

УТВЕРЖДАЮ:

Ректор ТвГТУ

Гвардовский А.В.

«02» марта 2015 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Тверского государственного технического университета на диссертацию **Сафина Марата Абдулбариевича «Разработка системы автоматического управления реактором синтеза суспензионной полимеризации стирола с учетом кинетики процесса»**, представленную 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

1. Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа **Сафина Марата Абдулбариевича** посвящена решению актуальной проблемы созданию системы автоматического управления реактором синтеза суспензионной полимеризации стирола и, как следствие, обеспечения повышения эффективности производственно-технологического процесса управления на химических предприятиях. Особенностью процесса суспензионной полимеризации стирола является сложное сочетание химических и сопровождающих их физических явлений, находящихся во взаимной связи и зависимости друг от друга.

При суспензионной полимеризации стирола вязкость капель значительно возрастает, изменяется их физическое состояние от жидкости к твердому телу, существенно изменяется тепловая и гидродинамическая обстановка в реакторе. Процесс протекает с наибольшей эффективностью именно в неустойчивых режимах. Для синтеза систем управления необходимо наличие математической модели, включающей в себя кинетику процесса суспензионной полимеризации стирола (СПС) и тепловой баланс периодического реактора, которые являются основой для расчета высокоэффективных процессов, масштабного перехода, выбора конструкций и режима работы реактора, поддержания оптимальных режимов функционирования реактора с помощью выбора соответствующих каналов управления и эффективного вмешательства в ход процесса.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод, что направление данного диссертационного исследования выбрано обосновано, а сама диссертация посвящена решению актуальной научной задачи, имеющей важное теоретическое и практическое значение. В данной диссертационной работе решается широкий

спектр задач исследования и разработки научно- методического и алгоритмического обеспечения средств для управления суспензионной полимеризацией стирола.

2. Краткий анализ содержания диссертации и ее завершенности

Диссертация Сафина М.А. включает в себя введение, четыре главы, заключение, список литературы и 2 приложения. Содержание диссертации изложено на 124 страницах машинописного текста, включает 47 рисунков.

Список литературы представлен из 105 наименований и содержит основные современные публикации по рассматриваемой проблематике, на которые в тексте диссертации сделаны корректные ссылки.

Все содержащиеся в диссертации материалы оформлены в соответствии с предъявляемыми требованиями, снабжены необходимым количеством рисунков, таблиц, формульных зависимостей. Автореферат адекватно и полно отражает содержание диссертации.

В процессе решения поставленных в диссертации задач Сафиным М.А. получены следующие основные результаты.

Выполнен литературный обзор процесса полимеризации стирола, где рассмотрены его основные особенности и химические свойства, рассмотрены и сравнены известные математические описания процесса полимеризации стирола, а также системы управления, разработанные ранее, поставлена задача управления процессом полимеризации. Сделан вывод, что для целей синтеза системы управления необходимо разработать математическую модель реактора синтеза полистирола, учитывающую особенности протекания процесса в динамических режимах. Для уточнения особенностей процесса полимеризации создать пилотную установку и провести на ней комплекс необходимых исследований для разработки математической модели и в конечном итоге разработать систему управления процессом полимеризации стирола и опробовать её на пилотной установке с получением результатов работы. Эксперимент позволил получить новые закономерности. В частности, удалось выявить данные об изменениях вязкости полимерно-мономерных частиц и вязкости всей среды в целом по ходу процесса - величины, которые существенно влияют на процесс. Отслеживание вязкостных характеристик позволяет предсказывать сворачивание полимерно-мономерных частиц в монолитный блок, а

также определять и рассчитывать величину и время ввода регулирующего воздействия.

Анализ сложного нелинейного динамического процесса суспензионной полимеризации стирола, на уровне «реактора с системой его управления» показал наличие явления диссипации механической энергии перемешивания в тепловую; изменения физического состояния полимерно-мономерных частиц (ПМЧ) - переходы вязкой текучести в высокую эластичность и последней в стеклообразное состояние. Была экспериментально установлена природа неустойчивости процесса: конкуренция процессов слипания ПМЧ и их «затвердевания», первый из которых контролируется кинетикой реакции полимеризации, а второй – степенью турбулизации реакционной смеси. Сделан вывод, что использование динамических характеристик процесса СПС позволит синтезировать новые системы управления с учетом всех выявленных показателей. Для разработки таких систем первоначально необходимо написание математической модели процесса полимеризации стирола с учетом экспериментальных данных и полученных на их основании выводов.

