

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 681.528.2

Мурашко  
Галина Владимировна

Модели и методы поддержки принятия решений настройки  
дозиметрического оборудования

**АВТОРЕФЕРАТ**  
на соискание академической степени  
магистра технических наук

По специальности 1-40 80 05 –Математическое и программное обеспечение  
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Научный руководитель  
Серебряная Лия Валентиновна,  
к.т.н., доцент

Минск 2015

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Постоянно возрастающие потребности современного общества уже невозможно удовлетворить без ядерной энергетики. Например, она позволяет получать сравнительно недорогие электроэнергию и тепло. При этом развитие данной отрасли несет в себе опасность для людей. В отличие от других видов угроз коварность радиации заключается в том, что она не определяется никакими органами чувств человека. Радиация невидима, не имеет цвета и запаха. А последствия влияния даже небольших доз радиации на человеческий организм порой необратимы и губительны. Специальный класс современного оборудования, приборы дозиметрического контроля, позволяет обнаружить и измерить радиоактивное излучение.

Приборы дозиметрического контроля, имеющие возможность подключения и обмена данными со средствами вычислительной техники, такими как, персональный компьютер, появились в начале 2000-х годов. Это существенно расширило возможности и перспективы применения такого оборудования: от карманного дозиметра у обычного потребителя до использования на АЭС в целях контроля радиационной обстановки и на пограничных переходах для поиска контрабандных источников радионуклидов.

В связи с этим наблюдается повышенный спрос на приборы дозиметрического контроля, что позволило наладить в Республике Беларусь их серийное производство. Одним из важных этапов серийного производства является настройка приборов, в результате которой они должны выполнять свои функции и соответствовать стандартам (ГОСТ, ANSI и др.). Производство приборов дозиметрического контроля – наукоемкий процесс, требующий значительных трудозатрат. В связи с этим возникает проблема автоматизации этого производства.

Диссертационная работа посвящена созданию программного стенда, предназначенного автоматизации процесса настройки как уже готовых изделий, так и детекторов, входящих в их состав. Автоматизация настройки дозиметрического оборудования позволяет существенно снизить трудоемкость производства этих изделий, что, в конечном итоге, способствует снижению цены на них и делает их доступными широкому кругу потребителей.

# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

## Цели и задачи исследования

Целью диссертационной работы является разработка методов, алгоритмов принятия решений на основе моделей спектрометрии, и программного стенда настройки дозиметрического оборудования, выпускаемого в серийном производстве.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Исследовать существующие методы и алгоритмы настройки дозиметрического оборудования
2. Исследовать и выбрать математические модели спектрометрии, которые составят фундаментальными основу для проектирования методов и алгоритмов принятия решений при настройке дозиметрического оборудования.
3. Разработать методы и алгоритмы принятия решений для настройки дозиметрического оборудования
4. Спроектировать архитектуру программного стенда для настройки дозиметрического оборудования
5. На основе методов и алгоритмов разработать программное средство автоматизации технологического процесса настройки дозиметрического оборудования в серийном производстве под управлением ОС Windows.

*Объектом* исследования являются проблемно ориентированные системы контроля и принятия решений.

*Предметом* исследования являются математические модели, методы и алгоритмы принятия решений и программное обеспечение компьютерных систем для решения задач автоматизации серийного производства,

Основной *гипотезой*, положенной в основу диссертационной работы, является возможность использования компьютеров общего назначения под управлением ОС MS Windows для решения задач автоматизации калибровки и настройки дозиметрического оборудования на основе методов и алгоритмов принятия решений. Особенностью этих методов и алгоритмов является то, что их основу составляют математические модели, используемые в спектрометрии.

## **Связь работы с приоритетными направления научных исследований и запросами реального сектора экономики**

Работа выполнялась в соответствии с научно-техническими заданиями кафедры «Программное обеспечение информационных технологий» по теме «Модели и методы поддержки принятия решений настройки дозиметрического оборудования» (№ 436-о, № ГР 76. Научный руководитель НИР Л.В. Серебряная) и в рамках научно-технических исследований в ООО «Полимастер», занимающимся серийным производством приборов дозиметрического контроля.

### **Личный вклад соискателя**

Результаты, приведенные в диссертации, получены соискателем лично. Вклад научного руководителя Л.В. Серебряной, заключается в формулировке целей и задач исследования.

