

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Богатикова Валерия Николаевича

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

Актуальность темы диссертации:

Современные АСУ ТП химических предприятий представляют собой совокупность иерархически построенных систем управления отдельными процессами и аппаратами, производственными цехами, теория и технология которых находится в стадии активного развития. При этом одна из актуальных проблемных задач связана, в частности, с совершенствованием методологии синтеза сложных локальных систем автоматического регулирования в общей структуре АСУ ТП с высокими технико-экономическими показателями. Существующие системы автоматического управления процессами химической технологии, основанные на применении локальных контуров регулирования, зачастую способны контролировать лишь режимные параметры объекта, без учета потерь энергии, что отрицательно сказывается на эффективности работы энергоемких установок химического профиля в целом.

В диссертации Ляшенко А.И. выдвигаются предположения о том, что эффективность работы химико-технологических систем (ХТС) можно увеличить за счет структурного преобразования систем управления, применив к ним специальную структуру с избыточным числом управляющих воздействий, позволяющую обеспечить высокоточное поддержание управляемых переменных в динамических режимах и свести к минимуму потери энергии в статических режимах работы. Таким образом, это позволит максимально результативно организовать процессы управления и частично решить обозначенную проблему энергосбережения и повышения энергоэффективности, сократив тем самым сопутствующие финансовые издержки.

'Обоснованность и достоверность научных положений и выводов:

Обеспечивается корректностью применения апробированного аппарата математического моделирования, методов системного анализа, теории автоматического управления, имитационного моделирования. Обработка экспериментальных данных и исследование моделей энергосберегающих систем автоматического регулирования (ЭСАР) проводились на основе оригинальных программ для персональных ЭВМ, составленных с использованием пакетов C++ Builder, MathCad и VisSim.

Полученные автором выводы, результаты и рекомендации научно обоснованы. На их основе опубликовано 20 научных работ, в рецензируемом научном журнале, входящем в перечень ВАК – 5 публикаций. В объединенном фонде электронных ресурсов «Наука и образование» зарегистрировано два пакета прикладных программ для ЭВМ (№ 18811 от 19.12.2012, № 20116 от 15.05.2014). В Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным маркам зарегистрирован патент на изобретение (свидетельство № 2494433 от 27.09.2013)

Научная новизна исследований:

Новыми научными результатами, полученными Ляшенко А.И., можно считать:

- предложенную концепцию новых систем автоматического регулирования – энергосберегающих САР, использующих избыточность в управляющих воздействиях
- разработанную методику расчета ЭСАР с фильтрами скользящего среднего
- разработанный универсальный алгоритм определения эксергетической чувствительности ХТС, позволяющий выделить в ее составе энергоэффективный канал управления
- разработанные компьютерную модель ЭСАР, позволяющую исследовать ее динамические свойства, и алгоритм автоматизированного расчета параметров системы
- полученную математическую модель динамического и статического режима работы реактора синтеза метанола полочного типа, учитывающую

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)

- результаты, посвященные расчету эксергетической чувствительности статических режимов работы колонны синтеза метанола и изучению характера ее изменения в зависимости от изменения режимных параметров процесса
- предложенный способ регулирования температуры по высоте реактора синтеза метанола, и синтезированную ЭСАР для его осуществления
- проведенный сравнительный анализ качества регулирования в новых разработанных ЭСАР температуры и в традиционных одноконтурных системах

Краткий анализ содержания диссертации и ее завершенности:

Диссертация написана на 274 страницах, состоит из содержания, введения, четырех глав, приложений и библиографического списка из 164 источника. В целом, оформление диссертации соответствует установленным к работам подобного вида ГОСТам и нормам. Текст написан грамотным техническим языком.

В процессе решения поставленных в диссертации задач Ляшенко А.И. получены следующие основные результаты.

Проведен литературный обзор, в котором рассмотрены современные подходы к решению проблемы энергосбережения и повышения энергетической эффективности ХТП. Показано, что одним из способов достижения поставленной задачи является создание ЭСАР.

Рассмотрены особенности синтеза и анализа ЭСАР. Предложены общая структура новых ЭСАР и, на ее основании, один из вариантов – ЭСАР с фильтрами скользящего среднего. Разработаны соответствующая методика и программа для автоматизированного расчета и моделирования работы ЭСАР. Использование разработанной методики позволит без особых усилий настроить ЭСАР на практике, не требуя высокой квалификации персонала. С помощью моделирования на компьютере подтверждена работоспособность и эффективность предложенной ЭСАР и методики ее расчета.

Заслуживает внимания предложенная автором методика определения энергоэффективного канала управления в ХТС с использованием эксергетического метода термодинамического анализа. Разработан

соответствующий программный комплекс, позволяющий проводить необходимые расчеты при синтезе ЭСАР.

