

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, Тарасова Валерия Борисовича, на диссертационную работу Бакасова Сабира Румовича **“Управление технологической безопасностью процесса селективной очистки газов на основе нечётких импульсных моделей”**, которая представлена на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06. — "Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности)".

Диссертационная работа Бакасова С.Р. посвящена исследованию и разработке системы управления процессом селективной очистки газов с целью повышения безопасности функционирования технологического производства.

Актуальность темы исследования.

В настоящее время в организации современных химических производств важным направлением становится направление обеспечения безопасности функционирования опасных технологических процессов¹. Возникновение нежелательных режимов работы на таких производствах может привести к значительным материальным потерям, нанесению ущерба окружающей среде и обслуживающему персоналу. Задачи выработки управляющих воздействий для стабилизации технологического процесса в области безопасных состояний особенно актуальны для процессов с непрерывным характером производства, т.к. возникновение нежелательных режимов работы в таких процессах наиболее сильно влияет на экономические показатели всего производства и ухудшает экологическую обстановку региона. Неправильная оценка состояния может привести к принятию неверных или нерациональных управляющих решений и, как следствие, к дальнейшему развитию опасной ситуации и отказу отдельных подсистем или химико-технологической системы в целом.

Таким образом, задачи развития известных и создания новых методов определения состояний и формирования управляющих воздействий химико-технологических процессов для обеспечения безопасности их функционирования являются актуальными на сегодняшний день.

Работа Бакасова С.Р. выполнялась в рамках научно-исследовательских работ кафедры «Информационные системы» ТвГТУ: – «Исследование теоретических и прикладных аспектов создания систем искусственного интеллекта».

Структура, объем и содержание работы.

Общий объем работы составил 196 страниц, включая 33 рисунка и 37 таблиц, список литературы содержит 105 источников. Приложение к работе содержит 62 страницы машинописного текста с 19 иллюстрациями и 31 таблицей.

Во введении выполнено обоснование актуальности темы, цели и основных задач проведенного исследования. Приводится описание научной новизны, практической ценности и достоверности полученных результатов.

¹ Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 29.07.2018) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов"

В первой главе показана необходимость создания иерархической многоконтурной системы ситуационного управления процессом селективной очистки газов в агрегате производства неконцентрированной азотной кислоты. Дана формализованная характеристика технологической безопасности, рассматриваются основные проблемы и подходы к решению задачи безаварийной работы непрерывных технологических процессов промышленного производства. Рассматривается технология производства неконцентрированной кислоты, анализируются математические модели.

В конце первой главы на основе рассмотренных методов и подходов к созданию систем управления технологической безопасностью сложных химико-технологических объектов выделяются основные задачи исследования:

- анализ методов оценки состояний типовых процессов промышленных технологий, и принятие решений в условиях неопределенности на основе расчета уровня риска;
- разработка модели управления системы технологической безопасностью процесса селективной очистки газов, главным критерием в которых является достижение минимального уровня риска;
- разработка математического и алгоритмического обеспечения системы управления технологической безопасностью на примере адаптивной системы управления химико-технологическим процессом селективной очистки хвостовых газов.

Во второй главе рассматриваются вопросы моделирования и управления технологическими процессами в условиях неопределенности. Строится концептуальная и математическая модели оценки рисков потенциально опасных технологических процессов. Введены понятия индексов ущерба и риска ведения технологического процесса, разработан алгоритм оценки текущей нечеткой ситуации, построена модель управления химико-технологическим процессом селективной очистки газов. Сформулировано определение области и центра технологической безопасности химико-технологического процесса. Для количественной оценки безопасности процесса введены понятия уровня технологической безопасности, уровня ущерба и уровня риска. Все эти уровни характеризуются как степень нечеткого равенства состояния технологического процесса в данный момент времени (текущей ситуации) и состояния, соответствующего центру технологической безопасности процесса. Критерием управления технологическим процессом в условиях неопределенности исходной информации выступает индекс риска.

Третья глава посвящена математическому моделированию существующей системы управления узла селективной очистки газов в агрегате производства неконцентрированной азотной кислоты. Были определены все управляющие и управляемые параметры, построены функциональные и структурные схемы узла, выстроено математическое описание каналом управления.

