

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Егоров Александр Фёдорович,
заведующего кафедрой «Компьютерно-интегрированные системы в
химической технологии», ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический
университет (РХТУ) имени Д.И. Менделеева »
на диссертационную работу Бакасова Сабира Румовича
«Управление технологической безопасностью процесса селективной
очистки газов на основе нечётких импульсных моделей»,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальностям 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами (промышленность)

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 систем обеспечения технологической безопасности на основе совершенствования локальных систем автоматического регулирования в общей структуре АСУ ТП. Существующие системы автоматического управления процессами химической технологии, основанные на применении локальных контуров регулирования, зачастую способны контролировать лишь режимные параметры объекта, без учета потерь связанных с технологической безопасностью, что отрицательно сказывается на эффективности работы энергоемких установок химического профиля в целом.

В диссертации Бакасов С. Р. выдвигаются предположения о том, что эффективность работы химико-технологических систем (ХТС) можно увеличить за счет учёта рисков, возникающих при реализации различных технологических режимах работы типовых потенциально опасных промышленных процессов.

Это позволит максимально результативно организовать процессы управления и в какой-то степени решить проблему энергосбережения и повышения качества работы системы управления процессами, сократив 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 систем автоматического регулирования проводились на основе пакета МатЛаб.

Полученные автором выводы, результаты и рекомендации научно обоснованы. На их основе опубликовано 9 научных работ, в рецензируемом научном журнале, входящем в перечень ВАК - 3 публикации и 6 в тезисах и материалах Международных и Всероссийских конференций (РИНЦ).

Научная новизна исследований:

Новыми научными результатами, полученными Бакасовым С. Р., можно считать:

- предложенную концепцию новых систем автоматического регулирования - рискоустойчивого управления на основе импульсных моделей
- алгоритм количественного динамического учёта постепенных отказов
- разработанный алгоритм определения риска работы ХТС, который лежит в основе построения трёхуровневой иерархической системы управления технологическим процессом
- разработанная иерархическая многоуровневая компьютерную модель САР, позволяющая исследовать динамические свойства технологической системы
- алгоритм построения автоматизированной коррекции параметров системы с учётом динамики её работы
- разработку нечетко-определенной импульсной модели оценки состояния системы процесса селективной очистки газов на основе нечётких импульсных моделей
- предложенный способ многоуровневого регулирования процесса селективной очистки газов на основе нечётких импульсных моделей
- проведенный сравнительный анализ качества регулирования в новых разработанной системе управления температуры и в традиционных одноконтурных системах.

Краткий анализ содержания диссертации и ее завершенности:

Диссертация написана на 196 страницах, состоит из содержания, введения, пяти глав, включая 33 рисунка и 37 таблиц, приложений на 62 страницах машинописного текста с 19 иллюстрациями и 31 таблицей и библиографического списка из 105 источников. В целом, оформление диссертации соответствует установленным к работам подобного вида ГОСТам и нормам. Текст написан грамотным техническим языком.

Во введении обоснована актуальность тематики, сформулированы задачи диссертационной работы, а также приведены основные результаты, определяющие её научную новизну и практическую значимость

В первой главе проведён литературный обзор, в котором рассмотрены современные подходы к решению проблемы обеспечения безопасности. Дана общая характеристика технологической безопасности, исследован теоретико-множественный подход к определению понятия технологической безопасности, рассматриваются основные проблемы и подходы к решению задачи безаварийной работы непрерывных технологических процессов промышленного производства, а также анализируются математические модели, используемые в задачах моделирования безопасности технологических систем. Ставится задача построения автоматизированной системы обеспечения технологической безопасности.

Вторая глава посвящена описанию концептуального представления системы управления технологической безопасностью. Достаточно много внимания уделяется проблематике принятия решений в условиях неопределённости. Вводятся понятия области безопасности, центра безопасности, уровня риска ведения технологического процесса. Рассматриваются методы определения риска.

В третьей главе приведена математическая модель существующей системы. Проводится оценка её адекватности. Показано, что для повышения качества работы системы управления необходимо выполнить совершенствование модели.

В четвёртой главе осуществляется построение нечётко определённой модели процесса селективной очистки. Выделяются коэффициенты локальных контуров технологического процесса, которые приводятся к нечёткости. Для определения коэффициентов используется ANFIS - сеть. Строится нечёткий регулятор, который по изменению нагрузки по аммиаку и по изменению нагрузки газо-воздушной определяют нагрузку по этим расходам на реактор селективной очистки. Используемая на данном уровне модель повышает точность системы регулирования реактора селективной очистки.