Возможность эффективного применения ЭСАР с целью повышения энергетической эффективности процессов химической технологии была проанализирована применительно к промышленному агрегату по производству метанола типа М-100. Получено математическое описание статических и динамических режимов работы основных технологических операторов. Разработана математическая модель комбинированной схемы охлаждения реактора с ХБ и МУТ.

Согласно результатам эксергетического и динамического анализа реакторного узла установлено, что изменение расхода газа через ХБ является динамически эффективным управляющим воздействием, а изменение расхода воды через МУТ выгодным с позиции энергосбережения в статике.

Приведено формализованное описание задачи управления реактором синтеза метанола. Сделан вывод о целесообразности построения ЭСАР температуры реактора с двумя управляющими воздействиями на полку с катализатором.

Путем имитационного моделирования исследованы переходные процессы и различные режимы работы синтезированных вариантов ЭСАР. Проведен сравнительный анализ качества регулирования в ЭСАР и в традиционных одноконтурных САР с ХБ и МУТ, подтвердивший предположение о том, что внедрение ЭСАР температуры газа по высоте колонны синтеза метанола позволит оптимизировать работу агрегата М-100 как по динамическим, так и по энергетическим, а, следовательно, и экономическим показателям.

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

- копия патента на изобретение
- копии свидетельства о регистрации
- копии свидетельства о регистрации электронных ресурсов

Акт о передаче результатов научно-технических разработок по созданию энергосберегающей системы автоматического регулирования температурного режима в реакторе синтеза метанола агрегата М-100, согласно которому ее можно рекомендовать научно-техническому совету НАК «Азот» для рассмотрения возможности внедрения в эксплуатацию, предоставлен отдельно.

Соответствие содержания диссертации паспорту специальности:

В целом, представленная диссертация отвечает паспорту специальности 05.13.06 – автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (химическая технология; нефтехимия и нефтепереработка; биотехнология). Конкретно представленные положения и результаты можно отнести к следующим пунктам критерия «Область исследования»:

- Постановка и решение основных задач синтеза и анализа новых энергосберегающих САР как подсистем уровня непосредственного управления АСУ ТП, в том числе разработка структур ЭСАР, выбор фильтров и регуляторов, вопросы их реализации и методика расчета **соответствуют** п.3. «*Методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т.д.*»
- Математические и имитационные модели технологического процесса синтеза метанола как объекта построения ЭСАР температуры по высоте реактора, результаты имитационного моделирования работы синтезированных ЭСАР температуры и традиционных одноконтурных САР **соответствуют** п.6. «*Научные основы, модели и методы идентификации производственных процессов, комплексов и интегрированных систем управления*»
- Разработанное с использованием объектно-ориентированного программирования математическое, алгоритмическое и программное обеспечение автоматизированной системы расчета эксергетической чувствительности, предназначеннной для выявления в ХТС энергоэффективного канала управления технологической переменной с целью дальнейшего синтеза ЭСАР **соответствует** п.10. «*Методы синтеза специального математического обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых модулей функциональных и обеспечивающих подсистему АСУТП, АСУП, АСТПП и др.*»
- Разработанная автором, с применением возможностей инструментальной среды визуального проектирования VisSim в сочетании с СКМ MathCAD, программа для расчета, отладки и симуляции в интерактивном режиме

динамических свойств ЭСАР, находящейся под воздействием детерминированных сигналов **соответствует п.17. «Использование методов автоматизированного проектирования для повышения эффективности разработки и модернизации АСУ»**

В то же время определенные положения научной новизны следует отнести к паспорту специальности 05.17.08 – процессы и аппараты химических технологий, а именно:

- п. «*Способы, приемы и методология исследования гидродинамики движения жидкости, газов, перемещения сыпучих материалов, исследование тепловых процессов в технологических аппаратах и технологических схемах, исследования массообменных процессов и аппаратов*» содержание диссертации **соответствует** в части изучения закономерностей протекания химико-технологического процесса синтеза метанола, исследования структуры потоков в реакционном аппарате непрерывного действия, получения соответствующего математического описания и моделирования работы теплового режима реакторного узла, в части разработки комбинированной математической модели процесса охлаждения газа основного хода по высоте реактора полочного типа с помощью одновременного задействования ХБ и МУТ для выявления возможности повышения производительности реактора и степени его энергосбережения
- п. «*Принципы и методы синтеза ресурсосберегающих химико-технологических систем с оптимальными удельными расходами сырья, топливно-энергетических ресурсов и конструкционных материалов*» **соответствуют** оригинальное использование автором при построении систем управления химическими установками эксергетического метода анализа, основанного на понятиях эксергии и потерь эксергии, что позволяет объективно оценить термодинамическое совершенство процессов преобразования энергии в управляемых ХТС и выявить скрытые резервы для энергосбережения; результаты эксергетического анализа реакторного отделения синтеза метанола, согласно которым даны рекомендации по усовершенствованию технологической схемы поддержания температурного режима по высоте реактора путем интеграции энергосберегающей САР с избыточностью в управляющих воздействиях

