

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук, доцента кафедры автоматизированных систем сбора и обработки информации ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» Андреевой Марии Михайловны на диссертационную работу Ляшенко Александра Ивановича

«Синтез и анализ энергосберегающих систем автоматического регулирования при действии детерминированных возмущений (на примере отделения синтеза в производстве метанола)»,

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

Оценка актуальности исследования. Современные химические установки в значительной мере автоматизированы, что позволяет проводить технологические процессы в оптимальных условиях с минимальными затратами ресурсов. Реакционные аппараты являются важными звеньями в технологии получения практически любого химического продукта. От оптимальности работы реактора (как в статике, так и в динамике) зависит производительность химико-технологической системы в целом, качество и себестоимость целевой продукции. Каталитический реактор синтеза метанола не исключение. Реакция образования метанола в нем протекает непрерывно, сопровождается повышением температуры по ходу газа в слое катализатора и требует не только ее снижения, но и поддержания в заданном диапазоне и удерживания от влияний внешней среды (температуры, давления, расходов), что напрямую зависит от соответствующей системы управления процессом.

Катализатор в реакторе синтеза метанола отечественного образца разделен обычно на 4 слоя (полки), между которыми предусмотрены камеры смешения, в которые по байпасам подается холодный газ для снижения температуры перед входом в последующий слой катализатора. Эта задача, в большинстве случаев, решается четырьмя контурами регулирования температуры на выходе каждого слоя катализатора подачей холодного газа по байпасу на вход в слой и его смешением с потоком газа основного хода. При этом традиционные

одноконтурные системы, действующие по отклонению, а также различные варианты комбинированных систем регулирования с добавочной компенсацией по выделенному основному возмущению, решают только задачу стабилизации температуры на выходе каждого слоя катализатора и не позволяют организовать энергосберегающее управление реактором. В ряде случаев, между полками с катализатором устанавливаются различные теплообменные системы, например, змеевикового типа, и производят съём тепла реакции синтеза путем непрерывного теплообмена через разделяющую поверхность. В этом случае степень энергосбережения реактора повышается, но наблюдается неоптимальная его работа в динамических режимах при компенсации внешних возмущений, что связано с существенной инерционностью каналов системы управления температурой.

В этой связи, считаю, что тема диссертации Ляшенко А.И., посвященная синтезу и анализу энергосберегающих систем автоматического регулирования с избыточностью в управляющих воздействиях, а также вопросам их прикладного применения для поддержания оптимального температурного режима работы реактора синтеза метанола, является актуальной и значимой как для теории, так и для практики.

Оценка содержания диссертации.

Диссертация написана по классической схеме, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Материал изложен на 274 страницах (включая приложения), в списке литературы приведено 164 источника.

Первая глава является обзорной, в ней приводится анализ современного состояния и известных подходов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности химико-технологических систем.

Во второй главе исследуется предмет исследования – энергосберегающие системы регулирования, предлагается их общая структура, анализируются отличительные особенности работы. Ставятся основные задачи синтеза таких систем.

Третья и четвертая главы являются экспериментальными, в которых исследуются вопросы реализации и прикладного применения энергосберегающих САР (ЭСАР) в производстве метанола. На основании общей структуры ЭСАР, представленной во второй главе, автором разрабатываются двухконтурные варианты ее реализации с фильтрами скользящего среднего,

методика их расчета и программа для проверки работоспособности путем имитационного моделирования и автоматизированного расчета параметров ЭСАР.

Разработанные варианты ЭСАР успешно применены Ляшенко А.И. для поддержания температурного режима реактора синтеза метанола. Для этого, прежде всего, были исследованы физико-химические закономерности протекания технологического процесса получения метанола на низкотемпературном медьсодержащем катализаторе под давлением 5 МПа. Построены адекватные математические модели процесса, с использованием которых проведен анализ влияния основных технологических параметров на регулируемую величину – температуру газа по высоте реактора, и на энергетическую эффективность процесса синтеза. Рассмотрен ряд вариантов проведения процесса синтеза метанола в реакторе полочного типа с различными способами организации потоков при охлаждении реакционной смеси (использование байпасных потоков, использование поверхностного теплообмена через межполочные теплообменники, комбинирование потоков). На основании материальных и тепловых балансов реакторного узла построены эксергетические диаграммы Грассмана-Шаргута. Автором установлена зависимость эксергетической чувствительности статических режимов работы реактора при изменении расхода газа через холодный байпас и расхода воды через межполочный теплообменник. Это позволило выявить, что понижать температуру газа основного хода по высоте реактора с помощью прямого смешения с байпасным холодным газом расточительно с позиции энергосбережения, что обусловлено большими потерями эксергии. В результате проведенных исследований показано, что оптимальной по динамическим показателям и одновременно энергосберегающей является комбинированная схема охлаждения реактора, которая также позволяет увеличить его производительность. В то же время отмечена сложность автоматизации комбинированной схемы охлаждения и необходимость разработки ЭСАР с двумя контурами регулирования на каждую полку с катализатором, интеграция которой позволит решить поставленную задачу управления.

