

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 Д.В.Юновидова посвящена созданию программно-аппаратного комплекса для экспрессного и информативного контроля качества промышленно производимых сложных минеральных удобрений. В качестве аппаратных составляющих используется метод энергодисперсионного (ЭД) рентгенофлуоресцентного анализа (РФА), а также система оптического распознавания поверхности исследуемых объектов. При этом основной упор автор делает на создание базы данных широкого спектра физико-химических свойств исследуемых объектов. При формировании базы используются статистические методы обработки данных, в частности, регрессионный анализ, классификация и кластеризация. Это является весьма актуальной задачей, поскольку в процессе производства, как правило, нельзя говорить о представительности какого-то одного типа анализа для полноценной характеристики качества выпускаемого продукта. Таким образом, создание простых, экспрессных систем контроля множества физико-химических свойств промышленных объектов и использование алгоритмов работы с большими массивами информации весьма востребованы в производственных процессах.

Несмотря на большой парк различных физико-химических приборов контроля отдельных параметров производимой продукции, на большинстве промышленных предприятий слабо используются возможности современных информационных технологий для создания единых баз данных, в которых бы

накапливалась вся информация о процессе производства. Применяемые методы контроля остаются разрозненными источниками данных, что характерно не только для промышленности по производству минеральных удобрений. Одна из поставленных автором целей диссертации как раз направлена на создание единого аппаратно-программного комплекса, позволяющего по сигналам, полученным от различных приборов, формировать единую базу данных, в которой накапливается и хранится совокупность данных, характеризующих качество производимых сложных фосфорсодержащих удобрений.

Вторая составляющая диссертации – разработанная автором модель расчета физико-химических параметров качества. Использование данной модели позволяет определять не только явные параметры: содержание P, S, K, типа, марки, фракционного состава и степени обработки кондиционирующими добавками (к.д.), непосредственно измеряемые прибором, но и неявный параметр – содержание азота, прямое определение которого методом ЭДРФА невозможно.

Автором разработано необходимое алгоритмическое и программное обеспечение комплекса, позволяющее автоматизировать процесс сбора и необходимой статистической обработки сигналов, выявлять наиболее информативные признаки, классифицировать объекты, оценивать неявные параметры. Это позволит оперативно выполнять мониторинг всей производственной цепочки, своевременно выявлять и устранять причины и источники снижения качества продукции. Кроме того, данные, оперативно полученные разработанным аппаратно-программным комплексом, могут быть использованы в автоматизированных системах управления технологическими процессами, что позволит повысить эффективность управления и качество продукции.

Таким образом, сформулированная автором проблема создания комплексного программно-аппаратного метода контроля качества

промышленно производимых сложных фосфорсодержащих удобрений является весьма актуальной.

Краткое содержание работы

Диссертация состоит из девяти разделов и приложения: введение, шесть глав, выводы и список литературы. Каждая глава завершается перечнем полученных в ней результатов и промежуточных выводов. В приложении автор приводит реализацию основных использованных в работе алгоритмов на языке программирования Python 2.7, что бесспорно добавляет работе практической значимости.

Введение (раздел 1) посвящено рассмотрению актуальности поставленной цели и общей структуры работы.

В разделе 2 (Обзор литературы), помимо постановки задачи, сделан весьма широкий обзор как отечественного, так и зарубежного промышленного производства сложных фосфорсодержащих удобрений. Описаны различные подходы к анализу больших массивов данных и различные методы контроля физико-химических параметров исследуемых объектов.

В разделе 3 (Теоретическая часть) рассмотрены и проанализированы основные алгоритмы статистической обработки больших массивов данных. По результатам анализа выбраны ключевые алгоритмы обработки данных: множественная регрессия (в том числе и с регуляризацией), линейная классификация, классификация на основе алгоритма случайного леса, проекция на главные компоненты. Не совсем обоснованным выглядит выбор наивного Байесовского классификатора, поскольку объем рассматриваемых данных, скорей всего, будет недостаточен для подобного типа алгоритмов. Приведены параметры алгоритмов, которые требуют оптимизации. Выбранные алгоритмы реализованы автором на языке Python 2.7 в программном обеспечении разработанного комплекса.