### **Апробация результатов диссертации**

Результатом диссертации является 7 разработанных программных стенда для автоматической калибровки дозиметрического оборудования, которые в настоящий момент являются неотъемлемой частью технологического процесса настройки дозиметрического оборудования

### **Опубликованность результатов диссертации**

По теме диссертации опубликована 1 печатная работа, 1 работа находится в печати. Приборы, откалиброванные программными стендами, принимали участие в международных выставках, прибор РМ1704А признан средством измерения.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из общей характеристики работы, введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников, списка публикаций автора и приложения. В первой главе представлен анализ предметной области, выявлены основные проблемы в рамках тематики исследования, показаны направления их решения. Во второй глава рассмотрены математические модели спектрометрии, которые используются для разработки методов и алгоритмов принятия решений. Третья глава посвящена основным методам и

алгоритмам настройки дозиметрического оборудования. В четвертой главе представлена архитектура программного стенда автоматизации настройки дозиметрического оборудования. В пятой главе приведено описание одной из реализаций программного средства автоматизации принятия решений при настройке дозиметрического оборудования и показаны конечные результаты технологического процесса на калибровке дозиметрического оборудования

Общий объем работы составляет 94 страниц, из которых основного текста 60 – страниц, 43 рисунка на 22 страницах, 1 таблица на 1 странице, список использованных источников из 17 наименований на 2 страницах и 3 приложения на 6 страницах.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении определена область и указаны основные направления исследования. Дана краткая характеристика области направлению исследования, показана практическая значимость и актуальность работы.

**В первой главе** рассмотрена прикладная область исследования. Проанализированы существующие алгоритмы и программные средства для обработки спектров. Существует ряд программных средств, которые способны осуществлять настройку дозиметрического оборудования, разработанные компаниями-производителями. Эти программные средства поставляются конечному потребителю дозиметрического оборудования, они предназначены по сути для специалистов в области дозиметрии.

Программные средства для настройки дозиметрического оборудования, существующие в рамках компании удобны при разработке нового прибора или детектора, когда нецелесообразно производить калибровку партий, а необходимо детальное изучение особенностей проектируемого оборудования.

Ни одно из рассмотренных программных средств не удовлетворяет требованиям серийного производства, когда математическую обработку необходимо внедрить в технологический процесс, автоматизировать его избавить от значительного количества ручных операций, что в конечном итоге приведет к повышению производительности.

В главе рассмотрены принципы и особенности реализации системы, предназначенной для визуализации и обработки результатов спектрального анализа. Часть этих принципов может быть использована при проектировании и реализации программного средства для настройки дозиметрического оборудования. Например, группировка файлов спектров и хранение их в определенных форматах.

На основании производственных требований и существующих возможностей определены задачи, которые должен выполнять программный стенд, реализующий настройку дозиметрического оборудования.

**Вторая глава** посвящена математические модели, используемые в спектрометрии: концептуальная модель спектрометра, модель энергетической калибровки, модель пика спектра, модель выравнивания, модель температурной калибровки.

На основе концептуальной модели спектрометра проектируются современные спектрометры, математическое и программное обеспечение как

самых устройств, так и программ на ПК, обрабатывающих данные с этих устройств.

Пик спектра описывается функцией Гаусса. Моделью пика является гауссиан. Параметры функции гаусса такие как амплитуда, центроида, ширина на полувысоте являются исходными данными для энергетической калибровки.

Модель энергетической калибровки является основой для калибровки шкалы спектрометров и основой других спектрометрических калибровок, поскольку она позволяет осуществить переход от спектра, полученного в виде импульсов в канале к спектру в виде энергий в канале. В работе используется модель энергетической калибровки по двум точкам.

Рассмотренные модели являются основой для алгоритмов настройки дозиметрического оборудования.

**В третьей главе** разработаны методы и алгоритмы, предназначенные для использования в технологическом процессе настройки дозиметрического оборудования:

Настройки приборов представляет совокупность методов и алгоритмов, после выполнения которых прибор считается откалиброванным. Настройки приборов включает в себя энергетическую калибровку, калибровку по ОСГИ, температурную калибровку.

Энергетическая калибровка заключается в нахождении коэффициентов линейной зависимости энергии изотопа от канала по двум пикам европия. Алгоритм поиска пика в спектре является основой энергетической калибровки.

