

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА,

доктора технических наук, профессора Магергута Валерия Залмановича
на диссертационную работу
Сафина Марата Абдулбариевича

«Разработка системы автоматического управления реактором синтеза суспензионной полимеризации стирола с учетом кинетики процесса»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (химическая технология; нефтехимия и нефтепереработка; биотехнология) и 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Химические реакторы, а особенно реакторы периодического действия, трудно поддаются автоматизации в силу нестационарности их параметров, трудности определения окончания в них отдельных стадий процесса, возможности неустойчивого состояния работы, трудности сбора информации из-за протекающих химических реакций, слабой изученности кинетики процессов и целого ряда других причин.

В полной мере это относится и к исследуемому в диссертационной работе М.А. Сафина периодическому реактору синтеза суспензионной полимеризации стирола (СПС), в котором наибольшая эффективность процесса проявляется в неустойчивых режимах, автоматическое ведение процесса в которых особенно актуально и представляет собой сложную задачу с точки зрения управления. С одной стороны, оптимальное управление реактором в таких режимах позволяет достичь их наибольшей производительности, естественно, при требуемом качестве получаемой продукции, а с другой, – уйти от возможности образования в реакторе одной большой капли твердого полимера или, как говорят в практике, получения «козла».

К решению подобных задач автоматизации можно подойти по-разному. Можно использовать опыт, накопленный за 80-ти летний путь пройденный автоматизацией, а можно пойти по пути исследования кинетики процесса и ее использования при создании систем управления, что позволит привести новые решения по автоматизации процесса. Последнее направление в исследовании процесса СПС еще более повышает актуальность работы соискателя ученой степени.

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация Сафина Марата Абдулбариевича «Разработка системы автоматического управления реактором синтеза суспензионной полимеризации стирола (СПС) с учетом кинетики процесса» состоит из введения, четырех глав, с выводами по каждой из них, основных результатов диссертационной работы, литературы, которая была использована при выполнении работы, содержащая 105 наименований, и двух приложений.

Основной текст диссертации содержит 121 страницу и 47 рисунков. В приложения вынесены акт внедрения (на 1 странице) в учебный процесс двух лабораторных установок, позволяющих изучать процессы СПС и автоматические способы управления ими, и договор (на 2-х страницах) о научно-техническом сотрудничестве между ОАО «Пластик», г. Узловая Тульской области, и НИ РХТУ, г. Новомосковск, о проведении совместных НИР, направленных на внедрение результатов диссертационной работы М.А. Сафина в реакторы синтеза вспенивающегося полистирола ОАО «Пластик».

Во введении автором рассмотрена и обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель и поставлены задачи работы, представлена ее научная новизна, а также практическая значимость. Кроме того, описаны методология и методы исследования, использованные при решении поставленных задач, обоснована достоверность полученных результатов, а также описаны места апробации работы, личный вклад автора в данной работе, число и характер публикаций по теме диссертации.

В первой главе **«Анализ процесса суспензионной полимеризации стирола и постановка задачи управления»**, изложенной на 19 страницах, приведена классификация процессов полимеризации по пяти признакам, отмечены особенности суспензионной полимеризации стирола и его стадии, дана характеристика полистирола, как готового продукта, отмечены особенности управления процессами полимеризации и существующие математические модели этих процессов, выявлены задачи в области их оптимизации. Исходя из проведенного анализа, сделана постановка задачи управления процессом полимеризации, в том числе, задача разработки системы управления этим процессом на пилотной установке.

Во второй главе **«Исследование процесса суспензионной полимеризации стирола на физической модели»**, изложенной на 40 страницах, описана созданная автором физическая модель по изучению процессов СПС, отмечена специфика ее построения и приведены блок-схема и функциональная схема автоматизации (ФСА) этой модели. Проведены исследования процесса СПС на этой модели и программной реализации САУ

этим процессом. По результатам исследований сделаны основные выводы как по природе и выявлению новых закономерностей протекания процесса СПС, так и по их использованию, в том числе, динамики процесса СПС в системах управления процессом.

«Разработка математической модели реактора синтеза полистирола», изложенная на 11 страницах в третьей главе, выполнена на основании исследований и учета кинетика процесса СПС в условиях автоматически стабилизируемых на разных значениях температуры реакционной смеси и скорости вращения мешалки. Проверена адекватность полученной модели по результатам сравнения потребляемой мощности нагрева реактора, рассчитанной по модели и реальным результатам, снятым с пилотной установки.

Четвертая глава **«Программная реализация системы управления реактором полимеризации стирола»**, изложенная на 20 страницах, посвящена использованию результатов исследования, полученных в главах 2 и 3, для разработки САУ реактором СПС. Сама реализация выполнена программно на базе микроконтроллера фирмы ОВЕН с помощью программного комплекса CoDeSys с предварительным моделированием САУ в среде MATLAB. Результаты моделирования и реального управления реактором СПС на пилотной установке подтвердили правильность и эффективность разработанной САУ.