В конце четвертой главы приведены результаты имитационного моделирования тепловых процессов в реакторе синтеза метанола с предложенными энергосберегающими САР температуры на выходе каждого слоя катализатора, начиная со второго, доказывающие возможность повышения на действующем производстве точности

при стабилизации температурного режима и энергетических показателей процесса.

Новизна научных результатов.

1. Предложена концепция новых энергосберегающих ЭСАР (ЭСАР), использующих избыточность в управляющих воздействиях.
2. Разработана методика расчета ЭСАР с фильтрами скользящего среднего.
3. Разработан универсальный алгоритм определения эксергетической чувствительности ХТС, позволяющий выделить в ее составе энергоэффективный канал управления.
4. Разработаны компьютерная модель ЭСАР, позволяющая исследовать ее динамические свойства, и алгоритм автоматизированного расчета параметров системы.
5. Получена математическая модель динамического и статического режима работы реактора синтеза метанола полочного типа, учитывающая процесс охлаждения газа основного хода между адиабатическими слоями катализатора одновременно с помощью подвода холодных байпасов (ХБ) и съема тепла реакции в межполочных утилизационных теплообменниках (МУТ).
6. Рассчитана эксергетическая чувствительность статических режимов работы колонны синтеза метанола, исследован характер ее изменения в зависимости от изменения режимных параметров процесса.
7. Предложен способ регулирования температуры по высоте реактора синтеза метанола, и синтезирована ЭСАР для его осуществления.
8. Проведен сравнительный анализ качества регулирования в новых разработанных ЭСАР температуры и в традиционных одноконтурных системах.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации,

подтверждается корректным использованием методов общей теории управляемых систем, методов математического и компьютерного моделирования, эксергетического метода термодинамического анализа химико-технологических систем. Работа характеризуется четкой взаимосвязью теоретической, исследовательской и

рекомендательной частей, непротиворечивостью полученных результатов с данными, представленными в исследованиях других ученых, работающих в этой предметной области.

Достоверность результатов работы обеспечивается использованием современных средств и методик проведения исследований, адекватностью разработанных моделей и процессов, сопоставлением результатов имитационного моделирования и численных экспериментов с регламентными и режимными параметрами, полученными на реальной объекте. Также достоверность результатов исследования подтверждена апробацией их путем обсуждения в научных изданиях и конференциях, получением охранных документов.

Практическая значимость работы.

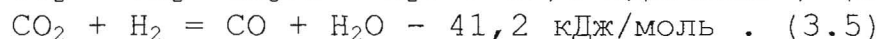
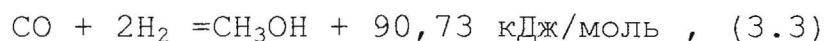
На мой взгляд, основная практическая ценность диссертации заключается в том, что на основании результатов проведенных исследований работа доведена до технических решений, которые переданы на Новомосковский «Азот» с рекомендацией возможности дальнейшего внедрения в производстве метанола для агрегата М-100. Практическую ценность представляет собой, безусловно, и ряд вариантов структур энергосберегающих систем автоматического регулирования, подтвержденные патентом РФ, для высокоточного поддержания заданного температурного профиля в реакторе, обеспечивающих увеличение выхода метанола из реактора при заданных технологических условиях и энергосберегающие статические режимы его функционирования. Эти варианты ЭСАР могут быть широко использованы и при автоматизации других объектов управления с избыточным числом управляющих параметров. То же можно сказать и про предложенные алгоритмы и их реализацию в виде компьютерных программ для исследования химико-технологических систем с целью синтеза ЭСАР.

Замечания по диссертации:

1.

- 3.2.1 Разработка математических моделей элементарных технологических операторов.

С.106. К основным реакциям, протекающим в реакторе синтеза, относятся:



А) При составлении кинетической модели синтеза метанола в слое катализатора чем обусловлен выбор только 3-х реакций и не включена реакция:



Б) Кинетическая модель не зависит от типа используемого катализатора?

– 3.2.1 Разработка математических моделей элементарных технологических операторов.

«Поскольку при исследовании слоя катализатора необходимо рассмотреть особенности протекания химических реакций в некотором диапазоне температур, то математическую модель процесса на слое необходимо дополнить энергетической моделью, учитывающей влияние температуры на константы скоростей протекающих реакций. Согласно уравнению Аррениуса константа скорости реакции зависит от температуры следующим образом: уравнение 3.10».