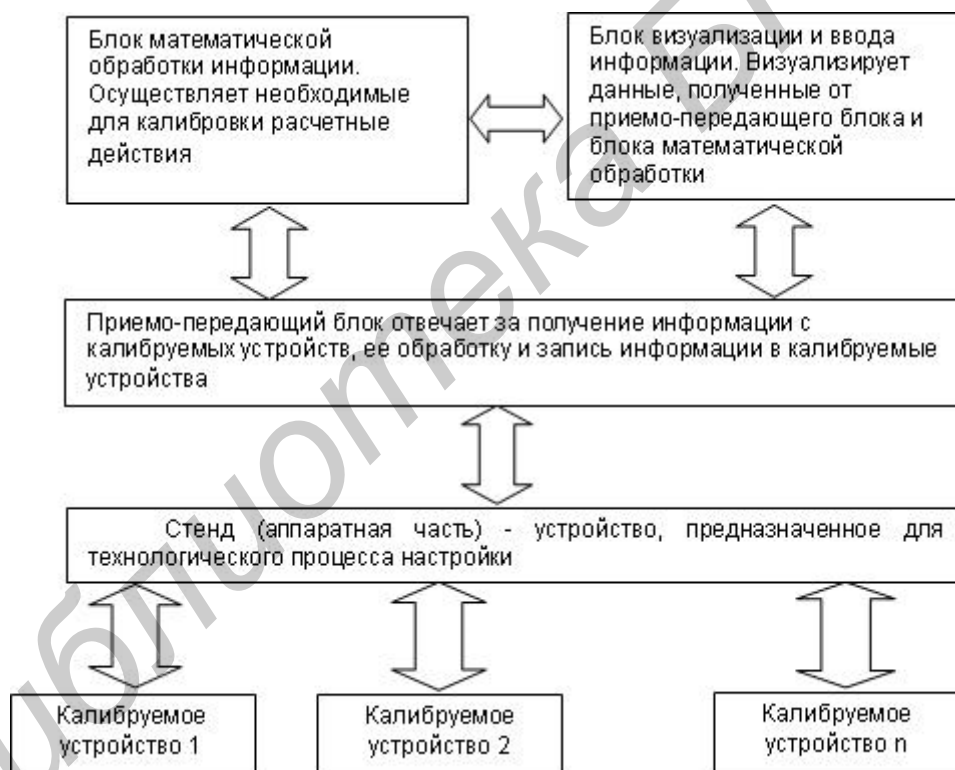
Калибровка по ОСГИ предназначена для уточнения коэффициентов, полученных на этапе энергетической калибровке и для нахождения коэффициентов поджатия спектра. Исходными данными калибровки по ОСГИ являются коэффициенты, полученные на этапе энергетической калибровки и накопленные спектры изотопов ОСГИ. Метод калибровки по ОСГИ также использует алгоритм поиска пика спектра. Результатом калибровке по ОСГИ являются коэффициенты поджатия и уточненные энергетические коэффициенты.

Температурная калибровка предназначена для нахождения энергетических коэффициентов на разных температурных диапазонах. Зависимость энергетических коэффициентов от температуры описывается полиномом второй степени. Исходными данными для температурной калибровки являются коэффициенты, полученные на этапе калибровки по ОСГИ и спектры европия, накопленные при разных температурах. В процессе

температурной калибровки находятся коэффициенты аппроксимирующего полинома. Эти коэффициенты используются для расчета новой температурной таблицы. Результатом температурной калибровки является таблица энергетических коэффициентов для разных температур.

Каждый из этих методов и алгоритмов реализован в программном стенде, автоматизирующем серийное производство приборов дозиметрического контроля. В настоящий момент программный стенд является неотъемлемой частью в серийном производстве

В **четвертой** главе представлена архитектура программного стенда для автоматизации настройки дозиметрического оборудования. Выделены основные архитектурные блоки аппаратно-программного стенда (рис.1) и определено функциональное взаимодействие между блоками. Проанализировано назначение каждого блока программы.



**Рисунок 1 – Архитектура аппаратно-программного стенда настройки радиоизотопных идентификаторов**

Рассмотрены возможные интерфейсы взаимодействия с ПК. Описаны преимущества и недостатки проводных и беспроводных интерфейсов. Взаимодействие с ПК и получение информации от устройств являются одним из важных звеньев в процессе калибровки.



Описан блок визуализации информации, особенностью которого является необходимость визуализации разных данных – параметров, полученных из устройств, накопленных спектров, результатов расчётов.

Представлена архитектура хранения информации, спроектированная с учетом производственных требований и технологического процесса.

На основе спроектированной архитектуры программного стенда были разработаны программные средства для автоматизации настройки дозиметрического оборудования.

**В пятой главе** представлена реализация программного стенда для автоматизации процесса настройки дозиметрического оборудования в серийном производстве. На основе спроектированной архитектуры были разработаны программные стенды для автоматизации настройки дозиметрического оборудования. Программные стенды реализуют методы и алгоритмы энергетической, ОСГИ и температурной калибровки

В настоящий момент существует и функционирует 6 реализаций стенда, позволяющие настраивать разные типы приборов и детекторов.

