

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Погодаева Анатолия Кирияновича на диссертацию Арапова Дениса Владимировича «Проблемно-ориентированные системы управления базовыми производствами в пищевой и химической индустрии», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (пищевая и химическая промышленность).

Диссертация посвящена решению актуальной проблемы, которая связана с разработкой проблемно-ориентированных систем управления базовыми производствами в пищевой и химической индустрии: сахара-песка, этилена, винилацетата и мыльных смазок, включающих математическое моделирование ключевых нестационарных процессов, разработку и решение оптимизационных моделей, противоаварийную защиту с заданным запасом безопасности наиболее значимых производственных агрегатов – компрессоров динамического действия и охладительных градирен.

## АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Актуальность темы выполненной диссертационной работы обуславливается следующими факторами:

– для повышения эффективности современных технологий получения сахара-песка и этилена, в связи с переходом на оборудование большой единичной мощности, необходим поиск оптимальных решений по управлению процессами кристаллизации утфеля последнего продукта и пиролиза углеводородного сырья;

– в связи с санкционной политикой западных стран и Украины необходим перевод производства винилацетата на основе этилена на отечественный катализатор, а также создание научно-производственных

основ для процесса получения пластичных мыльных смазок на территории РФ;

– многообразием и разнородностью применяемых методов и больших объемов перерабатываемой информации в проблемных сложных химико-технологических системах, длительностью ее обработки, присутствием рутинной, ручной экспериментальной работы в научных исследованиях, связанных с совершенствованием и разработкой новых эффективных систем оптимального управления и защиты, исследованием их характеристик;

– ограниченной возможностью применения стандартных специализированных программных пакетов при разработке проблемно-ориентированных автоматизированных информационных систем для анализа характеристик и управления синтезом получения конечного продукта.

#### НАУЧНАЯ НОВИЗНА

В диссертационной работе получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

– получены математические модели для исследования, оптимизации и управления наиболее значимыми технологическими процессами сложных химико-технологических систем, включая модели учитывающие состав и свойства получаемых продуктов, а также процессов: компримирования пирогаза, получения катализатора для синтеза винилацетата и получения винилацетата на его основе, получения мыльных смазок, изготовления присадок к смазочным материалам;

– при помощи разработанной системы оптимизации выполнена идентификация параметров математических моделей сложных химико-технологических систем, обработано большое количество экспериментальных данных полученных непосредственно автором, а также взятых из открытой печати. Полученные автором высокоточные

математические модели адекватно описывают изменение объектов в производственном диапазоне изменения технологических параметров;

– разработан алгоритм функционирования противопомпажной системы защиты компрессора динамического действия, позволяющий защитить его от аварийных режимов работы;

– разработан комплекс программ для обеспечения функционирования подсистем АСУТП для изготовления отечественного катализатора и синтеза винилацетата на его основе, выполнен расчет оптимальных траекторий изменения управляющих воздействий для синтеза винилацетата, учитывающий изменение активности каталитического комплекса с течением времени;

– сформулированы и решены задачи оптимизации наиболее весомых технологических процессов исследуемых производств, позволяющие рассчитывать управляющие воздействия в широком диапазоне их изменений, включающие процесс охлаждения оборотной воды в градирнях с принудительной тягой, процесс кристаллизации сахара в вертикальном кристаллизаторе, определение химического состава и физических характеристик каталитического комплекса для синтеза винилацетата, процесса изготовления смазок типа УНИОЛ;

– разработаны алгоритмы и системы двух уровневой оптимальной управления ключевыми процессами выбранных технологических систем, в которых на верхнем уровне решаются задачи оптимизации, а на нижнем уровне реализуется изменение заданий программным задатчикам регуляторов АСУ.

## ДОСТОВЕРНОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И СТЕПЕНЬ ИХ ОБОСНОВАННОСТИ

Судя по списку публикаций по теме исследования, приведенного в диссертации, разработанные в диссертационной работе научные положения, математические модели, методы и алгоритмы обработки информации и

управления прошли апробацию при обсуждении на научных конференциях и симпозиумах, имеющих статус международных и всероссийских.

Результаты численного моделирования согласуются с данными экспериментальных исследований и теоретических выводов, которые подтверждаются оценками погрешностей полученных результатов.