В составе системы управления функционируют следующие контуры автоматического регулирования:

1. Регулирование соотношения расходов воздуха и газообразного аммиака, поступающих в смеситель. Это одна из основных схем автоматизированного

регулирования, определяющая нагрузку на агрегат и поддерживающая безопасную концентрацию аммиака в аммиачно-воздушной смеси. Ведущим параметром является расход воздуха. В схеме предусмотрена коррекция расхода аммиака по температуре под сетками контактного аппарата.

2. Регулирование разности температур на выходе из реактора селективной очистки хвостовых газов и входе в реактор путем изменения подачи газообразного аммиака в камеру сгорания.

Модельные эксперименты показали необходимость совершенствования системы управления. Дисперсия отклонения экспериментальных данных от модельных значений параметров составила около 20%.

Были определены наиболее благоприятные значения режимных параметров узла селективной очистки газов, который состоит из реактора и газотурбинного агрегата (ГТТ-3). Эти аппараты должны обеспечивать наилучшие условия рекуперации энергии и предельно возможное для этого узла значение показателя степени использования энергоресурсов.

Основные выводы:

- температуру газов на выходе из реактора целесообразно стабилизировать с помощью изменения подачи смеси NH_3 и воздуха в камеру сгорания реактора;
- поддержание необходимой температуры газа на входе в реактор, позволяющее максимизировать разность температур газа на входе и выходе реактора, рационально осуществлять с помощью изменения количества подаваемого на реакцию аммиака и воздуха.

Полученные модель технологической системы селективной очистки хвостовых газов была использована при построении системы ситуационного управления процессом как начальная модель.

В четвертой главе представлен процесс разработки нечеткой модели. Параметры модели были использованы для учёта изменения свойств при накоплении отрицательных качеств технологической системы, связанных с параллельными процессами, сопровождающими основной процесс: ухудшение свойств катализатора, высокие температуры, процесс коррозии и т.д.

Постепенные отказы вызывают изменение значений коэффициентов в математических моделях в зависимости от нагрузки по добавочному аммиаку и воздуху. Зависимость параметров дифференциальных уравнений от переменных на входе и выходе реактора селективной очистки газов определяется с помощью аппарата нейро-нечетких сетей (ANFIS). Выводы в ANFIS выполняются на основе теории нечеткой логики и нечетких множеств. Для построения соответствующих функций принадлежности в работе применяется алгоритмы обучения нейронных сетей. Проведено исследование полученной модели системы управления. Модельная проверка адекватности показала повышение точности работы систем регулирования узла селективной очистки, что способствует повышению качества её работы. Дисперсия уменьшилась в среднем на 5%.

В пятой главе выполнено дальнейшее совершенствование системы управления узла селективной очистки. Для организации второго уровня управления разработано программное обеспечение нечеткого регулятора, которое применяется для определения подачи газо-воздушной смеси и воздуха. Для координации расходов

газо-воздушной смеси и воздуха на втором уровне применены два регулятора с предсказанием.

Первый уровень решает задачу определения изменения нагрузки по газо-воздушной смеси в абсорбционной колонне и аммиака в реакторе селективной очистки. На этом уровне используются два МРС регулятора, заданием для которых является оценка индекса риска работы технологической системы.

Оценка осуществляется по:

- технологическим параметрам ведения процесса,
- состоянию оборудования системы,
- состоянию системы управления.

Для каждой компоненты определяется индекс риска. В системе управления предусмотрен выбор композиции критериев риска по правилу:

- Если изменение временного ряда не стационарно одной из композиций критериев риска, то делается вывод о необходимости выполнения диагностики состояния, принимаются решения по устранению возникшего нарушения.

В целом, можно сказать, что диссертантом проделана большая теоретическая и практическая работа.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод **об актуальности темы диссертационной работы Бакасова С.Р.: "Управление технологическим процессом селективной очистки газов на основе нечётких импульсных моделей"**. Она соответствует современным тенденциям в области развития методов управления технологическими производствами. Разработка моделей, методик, алгоритмического и программного обеспечения исследования технологической безопасности на основе современных информационных технологий с привлечением методов нечеткой логики позволит существенно повысить эффективность управления технологическими процессами на современных химических производствах.

