

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Д. В. Юновидова

«Программно-аппаратный рентгенофлуоресцентно–оптический комплекс для анализа сложных фосфорсодержащих удобрений», представленную на соискание

учёной степени кандидата технических наук

по специальности 01.04.01 «Приборы и методы экспериментальной физики»

Актуальность темы

Диссертационная работа Юновидова Д. В. посвящена созданию приборного комплекса для экспрессного и информативного контроля качества промышленно производимых сложных минеральных удобрений, который включает в себя как создание макета оборудования, так и разработку программной части комплекса. В качестве приборных составляющих используется метод энергодисперсионного (ЭД) рентгенофлуоресцентного анализа (РФА), дополненный оптическим регистратором для распознавания поверхности исследуемых объектов. Одна из основных задач автора – создание базы данных физико-химических свойств исследуемых проб для последующего применения различных статистических методов работы с большими массивами данных, реализованных на языке программирования Python 2.7. Это является весьма актуальной задачей, поскольку на сегодняшний день производства нуждаются в комплексном подходе к анализу информации о качестве производимой продукции и о протекающих физико-химических процессах. Использование описанных автором статистических алгоритмов работы с базами данных и создание простых и экспрессных систем контроля множества физико-химических свойств промышленных процессов и объектов считаю достаточно актуальной и востребованной задачей.

Краткое содержание работы

Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов, списка литературы (всего девять разделов) и одного приложения. Каждая глава

логически связана с предыдущей и задачами, которые поставил автор, а также завершается перечнем полученных в ней результатов и промежуточных выводов. В приложении автор приводит программную реализацию основных использованных алгоритмов. Введение посвящено рассмотрению актуальности поставленной цели и общей структуры работы. В первой главе, сделан достаточный обзор существующих возможных способов решения поставленных задач, сделаны логичные выводы о дальнейшем ходе работы. Глава 2 посвящена основным алгоритмам работы с большими массивами данных. Стоит отметить, что рассмотренные алгоритмы реализованы в библиотеках языка Python 2.7, находящихся в открытом доступе. В заключении главы обоснован выбор ключевых алгоритмов обработки данных, используемых в работе: регрессия (множественная, с регуляризацией), классификация (линейная с градиентным спуском, алгоритм случайного леса, наивный Байесовский подход), кластеризация (метод к-средних). В третьей главе приводится классическая постановка экспериментальной работы: рассмотрены основные приборы и реактивы, использованные рабочие пробы и техники работ с различным оборудованием. Глава 4 посвящена описанию получения сигналов с предложенного автором комплекса. Дополнительно описана разработанная оптическая установка и тип анализа фотографий поверхности объектов. В целом, предложенный комплекс действительно позволяет получить значительную информацию об исследуемом объекте. В результате, автор создает достаточно обширную базу данных широкого спектра физико-химических свойств исследованных минеральных удобрений. Стоит отметить, что использование только Ка линий макро элементов, находящихся в удобрениях является достаточно спорным моментом и уменьшает информативность ЭД РФА спектра. Глава 5 описывает статистический анализ полученной базы данных. Автор проводит программную оптимизацию каждого из использованных алгоритмов и рассчитывает основные метрики качества. Использование подобной стратегии действительно приводит к универсальности рассмотренных моделей и

позволяет проводить определение содержания различных химических элементов (N, P, S, K), типа, марки, фракционного состава и степени обработки кондиционирующими добавками в рассмотренных минеральных удобрениях в достаточно широких диапазонах. Приводится пример косвенного определения азота в рассмотренных типах удобрений. В главе 6 проведено промышленное испытание разработанного комплекса и программного обеспечения, рассмотрено решение нетривиальных задач контроля качества производимой продукции. Приводятся примеры работы программно-аппаратный комплекса как единого целого, так и в виде отдельных комплектующих: ЭД РФА спектрометра и системы оптического распознавания изображений поверхности исследуемых объектов. Например, с использованием разработанного автором оптического регистратора исследовался гранулометрический состав удобрений, их сферичность и качество обработки кондиционирующими добавками. Приведен алгоритм работы программного обеспечения. Результаты использования программно-аппаратного комплекса в Балаковском филиале АО «Апатит» при переходе производства с марки NP(S) 12-40(10) на марку NP(S+S)+Zn показали, что предложенный способ контроля качества значительно сокращает время проведения анализа (с 60 до 10 минут) и позволяет информативно контролировать процесс практически в режиме «on-line».

Результаты работы

- Разработан комплексная система контроля качества сложных фосфорсодержащих минеральных удобрений на базе ЭД РФА и оптического регистратора поверхности в виде единого аппаратного и программного обеспечения.
- Создана единая база данных физико-химических свойств исследуемых объектов с которой становится возможным использование статистических методов работы с большими массивами информации.

