

ОТЗЫВ

официального оппонента Матвеева Михаила Григорьевича, 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).

Актуальность темы исследования

Актуальным направлением повышения эффективности производственных процессов, в частности в пищевой и химической промышленности, является комплексная автоматизация на основе математического моделирования и оптимизация этих процессов. Пищевые и химические технологии в рассматриваемых базовых производствах близки, что обуславливает единство подхода к решению научной проблемы моделирования и оптимального управления.

Актуальность темы исследования определяется и рядом практических аспектов. Важные продукты пищевой и химической промышленности: сахар-песок, низшие олефины и ароматические углеводороды являются основным сырьем для дальнейшего производства большого ассортимента важных народно-хозяйственных продуктов. Для обеспечения их производства в требуемом количестве в последние годы проводится активная модернизация предприятий, связанная с переходом на оборудование большой единичной мощности, например, вертикальные кристаллизаторы и многопоточные пиролизные печи, рассматриваемые в представленной диссертационной работе.

Технологические процессы новых производств требуют новых подходов к управлению и оптимизации. Эти производства представляют собой сложные химико-технологические системы, повышение эффективности и безопасности функционирования которых требует применения методов системного анализа, обработки информации, целенаправленного воздействия человека на эти системы, включая вопросы анализа, моделирования, оптимизации, совершенствования управления и принятия решений.

Все это дает основание утверждать, что тема диссертационной работы Арапова Д.В., посвященная синтезу автоматизированных систем управления производствами сахара-песка, этилена, винилацетата на основе этилена, пластичных мыльных смазок является актуальной в научном и практическом плане, а также имеет существенное значение для инновационного развития пищевого и химического комплекса России.

Научная новизна, достоверность полученных результатов и степень их обоснованности

На основании современных методов системного анализа, математического и имитационного моделирования получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной, позволившие решить задачу разработки интегрированных систем сбора, обработки данных и оперативного управления базовыми производствами в пищевой и химической промышленности:

1. С помощью применения структурно-графического анализа производственных линий исследованных технологий сформированы DFD-диаграммы базовых производств. Осуществлена декомпозиция каждой технологической цепочки на отдельные подсистемы, с определением взаимосвязей между ними, выделены входные и выходные переменные подсистем, определено взаимное влияние параметров друг на друга и проведен отбор по их информативности. Это позволило представить исследованные в работе производства как единые технологические системы, в которой тесно увязаны процессы подготовки и переработки сырья, первичной обработки полуфабрикатов, изготовления товарной продукции, уничтожения (хранения) отходов, выделены процессы, оказывающие доминирующее влияние на эффективность и функциональную безопасность сложной производственной системы. Перечисленные процессы выделены в отдельные подсистемы, с учетом связи с верхним уровнем.

2. Путем модификации известных уравнений Вавринца, Антуана, Гарлахера-Брауна, Эртла-Даллина разработаны математические модели, позволяющие с высокой точностью описывать основные свойства поликомпонентных сахарных растворов. Разработанный научный подход может быть использован при математическом описании свойств и других поликомпонентных растворов. Синтезированы вероятностные математические модели растворения и роста сахарных кристаллов, разработана полная математическая модель процесса массовой кристаллизации сахара в вертикальных кристаллизаторах. Синтезирована математическая модель пиролиза углеводородного сырья, обладающая гибкостью по отношению к качественному и количественному составу сырья, подвергающегося термическому разложению, и адекватно реагирующая на введение новых компонентов в кинетическую схему процесса пиролиза. Математическое описание учитывает конструктивные особенности пиролизных печей, характеристики которых хранятся в информационной базе данных, входящей в разрабатываемый комплекс, а также поддержание температуры процесса термического разложения углеводородов на заданном техническом регламенте уровне путем регулирования подачи топливного газа на горелки печи. Получены полная и упрощенная математические модели ацетоксилирования этилена на отечественном катализаторе. Разработана математическая зависимость скорости образования винилацетата и диоксида углерода от химического состава катализатора и процесса получения каталитического комплекса на основе отечественного носителя, включая процесс его гидротермической обработки. Получены нелинейные математические модели многопараметрической зависимости основных параметров качества мыльных смазок от технологических параметров процесса. Для проведения экспресс анализа мыльных смазок разработаны регрессионные зависимости основных характеристик от величины наиболее легко и точно определяемого свойства. Для моделирования потребительских качеств мыльных смазок разработана математическая модель полимерной присадки получаемой термоокислительной

деструкцией полимера в растворе под действием кислорода воздуха в присутствии радикального инициатора.

3. Разработан программно-технический комплекс для интенсификации процесса массовой политермической кристаллизации сахара включающий систему автоматического контроля вязкости мелассы, устройство для её ускоренного насыщения, экспресс-метод определения оптимальных параметров мелассы, способы автоматического контроля и управления процесса подготовки утфеля к кристаллизации охлаждением.