В пятой главе приведена модель оценки риска процесса селективной очистки, определяется изменение нагрузки. Изменение нагрузки и предыдущее значение нагрузки подаётся на нечёткий регулятор. Вычисление изменения нагрузки по критерию риска осуществляется MPC контроллером, которые реализуют управление на основе предсказания параметров, определяющих состояние процесса. На основе MPC контроллеров осуществляется координация нагрузок по аммиаку и по газо-воздушной смеси. В пятой главе, по согласованию с технологами, выполняется прогнозирование содержания окислов азота в атмосфере.

В приложения вынесена вспомогательная техническая информация, полученная в процессе выполнения диссертации и подтверждающая ее апробацию и завершенность:

- описание производства неконцентрированной азотной кислоты
- описание алгоритмов определение области и центра безопасности
- расчёт функций принадлежности
- расчёт индекса риска
- оценка нечётких параметров модели селективной очистки газов
- рассмотрение различных вариантов системы управления с применением нечёткого регулятора и МРС регулятора для управления технологической безопасностью процесса селективной очистки газов
- обоснование целесообразности модернизации системы управления на основе использования данного исследования
- результаты внедрения

Соответствие содержания диссертации паспорту специальности:

В целом, представленная диссертация отвечает паспорту специальности 05.13.06 - автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность). Конкретно представленные положения и результаты можно отнести к следующим пунктам критерия «Область исследования»:

- В работе решается задача реализации рискоустойчивого управления. Промышленная реализация такой постановки задачи приводит к необходимости построения иерархической, многоуровневой системы управления. Это *соответствует 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.»*
- Постановка и исследование основных задач синтеза и анализа новых рискоустойчивых систем управления решается на основе построения новых интеллектуальных моделей интегрированных систем управления. Это *соответствует п.6 «Научные основы, модели и методы идентификации производственных процессов, комплексов и интегрированных систем управления».*
- Разработанное оригинальное программное обеспечение, применяемое в системе управления *соответствует п.10. «Методы синтеза специального математического обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых*

модулей функциональных и обеспечивающих подсистему АСУТП, АСУП, АСТПП и др.»

Практическая ценность результатов работы:

- разработанные варианты структур предсказывающего импульсного управления, основанные на использовании в качестве критерия управления критерий риска, имеющие иерархическую многоуровневую структуру, могут найти применение в управляемых ХТС.
- разработанная автоматизированная система управления может быть использована для управления сложных, потенциально-опасных ХТС для повышения их качества управления при одновременном обеспечении высокой динамической точности функционирования

Личный вклад автора:

- в разработке модели и алгоритмов учёта постепенных и внезапных отказов
- в разработке критерия риска для решения задачи прогнозного управления
- в разработке программы моделирования вариантов системы управления
- в проведении моделирования работы реактора селективной очистки в производстве неконцентрированной азотной в проведении расчетов и интерпретации полученных результатов

Вопросы и замечания:

- Нет четкого определения обобщенного критерия синтеза многоуровневой иерархической системы управления процессом селективной очистки
- В работе не достаточно уделяется внимания на пояснение моделей постепенных и внезапных отказов
- Нет пояснений механизма построения критериев оценки состояний процесса для идентификации внезапных отказов
- В содержании диссертации мало уделено внимания понятию «событие» - внезапный отказ, возможные механизмы принятия решений
- В работе недостаточно подробно рассматривается описание работы системы управления
- Вызывает интерес синтез систем управления, но в работе, в основном, уделяется внимание основному результату - количественным характеристикам

➤ Автор не уделил должного внимания анализу экономической эффективности работы разработанной системы управления

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. Автореферат 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 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 Бакасовым С. Р. научных результатов
- **соответствие п.11, 12, 13.** Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях, при этом количество публикаций соответствует установленным нормам

В целом, оцениваю оппонируемую работу положительно и считаю, что ее автор, Бакасов Сабир Румович, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность).

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор Егоров Александр Фёдорович, заведующий кафедрой «Компьютерно-интегрированные системы в химической технологии». ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет (РХТУ) имени Д.И. Менделеева »

125047, г. Москва, Миусская площадь, д. 9

Адрес электронной почты: egorov@muctr.ru

Тел.: 8(916)7503249

27 сентября 2019 года



А.Ф. Егоров

Подпись профессора А.Ф. Егорова
ЗАВЕРЯЮ.
Ученый секретарь
ФГБОУ ВО «Российский химико-
технологический университет (РХТУ) имени
Д.И. Менделеева »,
к.х.н., доцент



Н.К. Калинина