

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Боровкова Владимира Андреевича

на тему: «Методы интенсификации и управление химическим процессом в микрореакторе в условиях стимулированной СВЧ-нагревом термокапиллярной конвекции» по специальностям

2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий;

2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами на соискание учёной степени кандидата технических наук

1. Актуальность темы.

В настоящее время при создании новых технологических объектов недостаточно, чтобы они были работоспособны. Необходимо, чтобы они были оптимальны с точки зрения некоторого критерия. Для постановки и решения задачи оптимизации необходимо тщательное изучение технического объекта и происходящих в нём процессов. Для нового оборудования - микрореакторов - вопросы изучения процессов в них и оптимизации недостаточно разработаны и при этом являются востребованными для решения практических задач. В связи с этим, тема диссертационной работы является актуальной.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Содержащиеся в диссертации результаты имеют достаточный уровень обоснованности. Приведённые в работе результаты поиска оптимального неравномерного СВЧ-нагрева микрореактора доказывают интенсификацию химического процесса в 2–2,6 раза за счет развития эффекта термокапиллярной конвекции.

3. Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Главными научными результатами диссертации являются разработанный и теоретически обоснованный способ интенсификации химических процессов в микрореакторе путем неравномерного нагрева реакционной смеси в лучевой СВЧ-камере и разработанная интеллектуальная автоматизированная система управления химическим процессом в параллельно функционирующих микрореакторах.

Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта специальности «Процессы и аппараты химических технологий»:

- разработан и теоретически обоснован способ интенсификации химических процессов в микрореакторе путем неравномерного нагрева реакционной смеси в лучевой СВЧ-камере. Эти положения соответствуют пункту 9: *Методы и способы интенсификации химико-технологических процессов, в том числе с помощью физико-химических воздействий на перерабатываемые материалы;*

- в диссертации решаются задачи повышения производительности L микрореактора за счёт поиска оптимального мольного отношения компонентов реакции и неравномерного СВЧ-нагрева. Эти положения соответствуют пункту 8: *Интеграция и оптимизация химико-технологических процессов и систем.*

Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта специальности «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»:

- в диссертации разработаны математические модели статики и динамики химического процесса в микрореакторе, учитывающие влияние на его интенсивность термокапиллярной конвекции; поставлены и решены задачи оптимизации микрореактора. Эти положения соответствуют пункту 4: *Теоретические основы и методы моделирования, формализованного описания, оптимального проектирования и управления технологическими процессами и производствами;*

- в диссертации разработана интеллектуальная автоматизированная система управления химическим процессом в параллельно функционирующих микрореакторах, обеспечивающая компенсацию неконтролируемых возмущений, в том числе при изменяющихся динамических характеристиках объекта. Эти положения соответствуют пункту 6: *Научные основы и методы построения интеллектуальных систем управления технологическими процессами и производствами.*

4. Значимость для науки и практики полученных автором результатов.

Разработанные методы и алгоритмы позволили изучить процессы статики и динамики в микрореакторе; поставить и решить задачи управления сложным химико-технологическим объектом, использующим физический метод воздействия на компоненты реакции; осуществить численную оценку скоростей термокапиллярного движения на межфазной границе жидкость-жидкость при переменном по длине аппарата градиенте температур.

5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Результаты диссертации могут быть использованы при управлении микрореакторами в научных лабораториях и на предприятиях Российской Федерации, занимающихся тонким органическим синтезом.

6. Оценка содержания диссертации, её завершённости. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, изложенного в выводах и списка использованных источников.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи работы, отмечены научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведена структура диссертации.

В первой главе проведен обзор работ в избранном направлении исследований. Произведен анализ существующих подходов к решению задач интенсификации химических процессов в классических реакторах и в микрореакторах, а также исследований в области автоматического управления реакторами. По результатам обзора выявлены имеющиеся проблемы в данной предметной области. Определены цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе проведено теоретическое и экспериментальное исследование химического процесса переэтерификации в микрореакторе. Построена математическая модель стационарных режимов процесса в проточном микрореакторе. Поставлена и решена задача оптимизации режимов работы микрореактора изменением количественного состава компонентов реакции.

В третьей главе рассмотрен электрофизический способ воздействия на компоненты реакции - неравномерный СВЧ-нагрев реакционной смеси, стимулирующий развитие термокапиллярной конвекции на поверхности раздела фаз. Приведена численная оценка максимальных скоростей термокапиллярного движения на границе раздела в зависимости от удельной мощности внутренних источников тепла.

Показано, что использование СВЧ-нагрева, как безынерционного источника тепла, обеспечивает возможность эффективного управления микрореакторами, ранее трудно управляемыми объектами.

В четвёртой главе проведено исследование динамики микрореактора при СВЧ-нагреве. Предложена математическая модель динамики объекта. Осуществлено построение линеаризованной модели объекта в отклонениях, преобразование линеаризованной модели в операторную форму, вывод передаточных функций объекта по каналам возмущения и управления. На основе полученных передаточных функций с использованием предложенного программного комплекса исследованы динамические характеристики объекта по каналам основного контролируемого возмущения, неконтролируемого возмущения и отклонения. Установлено, что по каналу основного контролируемого возмущения объект характеризуется «чистым» (транспортным) запаздыванием. Переходные характеристики объекта по каналу управления и по каналу неконтролируемого возмущения носят более сложный характер.

