORD INSTRUMENTS;

X-ray tube manufactured by OXFORD INSTRUMENTS, rhodium anode;
Dust-waterproof housing (IP 54);

The range of the measured elements is from Ti to Bi.

X-ray fluorescence analyzer



Figure 4 X-ray Fluorescent Coating Thickness Gauge Compact Description.

X-Ray Fluorescent Coating Thickness Gauges Compact Eco and Compact Eco PIN-A new line of X-ray fluorescent thickness gages galvanic coating for thickness and chemical composition allows solving a wide range of user tasks.

Fast, non-destructive analysis of the thickness of multilayer coatings and determination of the chemical composition without preliminary preparation of the surface.

Range of measured elements from Ti₂₂ to U₉₂.

Benefits:

1. Value for money
2. Ease of use
3. Ability to work in 24/7 mode

Areas of use:

1. Analysis of galvanic and chemical coatings
2. Analysis of jewelry
3. Incoming inspection of the chemical composition of various alloys
4. Analysis of electrolytes

Specifications:

Measured element range: Ti-U

Number of layers: 5 layers (4 layers + base)

Analysis of the chemical composition at the same time: 20 elements

Collimators: 0.3 mm or 0.5 mm 0.3 mm; 0,5 mm; 0,4 mm; 0.1x0.3 mm

Maximum sample size: 380x370x100 mm

Moving the measuring head along the Z axis: 60 mm

Measuring stage: Fixed, mechanical, motorized (240x240 mm)

1.5 Radioisotope measuring instrument for surface density of screen coatings mt 01

Density meter of radioisotope coatings mt-01

Description and operation of the coating density meter

The densitometer of radioisotope coatings MT-01 is designed to measure the surface density (or mass thickness) of screen-protective (EZP).

The device and the principle of operation

The device (Fig. 5) constructively consists of a measuring and electronic units. The block diagram of the device is shown in Fig. 10.

The measuring block (BI) is designed to obtain primary information in the required geometry of control and protection of personnel from radiation.

The measuring unit of the device contains a source of ionizing radiation based on the Ammonium radionuclide 241 (^{241}Am). The source is a welded capsule in the form of a disk of stainless steel. The Ammonium radionuclide 241 is applied to a ceramic matrix calcined at a temperature of 800°C , placed in a steel capsule.

- activity of the source is nominal, Bq $8.3 \cdot 10^8$;
- overall dimensions of the source, mm:
 - diameter6;
 - height 6;

- the activity of radioactive substances taken from the surface of the source when determining the level of radioactive contamination of the source is no more than 5 nCi (185 Bq).

- The appointed life of the source is 15 years from the date of its manufacture.

- maximum exposure dose of ionizing radiation in any direction, in addition to the direction of the direct beam of ionizing radiation, not more than 3 $\mu\text{Sv} / \text{h}$ (0.3 mrem / h) on the surface of the measuring block and not more than 0.3 $\mu\text{Sv} / \text{h}$ (0.03 mrem / h) at a distance of 1 m from it.

The electronic unit (BE) is designed for processing signals coming from the measuring unit and providing the electronic circuits of the device with supply voltages. The principle of operation

The measurement of the surface density by the instrument is based on measuring the intensity of the fluorescent radiation of heavy elements that make up the shield-protective coating excited by the primary radiation of a radioactive isotope source. As the thickness of the ESR increases, the intensity of the fluorescent radiation increases. In order to isolate the fluorescent radiation against the background of the radiation scattered by the base and the EZB binder, the detector operates in the spectrometric regime. The surface density meter of the coating works as follows.

In the measuring block (pos.1, fig.6) the radioactive isotope radiation source (item 3) irradiates the measured surface of the product (item 4). The fluorescent and scattered by the product radiation falls on the scintillation crystal (pos.5). The sequence of electrical impulses coming out from the detector, whose amplitude is proportional to the energy of the registered emission quanta, is amplified by a preamplifier (item 8) and is fed to the electronic unit (post 2) by an amplifier circuit board of the amplitude analysis board via a connecting cable. With the help of a differential discriminator, pulses are selected from the whole set of incoming pulses, the amplitude of which corresponds to the energy of the quanta of fluorescent radiation.

