МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра физики твёрдого тела

УДК 539.16.08

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРА РУГ 91-2М

студента VI курса
Толмачёва Ильи Игоревича

Научный руководитель
директор департамента
научных приборов УП «АДАНИ»
Буй Лилия Михайловна

Рецензент
доцент, кандидат физ.-мат. наук
Дежурко Михаил Дмитриевич

«Допустить к защите»
«___» _____ 2019 г.
Зав. кафедрой физики твёрдого тела
доктор физико-математических наук,
профессор В. В. Углов

МИНСК 2019

Реферат

В дипломной работе содержится 53 страницы, 17 рисунков, 12 таблиц, 12 источников.

ГАММА-КВАНТЫ, УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ, РАДИОНУКЛИДЫ, СЦИНТИЛЛЯЦИОНЫЙ ДЕТЕКТОР, NaI(Tl), ГАММА-РАДИОМЕТР, ГАММА-СПЕКТРОМЕТР, СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА, МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ.

Объект исследования – содержание радионуклидов цезия-137, калия-40, радия-226 и тория в продуктах обрабатывающей промышленности.

Предмет разработки – гамма-спектрометр РУГ 91-2М компании АДАНИ.

Целью работы является разработка методики измерений для гамма-спектрометра.

Задачами дипломной работы являются: настройка платы аналого-цифрового преобразования (АЦП); анализ кода микроконтроллера и алгоритма расчета удельной активности радионуклидов; настройка прибора, включающая в себя запись опорных спектров; выполнение серии измерений по определению удельной активности образцов с содержанием радионуклидов цезия-137, калия-40, радия-226, тория-232; статистический анализ экспериментальных данных.

В результате работы:

● настроена плата АЦП;

● выполнен анализ кода микроконтроллера и алгоритма расчета удельной активности. После анализа выявлены несоответствие исходного алгоритма расчета и кода микроконтроллера, а также неверный алгоритм пересчета калия-40. Несоответствие устранено, алгоритм скорректирован, код отлажен и загружен в контроллер;

● настроен прибор. Записаны опорные спектры образцов с содержанием радионуклидов цезия-137, калия-40, радия-226, тория-232;

● проведены эксперименты по определению удельной активности;

● проведена статистическая обработка экспериментальных данных.

Построены графики зависимости пределов точности от удельной активности цезия. Из графиков получены функциональные зависимости характеристик от удельной активности, которые использованы в методике измерений. Составлена методика измерений для гамма-спектрометра.

Рэферат

У дыпломнайпрацыўтрымліваецца 53 старонкі, 17 малюнкаў, 12 табліц, 12 крыніц.

ГАММА-КВАНТЫ, УДЗЕЛЬНАЯ АКТЫЙНАСЦЬ, РАДЫЕНУКЛІДЫ, СЦЫНТЫЛЯЦЫЙНЫ ДЭТЭКТАР, NaI (Tl), ГАММА-РАДЫЁМЕТР, ГАММА-СПЕКТРОМЕТР, СТАТЫСТЫЧНАЯ АПРАЦОЎКА, МЕТОДЫКА ВЫМЯРЭННЯ.

Аб'ектдаследавання - утрыманнерадыёнуклідаў цэзія-137, калія-40, радыя-226 і торыя ў прадуктахапрацоўчайпрамысловасці.

Прадметраспрацоўкі - гама-спектрометр РУГ 91-2М кампанііАдан.

Мэтайпрацыз'яўляеццараспрацоўкаметодыківымярэнняў для гама-спектрометра.

Задачамідыпломнайпрацыз'яўляюцца: налада платы аналога-лічбавагапераўтварэння (АЛП); аналіз кода мікракантролера і алгарытмуразлікуўдзельнайактыўнасцірадыенуклідаў; наладапрыбора, якая ўключае ў сябезапісапорныхспектраў; выкананнесерыівымярэнняў па вызначэнніўдзельнайактыўнасціузораў з утрыманнемрадыенуклідаў цэзію-137, калія-40, радыя-226, торыя-232; статыстычныаналізэксперыментальныхдадзеных.

У вынікупрацы:

● настроена плата АЛП;

● выкананыаналіз кода мікракантролера і алгарытмуразлікуўдзельнайактыўнасці. Пасляаналізувыяўленынеадпаведнасцьзыходнагаалгарытмуразліку і кода мікракантролера, а таксаманяправільныалгарытмпераліку калія-40. Неадпаведнасцьліквідавана, алгарытмскарэкціраваны, код адладжаны і загружаны ў кантролер;

● настроены прыбор. Запісаныяапорныя спектры узораў з утрыманнемрадыенуклідаў цэзію-137, калія-40, радыя-226, торыя-232;

● праведзеныэксперыменты па вызначэнніўдзельнайактыўнасці;

● праведзенастатыстычнаяапрацоўкаэксперыментальныхдадзеных.

Пабудаваныяграфікізалежнасцімежаўдакладнасці ад ўдзельнайактыўнасціцэзія. З графікаўатрыманыфункцыянальныязалежнасціхарактарыстык ад ўдзельнайактыўнасці, якіявыкарыстаны ў методыцывымярэнняў. Складзенаметодыкавымярэнняўдлягама-спектрометра.

Abstract

Diploma work contains 53 pages, 17 figures, 12 tables, 12 sources.

GAMMA-QUANTS, SPECIFIC ACTIVITY, RADIONUCLIDES, SCINTILLATION DETECTOR, NaI (Tl), GAMMA-RADIOMETER, GAMMA SPECTROMETER, STATISTICAL PROCESSING, METHOD OF MEASUREMENT.

The object of study is the content of radionuclides of cesium-137, potassium-40, radium-226 and thorium in the products of the manufacturing industry.