В пятой главе разработана автоматизированная система управления микрореактором. Основу АСУ составляет самонастраивающаяся автоматическая система с обучающейся моделью в канале управления. Модель предназначена для исключения влияния на выходной процесс системы неконтролируемых возмущений. Встроенная в микроконтроллер расчетная процедура обучения модели изменяющимся в динамике параметрам объекта в сочетании с динамической точностью самонастраивающейся системы по исследованным каналам обеспечивает высокое качество управления химическим процессом.

Диссертация является завершённым научным исследованием.

7. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, мнение о научной работе соискателя в целом.

Диссертация изложена грамотным научным языком и оптимально структурирована.

Основные результаты диссертации опубликованы в 13 печатных работах, в том числе 3 статьи – в журналах из перечня ВАК; получено 3 свидетельства об официальной регистрации программы для ЭВМ; имеется апробация на 5 Всероссийских и международных научных конференциях. Результаты известны достаточно широкому кругу специалистов в области процессов и аппаратов химических технологий, а также автоматизации и управления технологическими процессами и производствами.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Замечания по диссертации.

1. Нельзя согласиться с утверждением диссертанта, что «задачи оптимизации химических реакторов освещены в литературе весьма скудно» (глава 1, с.28 диссертации). Начиная с 1970-х годов, когда появились первые ЭВМ достаточной производительности, было опубликовано огромное количество работ по оптимизации химических реакторов.

2. В формулировке цели присутствует термин «эффективное» не несущий смысловой нагрузки. То же при формулировке научной новизны п.4: «эффективное управление». Также не расшифрован термин «интенсификация».

3. На с.40 главы 2 принято допущение, что рассматриваемая обратимая реакция имеет первый порядок. Что касается прямой реакции, здесь возражений нет, так как в предыдущем разделе указывается, что этанол берётся в избытке, и реакция становится псевдопервого порядка. Неясно, из каких соображений принимается, что обратная реакция будет также первого порядка.

4. Не приводится конструкция микрореактора, в связи с чем трудно разобраться с процессами, происходящими в нём (рассматриваемые на рис.3.1 и 3.5 примеры не дают полного представления о конструкции).

5. В главе 5 рассмотрена предложенная система управления как микрореактором, так и сетью микрореакторов. В то же время, на этапе рассмотрения процессной части диссертации, про сети микрореакторов информация отсутствует.

6. Не проведен системный анализ микрореактора как объекта управления; в главе 5 сразу приводятся решения по структуре систем управления (системы стабилизации и самонастраивающейся системы) без их обоснования.

7. В диссертации решаются задачи повышения производительности L микрореактора за счёт поиска оптимального мольного отношения компонентов реакции и неравномерного СВЧ-нагрева. Однако в выводах приведена количественная оценка повышения производительности микрореактора только за счёт неравномерного СВЧ-нагрева.

8. В приложении В приведен акт использования разработок соискателя, однако в тексте диссертации не описана детально опытная установка для получения этиловых эфиров жирных кислот и не расшифровывается термин «интенсификация».

Отмеченные замечания несколько снижают качество изложения, но они не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации, поэтому оппонент считает возможным дать работе положительную оценку.

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней.

Диссертация Боровкова Владимира Андреевича является научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые научно-технические решения в области исследования процессов, протекающих в микрореакторах и управления ими, внедрение которых обеспечивает повышение эффективности производственной деятельности, выражающееся в повышении производительности микрореакторов.

Диссертационная работа Боровкова Владимира Андреевича на тему: «Методы интенсификации и управление химическим процессом в микрореакторе в условиях стимулированной СВЧ-нагревом термокапиллярной конвекции» соответствует паспортам специальностей 2.6.13. Про-

цессы и аппараты химических технологий; 2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки) и отвечает требованиям пп. 9-11,13,14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Считаю, что автор диссертационной работы «Методы интенсификации и управление химическим процессом в микрореакторе в условиях стимулированной СВЧ-нагревом термокапиллярной конвекции», Боровков В.А., заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальностям 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий; 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Профессор кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» д.т.н., профессор

392000, г. Тамбов,
ул. Советская, 106/5, помещение 2
тел. 8 (4752) 632601
E-mail polychem@list.ru

Юрий Владимирович Литовка

Специальности, по которым защищена диссертация д.т.н. Литовки Ю.В.:
05.13.07 - Автоматизация технологических процессов и производств;
05.17.08 - Процессы и аппараты химической технологии.

Подпись Ю.В. Литовки заверяю
Учёный секретарь совета ФГБОУ ВО
«Тамбовский государственный
технический университет»



Г.В. Мозгова

22.05.2023

С отзывом официального
отомента ознакомлен

Боровков В.А.