

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента, доктора технических наук,  
Благовещенского Ивана Германовича на диссертационную работу  
Трынкиной Любови Владимировны «Автоматизированные CALS-  
системы для аналитического мониторинга производства химических  
реактивов и особо чистых веществ», представленную на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности  
05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими  
процессами и производствами

### **Актуальность темы.**

Химические реактивы и особо чистые вещества во многом определяют развитие наиболее инновационных отраслей промышленности. С развитием фундаментальных исследований и современной техники возросли требования к чистоте материалов и увеличилось число параметров, характеризующие чистоту. Одновременно возросли требования к методам аналитического контроля и соответствующим аналитическим приборам. Выполнение этих требований невозможно без использования автоматизированных систем аналитического мониторинга, разработка которых посвящена диссертационная работа Трынкиной Л.В.

Следует отметить, что основные разделы диссертации выполнялись в рамках фундаментальных и прикладных проектов, в том числе государственных: грант РФФИ № 16-07-00823 «Теоретические основы разработки и внедрения автоматизированных CALS-систем управления жизненным циклом научных исследований в химической промышленности»; договор Евразийской экономической комиссии № Н-16/98; государственные контракты Госкорпорации «Роскосмос» (№ 177-К239/15/174, № 187-Л106/16/286); проекты Минобрнауки России (№ 02.513.12.3072, № 02.513.12.3073) и Минпромторга России № 16.1CA.12.8003, № 14411.9990019.13.075 «Разработка рекомендаций по развитию малотоннажной химии для обеспечения высокотехнологичных отраслей промышленности особо чистыми веществами и химреактивами». В связи с этим, комплексные исследования по созданию автоматизированных CALS-систем для аналитического мониторинга производства химических реагентов и особо чистых веществ делают данную работу **актуальной** и **востребованной**.

### **Основное содержание работы.**

Представленная диссертация состоит из пяти глав. Работа изложена на 152 страницах и включает в себя 19 таблиц, 45 рисунков и список литературы (160 наименований).

**В первой главе** проведен анализ химических реагентов и особо чистых веществ по таким специфическим характеристикам как квалификация, примесный состав, маркировка и т.д. В табличной форме приведены обозначения чистоты продуктов в соответствии с ГОСТ 13867-68 (табл. 1.1, стр. 17). Рассмотрено взаимодействие Научного центра «Малотоннажная химия» и завода АО «ЭКОС-1», с целью повышения эффективности управления производством химических реагентов и особо чистых веществ на основе аналитического мониторинга. Рассмотрены и выделены основные блоки управления технологическими режимами промышленного производства по результатам аналитического мониторинга исходного сырья и полупродуктов. Литературный анализ представлен в полном объеме и отражает перспективность применения для разработки систем компьютерного менеджмента качества (КМК-систем) информационных CALS-технологий (Continuous Acquisition and Life cycle Support — непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукта). На основе концепции CALS разработан типовой проект на технические условия.

**Во второй главе** проведена разработка базы данных методов анализа и аналитических приборов, используемых для компьютерного менеджмента качества особо чистых веществ. Все методы анализа и приборы структурированы по 4-м основным кластерам показателей качества: содержание основного вещества, катионы металлов, анионы и взвешенные частицы. Для каждого прибора подробно описаны его характеристики и представлено полное описание всех узлов. Проведен анализ программных и технических средств автоматизированных систем управления аналитическими приборами.

**В третьей главе** рассматривается аналитический мониторинг основного выпускаемого ассортимента «ЭКОС-1» – органических растворителей (89 наименований, 427 марок) – на основе разработанной КМК-системы. Система структурирована по следующим иерархическим уровням: анализируемое вещество, показатели качества, методы анализа, аналитические приборы. На первом уровне рассматриваются анализируемые органические растворители (стр. 71, рис. 3.1), которые группируются по 16 классам: кетоны; алифатические углеводороды; бифункциональные растворители и др. Кроме того, некоторые классы растворителей могут включать в себя соответствующие подклассы. Например, бифункциональные растворители группируются по 5 подклассам: эфир/спирт; амин/спирт; кетон/спирт; гетероцикл/амин; гетероцикл/амид. На третьем подуровне находятся соответствующие анализируемые органические растворители. На втором уровне КМК-системы проводится структурирование по областям применения с соответствующими показателями качества для каждой области (микроэлектроника; лабораторная практика; оптическое стекловарение; фармацевтическая промышленность, производство взрывчатых

веществ и др.). На следующих уровнях КМК-системы органических растворителей рассматриваются методы анализа и аналитические приборы.