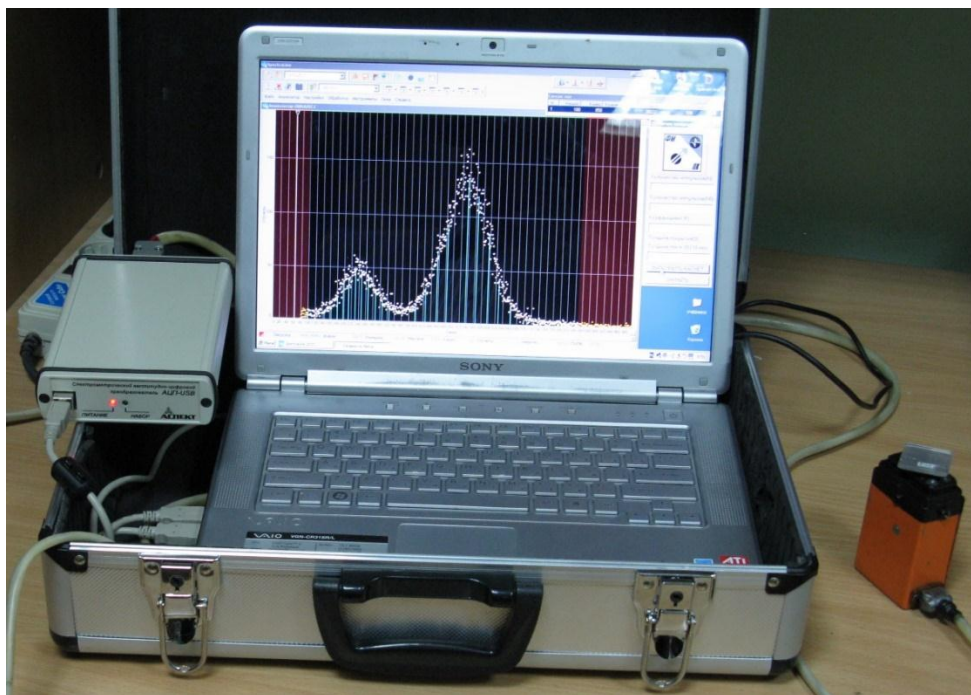


Figure 5 General view of the meter

The block diagram of the meter is shown in Figure 6.

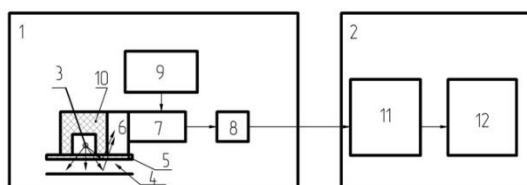


Рис. 2. Структурная схема измерителя толщины покрытий ТКП-01

- 1 - блок измерительный (БИ); 2 - блок электронный (БЭ);
 3 - радиоизотопный источник Am-241; 4 - объект контроля; 5 - покрытие;
 6 - сцинтилляционный кристалл; 7 - фотоумножитель; 8 - усилитель-формирователь;
 9 - источник высоковольтного питания ФЭУ; 10 - защитный контейнер;
 11 - амплитудно-цифровой спектрометрический преобразователь
 12 - персональный компьютер

Description of the main components of the device

Measuring unit

Measuring unit is designed to obtain primary information in the required geometry of control and protection of personnel from radiation.

The measuring unit consists of:

- shells;
- radioisotope source;
- scintillation detector;
- a high-voltage source for feeding the photomultiplier;

- the preamplifier.

Transfer of the RIP to the "storage" position is carried out by closing the working window with a protective plug.