В работе было получено математическое описание реактора СПС, за основу которого взято два дифференциальных уравнения, описывающие конверсию мономера и инициатора и рассчитан тепловой баланс реактора-полимеризатора в виде потоков энергии; проведена проверка адекватности полученной математической модели с помощью сравнения с реальными результатами, полученными на пилотной установке. На основании полученного математического описания синтезирована система автоматического управления (САУ) реактором синтеза СПС: разработан и обоснован регулятор управления скоростью вращения мешалки реактора- полимеризатора и синтезирована в целом система автоматического управления реактором синтеза СПС; выполнено программное моделирование с возможностью изменения исходных параметров загрузки полученной системы автоматического управления

В приложения вынесены документы, полученные в процессе выполнения диссертации и подтверждающие ее апробацию и завершенность:

- Акт внедрения в учебный процесс НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева лабораторной установки (приложение 1)
- Договор о научно- техническом сотрудничестве с ОАО «Пластик» (приложение 2).

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждается корректностью формулировок, использованием адекватного математического аппарата теории дифференциальных уравнений, теории устойчивости, теории автоматического управления, методов математического моделирования химико-технологических систем, теории кинетики химических реакций. При синтезе законов управления и моделировании замкнутых систем использовались прикладные математические пакеты Matlab (линейная алгебра, численные методы, динамические системы и т. д.), а для реализации разработанных алгоритмов управления SCADA система CoDeSys, на базе языков программирования современных контроллеров стандарта МЭК 6-1131/3.

При выполнении диссертационной работы были изучены материалы по выбранной тематике, представленные в учебниках и учебных пособиях, нормативной документации, монографиях, диссертациях и авторефератах, периодических изданиях, материалах и сборниках трудов конференций, написанных, как на русском, так и на иностранных языках. Результаты практического применения на практике согласованы с теоретическими выводами.

Выводы и предложения диссертационного исследования не противоречат известным теоретическим и практическим результатам, содержащимся в работах отечественных и зарубежных ученых по вопросам применения методов теории автоматического управления и обработки информации в задачах автоматизации химико-технологических процессов.

Достоверность полученных результатов подтверждается проверкой адекватности разработанной автоматической системы управления процессом СПС, практической применимостью созданного методического обеспечения, включающего программы и алгоритмы для решения задачи компьютерного моделирования процесса СПС, а также многочисленными экспериментами на физической модели процесса СПС. Результаты позволяют сделать вывод о работоспособности разработанной системы автоматического управления.

Основные результаты диссертации опубликованы в 13 печатных научных работах, в том числе в 4 статьях в журналах, входящих в список журналов, рекомендованных ВАК России. Работы опубликованы в установленные сроки, необходимые для ознакомления

с полученными результатами широкой научной общественности и специалистов, занимающихся решением теоретических и практических задач по системному анализу, обработке информации и обеспечению безопасности в промышленности.

4. Значимость для науки и практики полученных автором диссертации результатов

Разработанная в диссертации система автоматизации СПС вносит существенный вклад в совершенствование известных подходов к управлению подобными классами объектов. В диссертационной работе получены следующие основные результаты, характеризующиеся научной новизной:

- определено, что на липкой стадии процесса СПС при вращении мешалки реактора величина диссипации энергии имеет существенное влияние на тепловой баланс реактора;
- введен контур автоматического управления скоростью вращения мешалкой для предотвращения коагуляции процесса СПС в период липкой стадии;
- разработана система автоматического управления реактором синтеза СПС с учетом кинетики процесса;
- создана физическая модель для исследования тепловых режимов работы периодического реактора-полимеризатора;
- получено описание динамики процессов синтеза СПС, отличительной особенностью которого является возможность оперативного определения сворачиваемости полимера в монолитный блок;
- разработано алгоритмическое и программное обеспечение системы автоматического управления процессом СПС.

Разработанная система автоматизации процессом СПС позволяет проводить исследование процесса при различных рецептурах загрузки и различных тепловых режимах, а также может быть использован в промышленности, в научных исследованиях и в учебном процессе. Автоматическая система управления СПС позволяет наблюдать отклонения величин, характеризующих процесс полимеризации (температура внутри реактора, степень превращения мономера и т.д.), и заблаговременно корректировать управляющие переменные (скорость вращения мешалки реактора) для более качественного регулирования, а также для предотвращения сворачивания полимера.