**Четвертая глава** описывает проведение научных и прикладных работ по экологическому мониторингу четыреххлористого углерода (ЧХУ). В КМК-систему (рис. 4.1) занесены 9 марок ЧХУ (2 особой чистоты и 7 реактивных квалификаций), выпускаемых АО «ЭКОС-1». Проведены комплексные исследования по ЧХУ марки «химически чистый для экстракции из водных сред (ЭВС)». Этот продукт связан с важным экологическим направлением – определением нефтепродуктов в сточных и природных водах. По результатам экологического мониторинга фирма «Нефтехимавтоматика-СПб» в паспортах на концентратомеры серии «АН» указывает ЧХУ для ЭВС, производства АО «ЭКОС-1», как экстрагент для определения нефтепродуктов в сточных и природных водах.

**В пятой главе** рассматривается КМК-система для аналитического мониторинга, выпускаемого АО «ЭКОС-1» ассортимента, включающего 49 марок пяти наименований неорганических кислот (азотная, серная, соляная, фосфорная и фтористоводородная). Структуры баз данных неорганических кислот полностью соответствуют разработанным автором картам технического уровня. Так же как в КМК органических растворителей на 1-ом уровне КМК-системы представлены марки неорганических кислот, на 2-м приводится структура по показателям качества и на 3-м уровне приведены соответствующие методы анализа и приборы. Предложенные автором автоматизированные КМК-системы позволяют сократить сроки проведения аналитических исследований и повысить качество их исполнения.

В приведенных **выводах** достаточно полно отражены основные результаты работы.

### **Новизна диссертационной работы.**

Разработана методология управления промышленным производством химических реагентов и особо чистых веществ по результатам аналитического мониторинга исходного сырья и полупродуктов. Разработаны математические модели для расчета основных режимных характеристик ректификационной очистки (флегмовое число, процент предгона от объема загрузки) в зависимости от концентрации лимитирующей примеси в исходном сырье.

В рамках типовой структуры «Технические условия» разработана архитектура автоматизированной системы компьютерного менеджмента качества материалов особой чистоты в следующих информационных сечениях: анализируемое вещество; показатели качества; методы анализа; аналитическое оборудование. Показатели качества структурированы по 4-м информационным кластерам: основное вещество, катионы металлов, анионы, взвешенные частицы.

Разработаны структура и алгоритмическое обеспечение автоматизированной базы данных по методам анализа и приборам, используемым в технологии особо чистых веществ. Структура информации по каждому прибору включает в себя описание важнейших узлов и характеристик, необходимых пользователю (химику-аналитику) для выбора аналитического оборудования.

Разработана иерархическая архитектура КМК-систем органических растворителей и неорганических кислот реактивной квалификации и особой чистоты.

#### **Практическая значимость для науки и производства.**

Разработан типовой автоматизированный CALS-проект на технические условия в предметной области «химические реагенты и особо чистые вещества».

Разработан программный комплекс и заполнена автоматизированная база данных по современным методам анализа и приборам, используемым в технологии особо чистых веществ.

На базе информационных CALS-технологий разработаны 3 программных комплекса компьютерного менеджмента качества для автоматизированного аналитического мониторинга органических растворителей, неорганических кислот и ассортимента марок четыреххлористого углерода реактивной квалификации и особой чистоты.

По результатам автоматизированного аналитического мониторинга на АО «ЭКОС-1» реализуется производство широкого ассортимента органических растворителей (427 марок) и неорганических кислот (49 марок) реактивной квалификации и особой чистоты.