- Показана возможность косвенного определения содержания азота в сложных фосфорсодержащих удобрениях.
- Разработано и автоматизировано алгоритмическое и программное обеспечение на языке Python 2.7 для выделения и расчета информативных признаков при контроле качества производимой продукции.
- Расширен диапазон определяемых физико-химических свойств удобрений, объединяющий в себе широкий спектр различных типов и марок удобрений.
- Разработана схема оптического регистратора поверхности исследуемых объектов, который может работать как в комплексе с ЭД РФА, так и как отдельный прибор.

Научная новизна

Новизна работы связана с созданием и апробацией в производственных условиях аппаратно-программного комплекса, ранее не применявшегося в промышленности минеральных удобрений. Суть подхода заключается в комплексном учете различных физико-химических свойств сложных фосфорсодержащих минеральных удобрений посредством создания базы данных на основе матрицы «объекты-признаки», позволяющей в дальнейшем использовать методы статистической обработки (регрессия, классификация и кластеризация). Особого внимания заслуживает разработанная вторая форма представления качества минеральных удобрений в виде проекции на главные компоненты, с помощью которой возможно информативное сопровождение выпуска новых марок и переходных процессов в промышленности.

Оригинальность разработанной системы оптического контроля поверхности заключается в его гибкости и универсальности. Так, предложенную схему можно использовать в качестве дополнительного источника информации для ЭД РФА спектрометров или как самостоятельную систему контроля гранулометрического состава, фактора формы, цветности и

степени обработки кондиционирующими добавками различных минеральных удобрений.

Практическая значимость

Практическая значимость работы обусловлена информативностью, экспрессностью и универсальностью предложенного программно-аппаратного комплекса. Программная реализация всех использованных в работе алгоритмов и методов работы с информацией так же представляется значимым. Отдельно стоит отметить расширение диапазона определяемых значений целого ряда физико-химических свойств исследованных объектов, таких как: массовая доля азота, фосфора, калия и серы; фракционный и гранулометрический состав; степень обработки кондиционирующими добавками. Предложенные алгоритмы свертки всех выделяемых свойств в две компоненты могут использоваться для информативного и наглядного представления понятия «качество» для каждого из рассмотренных в работе объектов, что так же востребовано в промышленном производстве.

Достоверность результатов

Достоверность работы подтверждается хорошим соответствием теоретических выводов и практических результатов по всем предложенным моделям расчета исследуемых физико-химических свойств. Утверждение о корректности представления исследуемых объектов в пространстве двух компонент подтверждено промышленными испытаниями. Положение о высокой экономичности разработанного комплекса доказывается не только теоретическими оценками, но и прямыми измерениями временных затрат в рамках проведенного промышленного испытания.

Замечания

- Предположение автора об использовании только обнаруженных в спектрах исследованных проб спектральных линий выглядят достаточно спорно. В случае появления загрязняющих примесей данная модель может оказаться нестабильной.

- Математические основы рассмотренных статистических методов работы с большими массивами данных рассмотрены достаточно поверхностно.
- В случае написания методик и прочей нормативной документации к данному программно-аппаратному комплексу, рассмотренное разнообразие объектов может оказаться недостаточным.


Отмеченные недостатки не снижают практическую и научную ценность работы и не влияют на обоснованность защищаемых положений.

Заключение

Диссертация представляет собой завершенное научное исследование, выполненное автором самостоятельно и на достаточно высоком уровне. В ней содержится достаточно полное исследование физико-химических свойств исследованных объектов методами ЭД РФА и оптической регистрации. Создан единый программно-аппаратный комплекс, повышающий эффективность и надежность контроля качества промышленно выпускаемых сложных фосфорсодержащих удобрений. Тематика диссертационного исследования полностью соответствует паспорту специальности 01.04.01 пункту «Разработка и создание экспериментальных установок для проведения экспериментальных исследований в различных областях физики». Полученные автором результаты являются новыми, обоснованными и достоверными. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Работа соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК, а ее автор Д.В. Юновидов заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

Технический директор ООО «Ньюком-НДТ»
(Санкт-Петербург, проспект Непокорённых
дом 49 А, офис 525, тел. 8-812-313-96-74,
эл. почта kb@newcom-ndt.ru),
кандидат физико-математических наук
Багаев Кирилл Александрович


20 ноября 2017

Подпись К.А. Багаева удостоверяю:

Генеральный директор
ООО «Ньюком-НДТ»



А.В. Пузанов