Показаны результаты по каждому из этапов калибровки для реального устройства. Продемонстрирована часть реализации блока визуализации информации. Блок визуализации информации работает в интерактивном режим с пользователем, что позволяет визуально контролировать и управлять процессом настройки и, при необходимости, вносить в него изменения. Одной из особенностей блока визуализации являются интерактивные графики. Они помогают оператору контролировать результаты автоматических расчетов и, при необходимости, осуществлять их коррекцию в ручном режиме.

Представлен конечный результат после прохождения всех этапов калибровки. Результатом является способность откалиброванного прибора идентифицировать изотопы в накапливаемом спектре. После прохождения устройствами всех этапов калибровки в спектрах, получаемых из приборов должны определяться накапливаемые изотопы (рис.2).



**Рисунок 2 – Идентификация изотопов настроенным прибором**

В этом случае считается, что радионуклидные идентификаторы выполняют свои функции. Программные средства, разработанные на основе алгоритмов калибровок, успешно используются при производстве продукции компании «Полимастер», которая удовлетворяет стандартам Ansi, ISO, ГОСТ, IEC.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **Основные научные результаты диссертации**

1. Разработаны методы и алгоритмы принятия решений при настройке дозиметрического оборудования. В разработанных методах и алгоритмах использовались основные математические модели спектрометрии. Так же разработаны дополнительные алгоритмы, требующиеся в методах калибровки дозиметрического оборудования.

2. Спроектирована архитектура программного стенда, предназначенного для калибровки дозиметрического оборудования в условиях серийного производства. Архитектура программного стенда соответствует технологическим требованиям, принятым на производстве.

Архитектура программного стенда является основой для разработки программных стендов, осуществляющих настройку разных типов выпускаемых приборов.

3. На основе спроектированной архитектуры программного стенда разработаны программные стенды для автоматизации настройки приборов и детекторов в серийном производстве

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

1. В настоящее время разработанные стенды используются на производственном участке ООО «Полимастер», эффективно автоматизируя процесс настройки приборов и детекторов, что позволяет снизить трудоемкость операции настройки и трудозатраты при производстве приборов. Так как архитектура программного средства была разработана и с учетом требований технологического процесса, предусматривалась возможность гибкого изменения, то разработка любого нового программного стенда на основе этой архитектуры занимает достаточно короткое время. Для каждого из разработанных программных средств написана технологическая инструкция по настройке приборов.

2. Так как программное средство автоматизировало процесс калибровки, то для ее проведения больше не требуются специалисты с глубоким знанием спектрометрии. Прибор РМ1704А утвержден как средство измерения [3]. Составной частью этого прибора является детектор, который калибровался программным стендом, реализующем методы и алгоритмы принятия решений настройки дозиметрического оборудования.

3. Некоторые алгоритмы, реализованные в программном стенде (например, поиска пика и скользящего среднего), портируются в ПО приборов-идентификаторов.

4. Предложенные в работе модели, методы и алгоритмы могут быть использованы для разработки программных средств, предназначенных не только для настройки дозиметрического оборудования на производстве, но и для калибровки у конечного потребителя. В настоящий момент уже имеется разработанная с их использованием программа для нового прибора РМ1703МО-ВТ [5].

5. Спроектированная архитектура программного средства может быть использована для разработки новых программных стендов на платформе .NET

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Мурашко Г.В. Система автоматизации настройки радиоизотопных идентификаторов / Мурашко Г.В. Серебряная Л.В. // 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов по направлению 4: Компьютерные системы и сети : материалы конф. (Минск, 13-17 апреля 2015 года) – Минск, БГУИР, - 2015 55 с

2. Мурашко, Г.В. Аппаратно программный комплекс автоматизации настройки радиоизотопных идентификаторов / Г.В. Мурашко, Г.В. Л.В. Серебряная Л.В.// – Минск, БГУИР, - 2016 (в печати)

3. Свидетельство об утверждении типа средств измерений «ВУ.С.38.999.А» №59744 «Измерители-сигнализаторы поисковые ИСП-РМ1704А». Регистрационный №61548-15. Тип средств измерений утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 сентября 2015 г. №1089. (Разработчик программного обеспечения для калибровки и настройки прибора и входящих в его состав детекторов).

4. Выставка «Оборудование, приборы и материалы неразрушающего контроля качества сварных соединений» в рамках VII-го отраслевого совещания ПАО Газпром, 21-25 сентября 2015 года Минск. Представлены РМ1208М, РМ1603 и РМ1604, МКС-РМ1401К-3. Разработчик программного обеспечения для калибровки и настройки приборов и входящих в их состав детекторов

5. Конференция “National Radiation Preparedness Conference -2015”, 27 по 30 апреля 2015 г. Сакраменто, Калифорния. Учения с реальными источниками.