Electronic block

The electronic unit is designed to process signals coming from the measuring unit and to provide the electronic circuits of the device with supply voltages.

The electronic unit consists of:

- amplitude analysis boards;
- signal processing and indication boards;
- power supply unit.

Marking

The device is marked in accordance with GOST 222682

On the front panel there are:

- the name of the device Meter of surface density MT-01;
- the "START" button;
- toggle switch "NETWORK";
- the programming switch "ZOOM";
- programming switch "PAYMENT";
- the dimension of the measurement of the surface density in units of g / cm²;
- LED - power-up indicator;
- LED - indicator of the measurement mode;
- the serial number at the bottom left.

On the rear panel there are:

- connector "sensor" for connecting the measuring unit;
- "EXIT" connector for monitoring the presence of an analog signal coming from the measuring unit;
- fuse insert 0.25 A;
- switch "SET" for setting the measurement time;

- terminal "£" for earthing the device;
- at the bottom left - the date of manufacture of the device.

Operational limitations

To work with the meter, persons who are at least 18 years of age, who have undergone a special medical examination and are trained in the rules for conducting work, the use of radiation protection equipment, as well as personal prevention rules are allowed.

It is forbidden to use a meter with faulty connection cables and a power cord. Before turning on the device, make sure that there is no insulation fault in the connection cable and the power cord.

During operation with the meter, the "Rules for the technical operation of consumer electrical installations" and "Basic Sanitary Rules for Ensuring Radiation Safety (OSPORB-99)" should be implemented.

When measuring during maintenance, adjustment and calibration, the meter must be grounded.

When using the device in general production facilities, the following measures should be observed:

- Attention: while working and checking, the working face of the measuring unit should be directed towards the ground or to the side where there are no people;
- it is necessary to ensure the greatest removal of the measuring unit from maintenance personnel and other persons;
- if possible, reduce the time of work;
- if necessary, use protective screens.

The maximum value of the equivalent dose rate of ionizing radiation in any direction other than the direction of the direct ionizing radiation beam should be no more than 100 $\mu\text{Sv} / \text{h}$ (10 mrem / h) close to the surface of the unit with an ionizing radiation source and not more than 3 $\mu\text{Sv} / \text{h}$ (0, 3 mrem / h) at a distance of 1 m from the surface of the RIP.

Each worker must have an individual dosimeter.

Only the manufacturer of RIPs has the right to recharge the radiation source.

Strictly forbidden:

- leave the appliance unattended;
- open the protective plug of the measuring unit, if no measurements are made;
- work without an individual dosimeter;
- leave the device switched on when the power supply is cut off;
- to open the measuring and electronic blocks of the meter, without having disconnected it beforehand from the network;
- unscrew the collimator of the input beam and remove the container with the radioisotope source.

Preparation of the surface density meter for work and the procedure

Preparation for work

Near the workplace there should be no strong sources of magnetic and electric fields.

By external inspection, make sure the unit is working, check the completeness, the condition of the power cord and the connecting cable.

Ground the instrument.

Set the "NETWORK" toggle switch to the lower position.

Connect the cable from the measuring unit to the "SENSOR" connector on the back of the electronic unit.

Connect the device to an alternating current network with a voltage of 220 V and a frequency of 50 Hz.

Set the "NETWORK" toggle switch to the upper position, while the power-on indication LED of the device should be lit.

Warm the device for 30 minutes.

Checking the actual presence of the radiation source in the measuring unit.

Set the "ZOOM" switch to 99, and the "PAYMENT" switch to the number 000. Do not remove the protective plug.

Press the "START" button on the front panel of the electronic unit, while the indicator LEDs on the front panel and on the measuring unit are signaling that the measuring process is going on.

After the end of the measurement cycle, the indicator LEDs go out, and the result is displayed on the digital three-digit display. If the display shows a non-zero result, then the source of radiation is in the device. The zero measurement result indicates that there is no source of radiation in the measuring unit and that it is impossible to measure the object of control.