Практическая ценность результатов работы:

- разработанные варианты структур новых САР с избыточностью в управляющих воздействиях, безусловно, могут найти применение в управляемых ХТС и повысить их энергетическую эффективность при одновременном обеспечении высокой динамической точности функционирования
- разработанная автоматизированная система расчета эксергетической чувствительности может быть использована для анализа сложных энергоресурсоемких ХТС с целью определения энергоэффективного канала управления
- разработанная для расчета и моделирования ЭСАР с фильтрацией методом скользящего среднего программа ЭВМ дает возможность в интерактивном режиме проводить исследования свойств ЭСАР на примере типовых моделей объектов управления
- рекомендации по энергосберегающей модернизации агрегата производства метанола М-100 путем интеграции ЭСАР температуры по высоте реактора, позволяющие повысить технико-экономические показатели процесса, переданы на ОАО НАК «Азот»

Личный вклад автора:

- в разработке структуры ЭСАР с фильтрами скользящего среднего и методики ее расчета
- в разработке программы для автоматизированного расчета и моделирования ЭСАР
- в разработке программного комплекса для эксергетического анализа ХТС с целью создания ЭСАР
- в проведении математического моделирования работы реакторной подсистемы в производстве метанола и ее эксергетического анализа для выявления энергосберегающей схемы охлаждения реактора и синтеза вариантов ЭСАР температуры
- в проведении расчетов и интерпретации полученных результатов
- в написании материала для публикаций и выступлений на конференциях

Вопросы и замечания:

- Нет четкого определения обобщенного критерия синтеза ЭСАР
- Если использование МУТ энергетически более выгодно, то почему бы не ограничиться одноконтурными САР температуры для каждого слоя катализатора, использующих в качестве управляющих воздействий – расход воды через утилизационные теплообменники. Ведь САР с МУТ, судя по результатам имитационного моделирования, справляется с отработкой детерминированных возмущений
- Не понятно, как определено, что выход метанола благодаря использованию ЭСАР возрастает ~ на 18,3 %
- Не ясно, почему работа ЭСАР температуры сравнивалась только с одноконтурными САР с ХБ и МУТ, и не проводился сравнительный анализ с другими более сложными системами регулирования
- Автор не уделил должного внимания анализу эффективности работы ЭСАР температуры в случае, когда оптимизация ведется при возмущении в виде изменения задания
- Для расчета параметров ЭСАР автором используются встроенные функции СКМ MathCAD совместно с пакетом VisSim. Однако в программном обеспечении промышленных контроллеров эти функции отсутствуют. Остается неясным, как выполнять расчеты в этой ситуации.

Общее заключение по диссертационной работе:

В диссертации на примере управления температурным режимом реактора синтеза метанола показана актуальность проведения теоретических исследований и разработок, направленных на синтез и анализ энергосберегающих систем автоматического регулирования. Основные положения диссертации и результаты, выносимые на защиту, полностью отражены в перечисленных работах соискателя, защищены патентом и свидетельствами государственной регистрации, и прошли достаточную публичную экспертизу на научных конференциях. Автoreферат диссертации содержит в сжатом виде всю необходимую информацию о работе. Выявленные

недостатки не затрагивают основные выводы работы и, в целом, не меняют высокую положительную оценку диссертации.

Диссертационная работа удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842:

- **соответствие п.9.** Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение вопросов разработки формализованных методов синтеза и анализа энергосберегающих систем регулирования, внедрение которых может внести существенный вклад в развитие методологии автоматизированных систем управления технологическими процессами, что положительно повлияет на динамику развития химической промышленности
- **соответствие п.10.** Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Диссертация имеет прикладной характер, прилагаемый к ней акт о передаче научно-технических разработок на предприятие НАК «Азот» подтверждает перспективность дальнейшего практического использования полученных Ляшенко А.И. научных результатов
- **соответствие п.11, 12, 13.** Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях (из перечня, установленного Министерством образования и науки РФ), при этом количество публикаций соответствует установленным нормам
- **соответствие п.14.** При выполнении исследования там, где необходимо, автор делает ссылки на работы других авторов и своих соавторов, источники заимствования материалов

В целом, оцениваю оппонируемую работу положительно и считаю, что ее автор, Ляшенко Александр Иванович, 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.

Официальный оппонент:

доктор технических наук,
профессор Богатиков Валерий Николаевич,
профессор кафедры информационных систем
ФГБОУ ВПО «Тверской государственный
технический университет»

170026, Россия, Тверская область, город Тверь,
набережная Афанасия Никитина, дом 22.

Тел. (84822) 445261

Адрес электронной почты: VNBGTK@mail.ru

/ В.Н. Богатиков /

« 2 » марта 2015 г.

Подпись профессора В.Н. Богатикова
ЗАВЕРЯЮ.

Ученый секретарь ФГБОУ ВПО
«Тверской государственный
технический университет»,
доктор технических наук, профессор

/ А.Н. Болотов /

