

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра ядерной физики

СМОЛОВСКИЙ
Сергей Сергеевич

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКА ЭЛЕКТРОНОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ
МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОТНОМЕРА С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ GEANT4

Дипломная работа

Научный руководитель:

кандидат технических наук,
доцент И. А. Титовицкий

Допущена к защите



«15» сентября 2020 г.

Заведующий кафедрой ядерной физики
кандидат физико-математических наук, доцент А. И. Тимошенко

Минск, 2020

Содержание

Определения	4
Реферат	5
Рэферат	6
Abstract	7
Введение	8
Глава 1. Анализ методов измерения массы метра квадратного бумажного полотна.	10
Глава 2. Радиоизотопный метод измерения плотности бумажного полотна .	12
§ 2.1. Выбор вида ионизирующего излучения и описание физики процессов	12
§ 2.2. Выбор бета-источника и его оптимальных характеристик	13
§ 2.3. Учет уменьшения активности радиоизотопа с течением времени	15
Глава 3. Моделирование прохождения элементарных частиц через вещество с использованием методов Монте-Карло	17
§ 3.1. Идея методов Монте-Карло	17
§ 3.2. Программный пакет моделирования GEANT4.....	18
§ 3.3. Основные концепции программного пакета GEANT4	18
Глава 4. Исследование особенностей построения радиоизотопного плотномер ЛЕБ-1 и разработка его геометрической модели.....	22
§ 4.1. Исследование особенностей построения радиоизотопного плотномер ЛЕБ-1	22
§ 4.2. Разработка приближенной геометрической модели для моделирования	26
§ 4.3. Моделирование энергетических бета-спектров Kr-85 и Pm-147	28
Глава 5. Оценка влияния электростатического заряда бумажного полотна на метрологические характеристики плотномер ЛЕБ-1 с ИИИ Kr-85 и Pm-147	31
§ 5.1. Основные этапы моделирования	31
§ 5.2. Результаты моделирования для источника на основе Kr-85	31
5.2.1. Результаты моделирования для блока с источником.....	31
5.2.2. Влияние статического заряда	34
5.2.3. Влияние смещения бумажного полотна.....	37
5.2.4. Совместное влияние двух факторов	38
5.2.5. Результаты моделирования калибровочных кривых для Kr-85.....	39
§ 5.3. Результаты моделирования для источника на основе Pm-147.....	40
5.3.1. Результаты моделирования для блока с источником.....	40
5.3.2. Влияние статического заряда	41
5.3.3. Влияние смещения бумажного полотна.....	44
5.3.4. Совместное влияние двух факторов	45

§ 6. Оптимизация метрологических параметров ЛЕБ 1 с учетом проведенного моделирования.....	46
Вывод.....	47
Список использованных источников	48

Реферат

Дипломная работа: 49 с., 25 рис., 4 табл., 18 ист.

Объект исследования: моделирование полевых характеристик бета-излучения.

Предмет исследования: моделирование потока электронов для плотномер ЛЕБ-1 бумаги.

Цель работы: смоделировать влияние таких факторов как наличие статического заряда на бумаге и его смещение в измерительном зазоре, которые могут оказывать влияние на точность измерения массы метра квадратного плотномером ЛЕБ-1 с использованием источников на основе изотопов Kr-85 и Pm-147.

Решаемые задачи: изучение плотномер ЛЕБ-1, построение его модели для моделирования. Выполнение моделирования средствами GEANT4 влияния статического заряда бумаги. Анализ результатов моделирования. Оптимизация метрологических характеристик плотномер ЛЕБ-1.

Основные результаты: выполнен анализ методов измерения массы метра квадратного бумажного полотна; изучена особенность построения плотномер ЛЕБ-1; получена математическая модель плотномер ЛЕБ-1 для источников на основе Kr-85 и Pm-147; выполнено моделирование влияния статического заряда на энергетические характеристики потока электронов; проведен анализ результатов моделирования; предложены варианты оптимизации метрологических характеристик плотномер ЛЕБ-1.

Практическая польза: полученные результаты моделирования и оптимизации могут быть использованы для оценки пригодности использования плотномер ЛЕБ-1 на производстве с более строгим установленным требованием к качеству бумаги.

Рэферат

Дыпломная праца: 49 с., 25 мал., 4 табл., 18 кр.

Аб'ект даследавання: мадэляванне палявых характарыстык бэта-выпраменьвання.

Прадмет даследавання: мадэляванне патоку электронаў для плотномера ЛЕБ-1 паперы.

Мэта працы: змадэляваць ўплыў такіх фактараў, як наяўнасць статычнага зараду на паперы і яго зняцце ў вымяральным зазоры, якія магу аказваць уплыў на дакладнасць вымярэння масы метра квадратнага плотномером ЛЕБ-1 з выкарыстаннем крыніц на аснове ізатопаў Kr-85 і Pm-147.

Вырашальныя задачы: вывучэнне плотномера ЛЕБ-1, пабудова яго мадэлі для мадэлявання. Выкананне мадэлявання сродкамі GEANT4 ўплыву статычнага зараду паперы. Аналіз вынікаў мадэлявання. Аптымізацыя метралагічных характарыстык плотномера ЛЕБ-1.

Асноўныя вынікі: выкананы аналіз метадаў вымярэння масы метра квадратнага папяровага палатна; вывучана асаблівасць пабудовы плотномера ЛЕБ-1; атрымана матэматычная мадэль плотномера ЛЕБ-1 для крыніц на аснове Kr-85 і Pm-147; Выканана мадэляванне ўплыву статычнага зараду на энергетычныя характарыстыкі патоку электронаў; праведзены аналіз вынікаў мадэлявання; прапанаваны варыянты аптымізацыі метралагічных характарыстык плотномера ЛЕБ-1.

Практычная карысць: атрыманыя вынікі мадэлявання і аптымізацыі могуць быць выкарыстаны для ацэнкі прыдатнасці выкарыстання плотномера ЛЕБ-1 на вытворчасці з больш строгім усталяваным патрабаваннем да якасці паперы.

Abstract

The graduate work: 49 p., 25 fig., 4 tab., 18 ref.

Object of the study: simulation field characteristics of beta radiation.

Subject of the study: simulation of electron field for paper densitometer LEB-1.

Objective: simulate the influence of factors such as the presence of a static charge on paper and its displacement in the measuring gap, which can affect the accuracy of measuring the mass of a square meter with the LEB-1 densitometer using sources based on the Kr-85 and Pm-147 isotopes.

Tasks to be solved: studying the LEB-1 densitometer, building its model for modeling. Simulation using GEANT4 effects of static paper charge. Analysis of simulation results. Optimization of metrological characteristics of the LEB-1 densitometer.

Main results: the analysis performed of methods for measuring the mass of a meter of square paper web; studied the construction of the density meter LEB-1; the mathematical model of the LEB-1 densitometer for sources based on Kr-85 and Pm-147 was obtained; the simulation of the effect of static charge on the energy characteristics of the electron flow is performed; the analysis performed of the simulation results; options for optimizing the metrological characteristics of the LEB-1 densitometer are proposed.

Practical benefit: the obtained simulation and optimization results can be used to assess the suitability of using the LEB-1 densitometer in production with a more stringent established requirement for paper quality.