5. Рекомендации по практическому использованию результатов диссертационной работы

Предложенные в диссертации методика, модели, алгоритмы и программы могут найти широкое применение при системах автоматизации на предприятиях химической промышленности, например в «STYROCHEM», «NOVA CHEMICALS», ОАО «ПЛАСТИК», ООО «ПОЛИМЕРСИНТЕЗНАБ» и в других отраслях экономики Российской Федерации и стран зарубежья.

Теоретические и практические положения и выводы диссертационного исследования могут быть использованы в учебном процессе высших учебных заведений при обучении студентов различным аспектам системного анализа, управления в промышленности, создания и использования интеллектуальных систем и технологий.

6. Основные недостатки диссертационной работы, отмечаемые ведущей организацией

1. Не приводится алгоритм решения уравнений теплового и материального баланса.
2. Отсутствует оценка точности и адекватности разработанных моделей. Например: в диссертации на стр. 76 отмечается: «Из рисунка 3.6 видно [38], что наблюдается хорошая согласованность экспериментальных данных $q_{nagroput}$ с данными рассчитанными по модели $q_{nagrmodel}$ ».
3. Нет обоснования выбора коэффициентов моделей, отсутствуют ссылки на первоисточники.
4. Отсутствует ясное описание процесса синтеза системы автоматизации:
 - не указан тип двигателя, используемого в САР перемешивания реакционной смеси;
 - отсутствует математическая модель двигателя, и описание системы управления двигателем;
 - на схемах, реализованных в системе MATLAB, показаны не все необходимые блоки моделирования, нет их семантического описания.

7. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертационная работа Сафина М.А. соответствует паспортам специальностей:

05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (химическая технология; нефтехимия и нефтепереработка; биотехнология)», в частности:

пункту 4. «Теоретические основы и методы математического моделирования организационно-технологических систем и комплексов, функциональных задач и объектов управления и их алгоритмизация» в части разработки математической модели процесса СПС с учетом его кинетических особенностей;

пункту 10. «Методы синтеза специального математического обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых модулей функциональных и обеспечивающих подсистему АСУТП, АСУП, АСТПП и др.» в диссертационном исследовании соответствует: в части выбора специализированных программных продуктов для написания алгоритмов управления процессом СПС и его коррекции, а также в части использования математической модели процесса СПС, реализовать которую позволяют средства и методы обеспечения включенные в физическую модель процесса.

05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий», по разделам области исследования: «Методы изучения химических процессов и аппаратов, совмещенных процессов. Приемы, способы и методология изучения нестационарных режимов протекания процессов в химической аппаратуре» в части нового способа отслеживания стадий протекания процесса СПС, учитывающего взаимосвязь двух контуров управления процессом: температурой внутри реактора и скоростью вращения мешалки.

Сказанное позволяет заключить, что диссертация Сафина М.А. представляет собой законченную самостоятельно выполненную научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная научная задача исследования и разработки системы автоматизации реактора синтеза суспензионной полимеризации стирола.

Решение данной задачи имеет существенное значение для развития выбранной области знаний - разработки методов, алгоритмов, специального математического и программного обеспечения.

Резюмируя сказанное, ведущая организация считает, что диссертационная работа **Сафина Марата Абдулбариевича** на тему **«Разработка системы автоматического управления реактором синтеза суспензионной полимеризации стирола с учетом кинетики процесса»** в

полной мере удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.13 г.), а ее автор заслуживает присуждения искомой 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».

Отзыв на кандидатскую диссертацию **Сафина Марата Абдулбариевича** обсужден и принят на совместном заседании кафедр «Информационные системы», «Автоматизация технологических процессов» и «Машин и аппаратов химических производств».

Протокол № 4 от 27 февраля 2015 года.

Отзыв составили:

Заведующий кафедрой ИС,
док. техн. наук, профессор

Б.В. Палюх

Заведующий кафедрой АТП,
док. техн. наук, профессор

Б.И. Марголис

Заведующий кафедрой МАХП,
канд. техн. наук, доцент

С.Д. Семеев

Адрес: 170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22;
Тел.: +7 (4822) 52-63-35;
Факс: +7 (4822) 52-62-92;
E-mail: common@tstu.tver.ru
Официальный сайт: www.tstu.tver.ru