В основных результатах диссертационной работы сформулированы основные выводы и результаты по проделанной работе.

В приложениях представлены акты внедрения результатов работы в учебный процесс и перспективы их дальнейшего использования на промышленных объектах – химических реакторах по производству полистирола.

ОЦЕНКА НАУЧНОЙ НОВИЗНЫ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Проведенные диссертантом исследования привели, на мой взгляд, к следующим пяти новым научным результатам:

1. Создана физическая модель для исследования тепловых режимов работы периодического реактора-полимеризатора, учитывающая удельную поверхность теплообмена, что привело к установке ТЭНов для обогрева реактора, несмотря на протекание в нем экзотермической реакции;

2. Выявлено существенное влияние на тепловой баланс реактора энергии диссипации от вращения мешалки на липкой стадии процесса СПС;

3. Получено описание динамики процессов синтеза СПС, отличительной особенностью которого является возможность определения стадий процесса и оперативного определения сворачиваемости полимера в монолитный блок;

4. Получена математическая модель процесса СПС, учитывающая кинетику процесса полимеризации;

5. Разработана система автоматического управления реактором синтеза СПС, включающая алгоритмическое обеспечение, с учетом кинетики процесса, посредством введения коррекции скорости вращения мешалки по модели процесса, обеспечивающей подведение на нее требуемой мощности и предотвращение коагуляции процесса СПС в период липкой стадии.

Такая оценка научной новизны в основном совпадает с ее оценкой диссертантом. Однако, некоторые пункты потребовали уточнения (в моем п.1 в сравнении с п.4 диссертанта, уточнена суть научной новизны физической модели; в моем п.2, уточнено выделение стадий процесса в сравнении с п.5 диссертанта), некоторые пункты новизны могут быть, на мой взгляд, объединены (п.п. 2, 3 и 6, в части алгоритмического обеспечения, диссертанта в мой п.5). Наконец по новизне модели, наоборот, следовало бы внести два пункта: мой п.3 по динамической модели, совпадающий в основном с п.5 диссертанта, как результат исследований, проведенных им в гл. 2 работы, и мой п.4 по учету кинетики в модели, как результат исследований, проведенных диссертантом в гл. 3 работы. Что касается программного обеспечения в п. 6 научной новизны в работе диссертанта (стр. 6 работы), то, на мой взгляд, это практическая новизна работы, а не научная, поскольку является результатом научных исследований, в том числе, алгоритмического обеспечения этого пункта.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ И РЕАЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ

На основе полученных теоретических положений автором разработана АСУ процессом СПС на базе микроконтроллера фирмы ОВЕН с помощью программного комплекса CoDeSys. Полученные в работе математические модели дают возможность на практике повысить точность работы разработанных систем и реально устранить возможность появления «козла» в период липкой стадии процесса. На двух кафедрах Новомосковского института РХТУ им. Д.И. Менделеева – «Автоматизация производственных процессов» и «Производство и переработка полимерных материалов» внедрены в учебный процесс две управляемые лабораторные установки для изучения динамических явлений и сложных процессов в химических реакторах, что подтверждено актом. Установки используются при

проведении лабораторных работ по изучению широкого профиля ситуаций, возникающих в производстве полимеров и при управлении ими на основе предложенных диссертантом способов управления и проведенных им исследований. Результаты исследований перенесены в область их практического применения в промышленном производстве ОАО «Пластик», что также подтверждено актом.

ДОСТОВЕРНОСТЬ И ОБОСНОВАННОСТЬ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДОВ ДИССЕРТАЦИИ

Достоверность основных положений и результатов диссертационной работы подтверждается значительным объемом экспериментальных исследований, полученным диссертантом на пилотной установке в виде физической модели реактора полимеризации, использованием современных методов исследований и аттестованных средств измерений, соответствием результатов моделирования данным экспериментов. Была проверена адекватность полученной модели реактора синтеза полистирола путем сравнения потребляемой мощности нагрева реактора, рассчитанной по модели и реальным результатам, снятым с пилотной установки. При этом рассчитанная относительная ошибка моделирования составила не более 5%, что говорит о хорошей адекватности модели.

Достоверность подтверждается и практической применимостью созданного методического обеспечения, включающего алгоритмы и программы для решения разнообразных задач компьютерного моделирования процесса СПС и работоспособностью разработанной АСУ этим процессом.

Каждая глава диссертации заканчивается разделом выводов по главе, вытекающих из результатов исследований, проведенных в главе.

Обоснованность результатов научных исследований подтверждается также корректным использованием методов математического моделирования ХТС, теории химической кинетики, теории автоматического управления и дифференциальных уравнений. При моделировании и реализации САУ и законов управления автором корректно используются пакеты прикладных математических программ MATLAB и SCADA система CoDeSys.

ОТРАЖЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ДИССЕРТАЦИИ В НАУЧНОЙ ПЕЧАТИ И СТИЛЬ ИЗЛОЖЕНИЯ МАТЕРИАЛА

Основные результаты диссертации Сафина М.А. опубликованы в 13 печатных работах в рецензируемых журналах и изданиях, в том числе, в 4-х, рекомендуемых ВАК РФ. Автором получен патент на способ управления

реактором суспензионной полимеризации стирола и свидетельство на электронный ресурс по программной системе управления лабораторным реактором.

Диссертация написана грамотным языком, как с точки зрения русской грамматики, так и технического языка, свидетельствует об умении автора доходчиво излагать полученные технические и научные результаты, делать обоснованные выводы.

Автореферат диссертации полностью соответствует и отражает содержание диссертации.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. Автор ограничился исследованиями ведения процесса лишь с точки зрения его химизма и динамики тепловых процессов в реакторе. В то же время в работе нет анализа и исследований по возможности применения для управления реактором известных подходов и методов, накопленных автоматизацией за истекшие 80 лет пути ее развития. Это касается, например, возможности использования теории многосвязных и автономных систем, теории адаптивных систем с эталонной моделью и др.

2. В работе отсутствуют структурные схемы объекта управления и всей системы управления в целом. Ничего не говорится про настройку параметров двух ПИ-регуляторов, используемых в САУ, нет никаких описаний того, как сказывается влияние этих настроек регуляторов, на динамике процесса и проверке адекватности модели. Отсутствует обоснование выбранных законов регулирования.

3. Говоря о критериях оптимизации, к сожалению, автор не приводит их формализованной записи (стр. 16, 23), в том числе, и в разделе посвященном оптимизации процесса полимеризации (раздел 1.7).

4. Раздел 2.3 работы носит, в основном, инженерный характер. Часть материала по нему могла быть вынесена в приложение.

5. Описывая физическую модель по изучению химических процессов полимеризации (раздел 2.1 работы) автор ничего не говорит об использовании при ее разработке тех или иных критериев подобия. Насколько важен их учет при разработке данной физической модели?

6. В алгоритме, приведенном на рис. 4.17, не продуман процесс окончания программы, поскольку он может закончиться гораздо раньше, чем того требует управление реактором.

7. Непонятен принцип следования литературных источников, на которые ссылается автор по мере изложения материала работы. Имеет место небрежность в оформлении ряда из них, например, [5, 34-37, 89]. Неясно,

какого ГОСТа придерживался автор при ссылке на патентные материалы [11, 55, 68]?

8. В работе имеет место ряд стилистических неточностей, орфографических ошибок, опечаток и неудачных терминологических оборотов речи (стр. 12, 17, 49, 52, 68, 75, 77, 80, 103, 107). Нет расшифровки аббревиатуры ММР (стр. 22).

ОБЩАЯ ОЦЕНКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Несмотря на указанные недостатки, диссертационная работа М.А. Сафина «Разработка системы автоматического управления реактором синтеза суспензионной полимеризации стирола с учетом кинетики процесса» является законченным научным исследованием, посвященным решению актуальной задачи – разработке системы автоматического управления реактором синтеза суспензионной полимеризации стирола с использованием кинетики процесса. Работа выполнена на высоком уровне. Несмотря на то, казалось бы разработку всего лишь двух контуров регулирования – температуры в реакторе и скорости вращения мешалки, для ее создания потребовались глубокие исследования кинетики и самого процесса полимеризации, которые и легли в основу создания разработанной системы. Результаты работы являются существенно новыми и вносят весомый вклад в развитие методов моделирования и создания систем управления, учитывающих кинетику химических процессов.

Теоретические выводы и новые практические решения, полученные в диссертационной работе, соответствуют паспорту специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (химическая технология; нефтехимия и нефтепереработка; биотехнология) по областям исследования – п.п. 4, б: п. 4. Теоретические основы и методы математического моделирования организационно-технологических систем и комплексов, функциональных задач и объектов управления и их алгоритмизация; п. 6. Научные основы, модели и методы идентификации производственных процессов, комплексов и интегрированных систем управления и 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий по областям исследования: методы изучения химических процессов и аппаратов, совмещенных процессов. Приемы, способы и методология изучения нестационарных режимов протекания процессов в химической аппаратуре.

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа Сафина М.А. полностью соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней ВАК РФ (постановление Правительства

Российской Федерации от 24.09.2013 года №842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Сафин Марат Абдулбариевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (химическая технология; нефтехимия и нефтепереработка; биотехнология) и 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук (05.13.06), профессор,
профессор кафедры «Техническая кибернетика»
ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный
технологический университет им. В.Г. Шухова»



Валерий Залманович Магергут

24.02.2015

Подпись В.З. Магергута заверяю,
проректор по научной работе
ФГБОУ ВПО БГТУ им. В.Г. Шухова,
доктор технических наук, профессор



Евгений Иванович Евтушенко

24.02.2015

Адрес: 308016, Белгород, ул. Костюкова, д.46,
БГТУ им. В.Г. Шухова,
Телефон: 8 (4722) 30-99-46
E-mail: valerymag@nm.ru