В) Не учтено, что предэкспоненциальный множитель также зависит от температуры: $K_0 = A (T/298 \text{ К})^n$ и уравнение Аррениуса перепишется: $k(T) = A (T/298 \text{ К})^n e^{-E_a/RT}$. Т.о. при построении математической модели дана неполная оценка влияния температуры на константу скорости каждой реакции.

2.

– 4.1.2.2 Процедура расчета настроечных параметров фильтров при известных настройках регуляторов.

Какова целесообразность рассмотрения графического метода расчета параметров фильтров, если ниже говорится о его недостаточной точности и используется аналитический метод?

3.

– 4.1.3 Разработка компьютерной программы для автоматизированного расчета и моделирования ЭСАР с фильтрацией методом скользящего среднего.

С.197. «В ходе выполнения диссертации была разработана программа для расчета и моделирования ЭСАР, на которую получено авторское свидетельство о регистрации электронного

ресурса [163]. Разработка предназначена для анализа динамических свойств ЭСАР с использованием имитационного моделирования на ЭВМ ее работы на примере типовых моделей объектов с двумя каналами управления одной регулируемой величиной, каждый из которых описывается аperiodическим звеном первого порядка с запаздыванием.»

Чем обусловлено ограничение рассматриваемых типовых моделей по количеству каналов управления и типам звеньев?

4.

Отразится ли предложенный способ регулирования температуры по высоте реактора синтеза метанола на активность катализатора со временем?

Указанные замечания не носят принципиального характера, существенно не снижают качество диссертации и могут рассматриваться как рекомендации для дальнейшей работы и подготовки доклада к защите.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней» от 24 сентября 2013 года. Диссертационная работа написана Ляшенко А.И. самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выносимые на публичную защиту и свидетельствующие о личном вкладе диссертанта в науку. Предложенные автором технические и технологические решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями в этой предметной области.

Общая направленность работы и ее основные положения соответствуют как паспорту специальности «05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (химическая технология; нефтехимия и нефтепереработка; биотехнология)» по части формулы – «Специальность, занимающаяся математическим, информационным, алгоритмическим и машинным обеспечением создания автоматизированных технологических процессов и производств и систем управления ими, включающей методологию исследования и проектирования, формализованное описание и алгоритмизацию, оптимизацию и имитационное моделирование функционирования систем, внедрение», так и паспорту специальности «05.17.08 –

Процессы и аппараты химических технологий» по части формулы – «Интегрированная научная дисциплина, содержание которой базируется на физических и химических явлениях (перенос энергии и массы, химические превращения, катализ, физико-химические воздействия на перерабатываемые материалы и т.п.), физической химии (в наибольшей мере – термодинамике); которая ориентирована на совершенствование аппаратного оформления технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения; предполагает изучение свойств и режимов функционирования действующих или вновь создаваемых химико-технологических систем; включает также научное решение проблем создания процессов и аппаратов, разработку технологических схем, формирующих предпосылки эффективного управления и автоматизации».

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации, ее актуальность, новизну и практическую значимость.

Анализ библиографического списка диссертации и ссылочного аппарата показал, что соискатель корректно использует материалы научной литературы, а при использовании в диссертации результатов научных работ, выполненных в соавторстве, отмечает это обстоятельство.

Основные результаты диссертации опубликованы в срок в 20 печатных работах, из которых 5 статей в рецензируемых изданиях из перечня ВАК, в ОФЭРНиО зарегистрировано 2 программы для ЭВМ, в ФИПС получен 1 патент на изобретение РФ.

Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена важная задача синтеза и анализа новых энергосберегающих систем регулирования сложными объектами химической технологии с избыточностью в выборе управляющих воздействий на одну и ту же регулируемую переменную. В качестве такого объекта управления выбран реактор в агрегате М-100 по производству метанола, создание ЭСАР для которого целесообразно для автоматического высокоточного поддержания в статике и динамике требуемого температурного профиля реакционной смеси по высоте. Решение этой задачи определяет повышение производительности реактора, направлено на совершенствование технологического процесса в целом с позиций энерго- и ресурсосбережения.

Считаю, что автор диссертации Ляшенко Александр Иванович заслуживает присуждения ему 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».

Официальный оппонент:

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры автоматизированных систем сбора и обработки информации
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

M. M. Andreeva

М.М. Андреева

« 02 » марта 2015 г.

Подпись М.М. Андреевой заверяю.
Ученый секретарь КНИТУ, к.п.н.

U. K.



В. Коновалова

Андреева Мария Михайловна

420015, Российская Федерация, Республика Татарстан, город Казань,
улица Карла Маркса, 72.

ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

тел. (843) 231-95-80

e-mail: Shadana@mail.ru