В разделе 4 (Постановка экспериментальной части) проводится достаточно полное рассмотрение объектов исследования и методик анализа. Приведена и обоснована процедура проведения физического эксперимента для получения необходимых экспериментальных данных.

Раздел 5 (Модернизация оборудования и выделение физико-химических признаков объектов) посвящен описанию разработанного аппаратного комплекса. Приведены процедуры выделения и обработки сигналов, полученных от ЭД РФА и автоматического распознавания изображения поверхности объекта. Автором предложена собственная функциональная схема оптического регистратора для получения изображения поверхности. И, хотя данная схема является достаточно примитивной, выделяемая с ее помощью информация действительно органически дополняет ЭД РФА. На основе использования сигналов, полученных от ЭД РФА и оптического регистратора, автором предложен алгоритм создания базы данных широкого спектра физико-химических свойств объектов, пока еще не связанных в явном виде с параметрами качества сложных фосфорсодержащих удобрений.

Раздел 6 (Построение моделей классификации, регрессии и кластеризации) описывает применение выбранных ранее статистических методов анализа больших массивов данных для решения конкретных задач исследования. Рассматриваются различные вариации алгоритмов, реализованные на языке Python 2.7, и приводятся основные критерии качества их работы. Так, показана возможность определения всех основных показателей качества сложных фосфорсодержащих минеральных удобрений: содержание различных химических элементов (N, P, S, K), тип, марка, фракционный состав и степень обработки кондиционирующими добавками. Стоит отметить, что в работе показана возможность косвенного определения азота, содержание которого является чрезвычайно важным параметром для данного типа удобрений. Приведены алгоритмы свертки большого объема данных в пространство двух координат, что обеспечивает высокую

информативность предложенного программно-аппаратного комплекса даже для неспециалистов.

В разделе 7 (программная реализация алгоритмов и проведение опытно-промышленных испытаний) приводится апробация разработанных Юновидовым Д.В. подходов на практике в лабораторных и производственных условиях.

Необходимо отметить, что отдельные элементы разработанного программно-аппаратного комплекса могут работать и в качестве отдельных приборов. Так, предложенная схема оптического регистратора позволяет исследовать гранулометрический состав удобрений и их качество обработки кондиционирующими добавками. Важным результатом является реализация всех описанных подходов и алгоритмов в едином программном обеспечении.

Результаты работы

- Разработан единый программно-аппаратный комплекс на основе ЭД РФА и оптического контроля поверхности, который позволил выделить значимые химические и физические параметры для эффективного мониторинга качества промышленных объектов.
- Показана возможность определения содержания азота в сложных фосфорсодержащих удобрениях по косвенным признакам с использованием составленной базы данных.
- Разработан алгоритм выделения и расчета информативных признаков при контроле качества производимой продукции, реализованный в программном обеспечении.
- Показана возможность решения разработанным в настоящей работе программно-аппаратным комплексом расширенного перечня задач по сравнению с классическим методом РФА.
- Полученные значения оценок качества контроля позволяют сделать вывод, что предложенный автором подход расширяет диапазон

определяемых физико-химических свойств удобрений, сделав его универсальным для всех исследованных объектов.

Научная новизна

Новизна разработанного автором подхода связана с комплексным учетом различных физико-химических свойств промышленно производимых сложных фосфорсодержащих минеральных удобрений. Так, использована ранее не применявшаяся форма представления качества минеральных удобрений в виде проекции на главные координаты, с помощью которой возможно информативное сопровождение выпуска новых марок и переходных процессов в промышленности. Создана аналитическая база данных физических и химических свойств исследуемых объектов, позволяющая увеличить точность и быстродействие измерений.

Оригинальность предложенного аппаратного комплекса заключается в комбинировании ЭД РФА с системой оптического контроля поверхности. Так, интересным свойством данного комплекса является его гибкость и универсальность: тип информации зависит от использованного освещения (белый свет или ультрафиолет) и способа обработки изображения (детектирование артефактов поверхности или непосредственно объектов). Сам комплекс может использоваться как в лабораторных, так и в промышленных условиях.