Обоснованность полученных результатов базируется на использовании общепризнанной методологии системного анализа и моделирования сложных систем, методов теории автоматического управления, математического и имитационного моделирования, методов физической химии, процессов и аппаратов пищевых и химических производств, математической статистики, дифференциального исчисления, физического и вычислительного эксперимента.

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Теоретическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в следующем:

– сформулированы задачи математического моделирования процессов политермической кристаллизации сахарозы, получения и компримирования пирогаза, охлаждения оборотной воды, изготовления сложного отечественного катализатора и парофазного синтеза винилацетата методом ацетоксилирования этилена, изготовления полимерных присадок и термомеханического диспергирования мыльно-масляного концентрата в производстве смазок;

– предложены методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений для оценки: состава пирогаза, с учетом качественных и количественных характеристик входного потока сырья; степени сжатия в ступенях пирогазового компрессора; охлаждающей способности градирни, учитывающей особенности движения жидкости в насадке;

– разработан научный подход к расчету физико-химических свойств водных сахарных растворов, который может быть применен в расчетах свойств других поликомпонентных растворов;

– получены оригинальные алгоритмы обработки информации, позволяющие оценивать параметры качества мыльных смазок на основе априорной информации.

Практическая ценность диссертационной работы определяется применением полученных методов обработки информации и программно-технических комплексов для исследования характеристик и свойств исследованных ключевых технологических процессов, прогнозирования выхода конечного продукта с заданными параметрами без проведения натурных экспериментов, получения оптимальных значений управляющих воздействий по ведению технологических процессов. Суммарный экономический эффект от внедрения разработок соискателя в промышленности составляет 9,5 млн. руб. в год.

## ЗАМЕЧАНИЯ К ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Часть первой главы диссертационного исследования содержит сведения, носящие описательный характер и широко известные из современных источников. В этой связи её можно было бы значительно сократить.

2. В главе 3 необходимо привести количественное сравнение результатов моделирования посредством разработанных автором и известных моделей свойств сахарных растворов.

3. В главе 4 диссертационной работы мало внимания уделено процессу охлаждения пирогаза после пиролизных печей.

4. В главе 4 следовало бы уделить больше внимания процессам разделения пирогаза в колоннах низкотемпературного разделения газов.

5. В главе 5 необходимо было запатентовать решения по оптимизации состава отечественного катализатора синтеза винилацетата и способу управления получением каталитического комплекса.

6. В главе 6 не изучено влияние характеристик полимерной присадки на показатели качества мыльных смазок типа УНИОЛ.

7. В работе недостаточно внимания уделено описанию 9 разработанных патентов по контролю, управлению и защите.

8. Необходимо было бы более подробно обосновать выбор методов численного счета систем нелинейных дифференциальных уравнений, как в обычных, так и в частных производных.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Список опубликованных работ полностью отражает содержание диссертации. По результатам диссертационного исследования опубликовано 88 работы, 26 из которых представлены в периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов, 7 работ представлены в изданиях, входящих в международную базу цитирования SCOPUS, зарегистрировано 3 программных продукта, получено 9 патентов РФ на изобретение. Автореферат соответствует содержанию работы.

Исходя из совокупности полученных результатов диссертационного исследования можно сделать заключение, что диссертация Арапова Дениса Владимировича, представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, носит прикладной характер, в которой автором разработаны теоретические и практические положения, совокупность которых позволяет решить проблему проектирования и создания специализированных программно-технических комплексов, внедрение которых в производство имеет важное хозяйственное значение.

Таким образом, считаю, что диссертация удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (пищевая и химическая промышленность).

Первый проректор ФГБОУ ВО «Липецкий  
государственный технический университет»,  
почетный работник ВПО РФ,  
д.т.н., профессор



Погодаев Анатолий Кириянович

Специальность: 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)

Адрес:

398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, д. 30;

Телефон: 8-(4742) 328-000,

Сайт: <http://www.stu.lipetsk.ru>;

E-mail: [pak@stu.lipetsk.ru](mailto:pak@stu.lipetsk.ru)



Подпись удостоверяю

Начальник отдела кадров

06. 12. 2019 г.