The subject of development is the gamma spectrometer RUG 91-2M of the company ADANI.

The aim of the work is to develop a measurement technique for a gamma spectrometer.

The tasks of the diploma are: setting up an analog-to-digital conversion board (ADC); code analysis of the microcontroller and the algorithm for calculating the specific activity of radionuclides; instrument setup, which includes the recording of reference spectra; a series of measurements to determine the specific activity of samples containing cesium-137 radionuclides, potassium-40, radium-226, thorium-232; statistical analysis of experimental data.

The tasks of the diploma are: setting up an analog-to-digital conversion board (ADC); code analysis of the microcontroller and the algorithm for calculating the specific activity of radionuclides; instrument setup, which includes the recording of reference spectra; a series of measurements to determine the specific activity of samples containing cesium-137 radionuclides, potassium-40, radium-226, thorium-232; statistical analysis of experimental data.

As a result of the work:

● ADC board is configured;

● The analysis of the microcontroller code and the algorithm for calculating specific activity was performed. After analysis, the discrepancy between the original calculation algorithm and the microcontroller code, as well as the incorrect recalculation algorithm potassium-40. The discrepancy is eliminated, the algorithm is corrected, the code is debugged and loaded into the controller;

● device is configured. The reference spectra of samples containing cesium-137, potassium-40, radium-226, and thorium-232 radionuclides were recorded;

● experiments were carried out to determine the specific activity;

● statistical processing of experimental data was performed.

The graphs of the dependence of the accuracy limits on the specific activity of cesium were constructed. From the graphs, functional dependencies of characteristics on specific activity were obtained, which were used in the measurement procedure. A measurement procedure for the gamma spectrometer has been compiled.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ 5
1.1 Источники ионизирующего излучения 5
1.2 Взаимодействие гамма-излучения с веществом 6
1.3 Сцинтилляционные детекторы 11
1.4 Фотоэлектронные умножители 15
ГЛАВА 2 РАДИОМЕТРИЯ 18
2.1 Прибор и его составные части 18
2.2 Сцинтилляционный детектор NaI(Tl) 20
ГЛАВА 3. НАСТРОЙКА ПРИБОРА 23
3.1 Плата аналого-цифрового преобразования (АЦП) 23
3.2 Анализ кода на ошибки. Корректировка. Отладка кода. Загрузка в микроконтроллер 25
3.3 Опорные спектры 26
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ И ИХ СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА 28
4.1 Описание обработки данных 28
4.2 Результаты измерений и их обработка 31
ГЛАВА 5. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ 44
5.1 .....
Назначение и область применения 44
5.2 Точность измерений 45
5.3 Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы, растворы 45
5.4 Метод измерений 46
5.5 Требования безопасности, охраны окружающей среды 46
5.6 Требования к квалификации операторов 47
5.7 Условия измерений 47
5.8 Подготовка к выполнению измерений 48
5.9 Обработка результатов измерений 51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 56
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 57

ВВЕДЕНИЕ

В биосфере Земли содержится более 60 естественных радионуклидов, которые можно подразделить на радионуклиды урано-радиевого и ториевого рядов (32 радионуклида) и радионуклиды, находящиеся вне этих рядов – это 11 долгоживущих радионуклидов (калий-40, рубидий-87 и др.)

Внешнее гамма-облучение, которому подвержен человек, определяется в основном радионуклидами ураново-радиевого и ториевого рядов, а также калия-40.Наибольшую дозу излучения над поверхностью Земли вносят радионуклиды из 30–50-сантиметрового слоя почвы. При этом вклад в среднее значение мощности поглощенной дозы в воздухес учетом средних значений их удельной активности в почве составляет от калия-40 35%, урана-238 – 25%, тория-232 – 40%. Внутреннее облучение человека создается радионуклидами, попадающими с воздухом, пищей и водой внутрь организма. Наибольшуючасть эффективной эквивалентной дозывносят радон-222 и торон-220, а также калий-40, рубидий-87, полоний-210, радий-226 и др.

Как известно, с пищевой продукцией в организм могут поступать такие долгоживущие радионуклиды, как стронций-90 и цезий-137. Цезий-137, период полураспада которого составляет 30 лет, – один из основных компонентов радиоактивного загрязнения биосферы. Основным источником загрязнения цезием являются аварии на атомных электрических станциях. В первые годы после выпадения цезий-137 содержится в основном в верхнем слое почвы (до 10 см). Больше всего цезия поступает в организм с грибами и продуктами животного происхождения.

Относительно строительных материалов значение имеет суммарная эффективная удельная активность естественных радионуклидов (ЕРН) $А_{эфф}$ (Бк/кг), состоящая из удельных активностей радия, тория и калия.

Согласно требованиям нормативных документов(ТР ТС 033/2013, ГОСТ 30108-94), радиационному контролю подлежит вся продукция, производимая на территории радиоактивного загрязнения. На каждую партию продукции оформляется документ, удостоверяющий соответствие содержания радионуклидов установленным уровням. На перерабатывающих предприятиях все сырье и готовая продукция, произведенные на загрязненных радионуклидами территориях, подвергаются тройному радиационному контролю – входному, в процессе переработки сырья, готовой продукции.

Распространенный способ контроля – при помощи гамма-радиометров и гамма-спектрометров, которые регистрируют удельную активность таких радионуклидов, как цезий-137, калий-40, радий-226, торий-232.

Целью работы является разработка методики измерений для гамма-спектрометра.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

● проанализировать имеющийся код и при необходимости доработать его;

● настроить прибор: настроить плату аналого-цифрового преобразован ия, загрузить код в микроконтроллер, отладить код, записать опорные спектры;

● провести эксперименты по определению удельной активности;

● провести анализ экспериментальных данных с целью определения статистических погрешностей метода и прибора.