Практическая значимость

Практическая значимость предложенного программно-аппаратного комплекса обусловлена простотой и универсальностью его использования. Для практики представляет интерес программная реализация всех описанных статистических моделей и алгоритмов работы комплекса, а также возможность использования в производственных условиях. Предложенная схема комплексного анализа сложных фосфорсодержащих удобрений может быть использована для минимизации потерь сырья и энергоресурсов при переходе с одной производимой марки на другую.

Разработанная и реализованная методика контроля таких физических свойств гранулированных минеральных удобрений, как гранулометрический состав и качество обработки кондиционирующими добавками также представляет значительный практический интерес для промышленности минеральных удобрений в целом.

Использование разработанного автоматизированного аппаратно-программного комплекса в измерении физико-химических параметров сырья, промежуточных и готовых продуктов обеспечит повышение оперативности контроля хода основных технологических процессов. Это, в свою очередь, позволит существенно повысить качество автоматизированного управления этими процессами и, в конечном итоге, поднять эффективность производства в целом.

Достоверность результатов

Достоверность результатов проведенных расчетов подтверждается хорошим соответствием теоретических выводов и практических результатов по всем предложенным моделям расчета исследуемых физико-химических свойств. Утверждение автора о высокой экономичности метода доказывается не только теоретическими оценками, но и прямыми измерениями временных затрат.

Замечания

1) Алгоритм выделения «физико-химических» признаков пробы из РФ-спектра, представленный в таблице 3.1 описан весьма поверхностно. В частности, процедура определения рациональных значений целого ряда настраиваемых параметров алгоритма (степень полинома, порог отбрасываемых частот, число итераций в фильтре и т.п.) практически не описана, а лишь бегло упоминается в пункте 3.6.3.

2) В разделе 6 на стр.116 автором использована неудачная терминология в фразе: «основное отличие программного подхода от математического заключается в итерациях – именно итеративные приближения заложены в основу практически всех рассматриваемых в работе алгоритмов». Нельзя противопоставлять «программный» подход математическому. По-видимому, речь идет об аналитическом решении и численных, итерационных методах поиска решений.

3) В работе следовало больше уделить внимания сравнению результатов работы предложенного комплекса с результатами, полученными с используемыми на производстве методиками контроля отдельных показателей качества. Так, например, хотелось бы сравнить полученные результаты с классическими методами анализа, такими как спектрофотометрия или титрование. Хотя по времени, затрачиваемому на проведение одного измерения, предложенный подход существенно превосходит применяемые в настоящее время методы контроля.

Отмеченные недостатки не снижают научную и практическую 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 решение задачи комплексного учета различных физико-химических параметров, получаемых с помощью оригинальной программно-

аппаратной системы контроля. Работа соответствует паспорту специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики», в частности: проводится изучение физических явлений и процессов, которые используются для создания нового метода контроля производимой продукции; предложены новые принципы и методы измерений физических величин, позволяющие существенно увеличить точность, чувствительность и быстродействие измерений; разработана и создана установка для проведения экспериментальных исследований и приведена процедура автоматизации физического эксперимента. Полученные автором результаты являются достаточно новыми, обоснованными и достоверными. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации. Опубликованные работы соответствуют содержанию диссертации и автореферата, а также позволяют судить о значимости личного вклада соискателя в проведенное исследование.

Работа соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней (утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г., № 842), а ее автор Д.В. Юновидов заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой
автоматизированных и
информационных систем управления,
Старооскольского технологического
института им. А.А. Угарова (филиал)
ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский технологический
университет «МИСиС»

Тел.: 45-12-10, добавочный 201
e-mail: erem49@mail.ru

Подпись Ю.И. Еременко
удостоверяю: начальник отдела
кадров Старооскольского
технологического института им.
А.А. Угарова (филиал) НИТУ
«МИСиС»



Еременко Юрий Иванович

29.11.2017



Перминова Ольга Николаевна