По результатам автоматизированного экологического мониторинга четыреххлористого углерода компания «Нефтехимавтоматика-СПб» (С.-Петербург) в паспортах на концентратомеры серии «АН» указывает выпускаемый ЧХУ «ХЧ для ЭВС», как экстрагент для определения нефтепродуктов в сточных и природных водах.

С помощью созданных автоматизированных КМК-систем разработано более 100 методик и технических условий на органические растворители и неорганические кислоты реактивной квалификации и особой чистоты для промышленного комплекса АО «ЭКОС-1» и АО Научный центр «Малотоннажная химия».

#### **Рекомендации по использованию результатов и выводов.**

В качестве рекомендаций предлагаю использовать полученные в работе результаты в близких областях малотоннажной химии (косметические, химико-фармацевтические производства и др.), а также ознакомить с результатами специалистов университетов и научных организаций, работающих в этом направлении (РХТУ им Д.И. Менделеева, МГУПП, ИХБВ РАН, ИОНХ РАН, ФГУП «ИРЕА» и др.).

**Степень обоснованности и достоверность научных положений и выводов** полученных в ходе выполнения диссертационной работы подтверждается успешной практической реализацией результатов работ, а также применением современного научно-исследовательского оборудования и перспективной системы компьютерной поддержки (CALS).

Главные положения диссертационной работы опубликованы в рецензируемых журналах и апробированы на научно-практических конференциях и симпозиумах в России и за рубежом.

Содержание диссертации подробно изложено в автореферате и в 55 публикациях автора, в том числе 10 статей в журналах, рекомендованных ВАК (2 публикации в базе Scopus).

### **Замечания по работе.**

1. В первой главе приведена отечественная классификация химических реагентов и особо чистых веществ (таблица 1.1). Про зарубежные классификации сказано только, что они имеют существенные отличия. Следовало бы их привести.

2. При анализе отклонения экспериментальных режимных характеристик ректификационной очистки от расчетных (табл. 1.6) приведены относительные ошибки, но не доказана адекватность модели методами дисперсионного анализа (критерий Фишера).

3. Во второй главе, посвященной разработке базы данных методов анализа и приборов, не указаны объемы информации: суммарное количество методов контроля и марок приборов, занесенных в информационную систему.

4. В третьей главе в КМК-системе органических растворителей для областей применения «производство взрывчатых веществ» (рис. 3.6) и «производство анилина» (рис. 3.8) приведены показатели качества «оптическая плотность» и «температура кристаллизации», которых нет в предложенной автором структуре анализируемых показателей: основное вещество, катионы металлов, анионы и взвешенные частицы (рис. 2.1).

5. В пятой главе на рисунках 5.6 и 5.7 не приведены конкретные марки автоматического титратора и ионного хроматографа.

6. В отдельных частях текста диссертации не совсем ясно, какой смысл автор вкладывает в некоторые термины, насколько они равнозначны, сопряжены или различны: «блок», «категория», «клuster».

При этом следует отметить, что указанные выше замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации. Основные результаты отражены в публикациях соискателя, автореферат полностью соответствует тексту диссертации.

## **Заключение**

Диссертационная работа Трынкиной Любови Владимировны «Автоматизированные CALS-системы для аналитического мониторинга производства химических реагентов и особо чистых веществ» представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические, технологические решения и разработки в области автоматизированного аналитического мониторинга химических реагентов и особо чистых веществ. Это имеет существенное значение для развития российской экономики. Диссертация по тематике, методам и объектам исследований, а также по предложенным новым научным положениям соответствует паспорту специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Диссертационная работа соответствует пунктам 9-14 требований «Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного ПСТН РФ № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор, Трынкина Любовь Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

## **Официальный оппонент**

директор института  
промышленной инженерии, информационных  
технологий и мехатроники  
Московского государственного  
университета пищевых производств,  
доктор технических наук

*Бар* И.Г. Благовещенский

ФГБОУ ВО «Московский государственный  
университет пищевых производств».

Адрес: 109316, Москва, ул. Талалихина, д. 33.

Телефон: +7 (499) 750-01-11.

E-mail: mgupp@mgupp.ru

*працех Благовещенского И.Г.  
заверено*

*и.о. директора по научной работе*

*Ю.В. Бабич*



*23.07.19*