How the meter works

Calibration

Set the "NETWORK" switch to the upper position. Remove the protective plug from the measuring unit and install it with a working end

on a standard sample. Set the "ZOOM" switch to 99, and the "COMPENSATION" switch to "000".

Set the SOP1 sample on the working end of the measuring block. Press the "START" button on the front panel of the electronic unit, and the LEDs on the front panel and the measuring unit should be illuminated to indicate that the measuring process is in progress and the measuring unit is not moving relative to the monitored product.

After the end of the measurement cycle, the indicator LEDs go out, and the result is displayed on the digital display.

Repeat the measurements at least 10 times and calculate the average value of N1 for the SOP1 sample. Repeat for the SOP13 sample.

Set the scale factor "m" on the "ZOOM" switch, which is found from the relation

$$m = 99 (\gamma_{13} - \gamma_1) / (N_{13} - N_1),$$

where: γ_{13} and γ_1 are the surface densities of the SOP13 and SOP1 samples, respectively;

N_{13} and N_1 - the instrument readings on, respectively, on the samples of SOP13 and SOP1.

Set on the "Compensation" switch the compensating value of the reading K from the ratio

$$K = 100 (N1 - 99 * \gamma1 / m),$$

rounding it to the nearest whole.

Measurement

Remove the protective plug from the measuring unit and install it with a working end face onto the monitored section of the product.

Press the "START" button on the front of the electronic unit. In this case, the indicator diodes of the measurement mode should be lit on the front panel of the electronic unit and on the measuring unit. After the end of the measurement cycle, the indicator LEDs go out, and the digital display indicates the result of measuring the surface density of the coating at a given point in the product. Record the result of the measurement in the log and the monitoring protocol.

Remove the measuring block from the controlled product.

Close the working face with a protective plug.

Monitoring and maintenance of the surface density meter

In organizations using RIP, the following are held:

- daily: before the work starts a visual inspection with the safety check of the locks of the measuring block;
- Weekly: check the presence of a source in the measuring block;
- quarterly: measurement of the equivalent dose rate on the RIP surface and at a distance of 1 m from it.

Preparing the meter for operation

By external inspection, make sure that the device is working properly, check the completeness, the condition of the power cord and the connecting cable. Ensure that the S1 NETWORK switch is in the OFF position. Connect the cable from the BI to the BE. Connect the meter through the power cable to the AC mains with a voltage of 220 V and a frequency of 50 Hz. Insert the electronic key of the Spectraline program into the USB socket.

Приложение Б

Перв. примен.									
Справ. №									
Подп. и дата									
Инв. № дудл									
Взам. инв. №									
Подп. и дата									
Инв. № подл.									

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Разраб.									
Проб.									
Т.контр.									
Н.контр.									
Утв.									

					Лит.	Масса	Масштаб		
							1:1		
					Лист		Листов		
					1				

Копировал Формат А4

Перв. примен.								
Стрелк. №								
Подп. и дата								
Изм. № докум.								
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Изм. № подл.								

Technical drawing of a mechanical part. The drawing shows a cross-section of a component with a central hole. The hole has a diameter of 25 mm (φ25) and a thread specification of M4.0X1. The part has a total width of 45 mm (φ45) and a total height of 20 mm. The hole is 7.5 mm deep. The part has a chamfered edge with a chamfer angle of 45 degrees. The distance from the chamfer to the edge is 5 mm. The distance from the chamfer to the center of the hole is 12.5 mm. The part has a central hole with a diameter of 16 mm (φ16) and a diameter of 20 mm (φ20) in the middle section.

Копировал

Формат А4

Перв. примен.				
Справ. №				
Подп. и дата				
Инд. № д/д/д				
Взам. инв. №				
Подп. и дата				
Инд. № подл.				

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лит.	Масса	Масштаб
								1:1
						Лист	Листов	1

Копировал

Формат А4