4. Разработана методология использования паспортной газодинамической характеристики и уравнений состояния реальных газов для управления компрессором динамического действия, с учетом его конструктивных особенностей, исключающего режимы помпажа и торможения при резком изменении потребления расхода газа.

5. На основе паспортной газодинамической характеристики компрессора синтезирована математическая модель процесса сжатия газа в компрессоре динамического действия. Описание включает формулу пересчета паспортной характеристики на основе критериев подобия процессов сжатия, с учетом представления компримируемой смеси в состоянии реального газа, а также введение корректируемого в зависимости от состава и физических свойств ирогаза заданного запаса устойчивости к аварийным режимам.

6. Разработана математическая модель процесса охлаждения оборотной воды в градирнях с принудительной тягой, включающая определение скорости вращения валов вентиляторов. Использование ее результатов позволяет минимизировать потребление водоблоком электрической энергии за счет повышения эффективности процесса охлаждения. Положительный эффект достигается путем более точного определения охладительной характеристики градирен, на основании которой проводится оптимальное распределение охлаждаемой жидкости между ними.

7. Создано алгоритмическое и программное обеспечение, реализующее функции мониторинга, защиты и управления основными стадиями производства

этилена. Указанное обеспечение используется в составе программных средств АСУТП на ПАО «Нижекамскнефтехим» и ЗАО НПП «Центравтоматика».

Также в работе приведены конкретные технические решения по реализации интегрированной системы сбора, обработки данных и оперативного управления технологическими стадиями линии производств сахара-песка, низших олефинов, винилацетата и пластичных мыльных смазок. Создано алгоритмическое и программное обеспечение для ЭВМ, которое успешно апробировано на ряде предприятий.

Судя по списку публикаций по теме исследования, приведенного в диссертации, разработанные автором научные положения достаточно полно обсуждались на всероссийских и международных конференциях. Основные результаты диссертации опубликованы в 88 печатных работах, получено 9 патентов на изобретения.

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

Обоснованность результатов исследования базируется на использовании методологии системного анализа, методов математического и имитационного моделирования, вычислительной математики, химической кинетики, теории автоматического управления.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов

Теоретическая значимость результатов исследования заключается в развитии методов математического моделирования химической кинетики и обработки информации, а так же во внедрении алгоритмов интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах для оценки состава пирогаза, степени сжатия в ступенях пирогазового компрессора, охлаждающей способности градирни.

Практическая ценность диссертационной работы определяется применением полученных методов обработки информации, математических

моделей и программно-технических комплексов для исследования кинетики процесса пиролиза, управления противоположной системой защиты компрессора и скоростью вращения вала вентилятора охладительной градирни.

Замечания к диссертационной работе

К числу недостатков диссертации можно отнести следующие:

1. В первой главе недостаточно четко показано наличие общих свойств рассматриваемых производств, которое позволило в конечном итоге разработать унифицированную именно для этих производств методику (или подход по терминологии автора) моделирования и построения оптимального управления.

2. В главе 2 диссертации было бы целесообразно более подробно изложить используемые вычислительные методы идентификации уравнений математического описания. Также в гл. 4 не указан метод решения трансцендентных уравнения состояния реальных газов.

3. В главе 3 при оптимизации массовой кристаллизации сахара время охлаждения утфеля автор задает исходя из технологического регламента. Представляется целесообразным включить время в перечень оптимизируемых параметров.

4. Желательно привести численные значения критериев термодинамического подобия (Рейнольдса, Прандтля и т.д.), используемых при расчете свойств продуктов в разделе 4.4.

5. Синтезированная модель процесса охлаждения оборотной воды не учитывает отложение загрязнений на теплообменных поверхностях градирни, влияющих на ее охладительную характеристику.

6. В таблице 2 (стр. 28) автореферата и в тексте диссертации не указаны единицы измерения энергии активации и предэкспоненциального множителя.

7. В главе 4 система уравнений (4.14), являющаяся математической моделью процесса пиролиза, ошибочно пронумерована как (3.14).

Заключение

Однако указанные недостатки не могут изменить общего положительного впечатления от диссертации, развивающей оригинальные направления в решении важнейшей задачи разработки интегрированной системы сбора,

обработки данных и оперативного управления ключевыми процессами производств сахара-песка, низших олефинов, синтеза винилацетата на основе этилена, пластичных мыльных смазок, обеспечивающей повышение эффективности и безопасности технологического процесса в целом.

Представленная диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, а ее автор, Арапов Денис Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности: 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (пищевая и химическая промышленность).

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой информационных технологий управления, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет»
Научная специальность: 05.13.16 - Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов для научных исследований

Матвеев Михаил Григорьевич

Тел. 8(473) 228-11-60 добавочный (1606)

E-mail: mgmatveev@vsu.ru

394018, г. Воронеж, Университетская площадь, 1