Научная новизна работы:

1. Методика определения состояний объекта на основе нечётко-определённой импульсной модели количественной оценки риска ведения технологического процесса. Критерий риска до настоящего времени практически не применяется в системах автоматического регулирования процессов химической технологии. Его применение в настоящей работе повысило качество и гибкость работы системы управления промышленными аппаратами.
2. Методика определения управляющих воздействий по критерию риска для процесса селективной очистки хвостовых газов на основе оценки сложившейся в данный момент времени технологической ситуации. В работе применяется регулятор с предсказанием. Такой регулятор можно отнести к регуляторам нового поколения для промышленных технологий.
3. Модель системы управления на основе импульсной модели риска ведения технологического процесса.

Практическая значимость результатов диссертационной работы. Важно отметить, что наряду с теоретическими исследованиями в диссертации уделяется внимание практическому использованию полученных результатов. Результат диссертационной работы, передан на ОАО «Новомосковская акционерная компания «АЗОТ». Положительный эффект от возможного использования и внедрения предлагаемой систем автоматического управления позволит разрабатывать комплекс мероприятий, нацеленных на управление безопасностью промышленных технологий, что приведет к снижению потерь и повышению эффективности работы обслуживающего персонала за счет улучшения состояния работоспособности и прогнозирования отказов основного оборудования на химических производствах.

Достоверность полученных результатов работы обеспечивается адекватным применением формальных методов системного анализа и математического моделирования. Положения диссертации и полученные автором результаты докладывались и прошли апробацию на представительных международных и всероссийских научных конференциях.

Публикации. Основное содержание данного диссертационного исследования изложено в 9 публикациях, 3 из которых представлены в научных журналах, входящих в список рекомендованных ВАК.

Замечания по работе:

1. Нет четкого определения обобщенного критерия риска, пояснений к выбору композиционных формул оценки состояний (п. 2.7, стр. 61, 62, 91, 111);
2. Недостаточно полно описано принятие решений о наличии возможной внештатной ситуации (п. 2.7, стр. 91);
3. Практически не освещена работа по синтезу вариантов управления процессом селективной очистки хвостовых газов (приложение 6, стр. 187);
4. Мало уделено внимания описанию экономической эффективности системы ситуационного управления (приложение 7, стр. 191).
5. Нет оценки модельного изменения производительности узла селективной очистки окислов азота (п. 5.7, приложение 7).

К некоторым положительным результатам не даны комментарии в работе. Например, в работе построена нейронная сеть, которая предсказывает возможную концентрацию окислов азота при изменении режима работы узла очистки (рисунки 5.11, П.6.2, П.6.4).

Указанные замечания не влияют на положительную оценку, которую можно дать диссертационной работе, как актуальному и оригинальному научному исследованию.

Основные положения и результаты диссертационной работы достаточно полно отражены в периодической печати.

Разработанные алгоритмы рекомендованы к внедрению в производство. Полученные в работе теоретические и практические результаты использованы при разработке систем управления химико-технологических процессов в НАК "АЗОТ" (г. Новомосковск), что подтверждается актом внедрения.

Соответствие содержания диссертации паспорту специальности.

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

1. Постановка и решение основных задач синтеза и анализа новых иерархических САР как подсистем уровня непосредственного управления АСУ ТП на основе критерия риска ведения технологического процесса, методика расчета модели системы управления **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.»*
2. Математические и имитационные модели технологического процесса селективной очистки производства неконцентрированной азотной кислоты как объекта построения иерархической, многоуровневой системы управления реактором, результаты имитационного моделирования работы синтезированных разработанных САР и традиционных САР **соответствуют** п.6. *«Научные основы, модели и методы идентификации производственных процессов, комплексов и интегрированных систем управления»*
3. Разработанное математическое, алгоритмическое и программное обеспечение системы управления позволяет выполнять диагностику состояний технологической системы, идентифицировать постепенные и внезапные отказы на основе использования индекса риска ведения технологического процесса **соответствует** п.10. *«Методы синтеза специального математического обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых модулей функциональных и обеспечивающих подсистему АСУТП, АСУП. АСТПП и др.»*
4. Разработанная автором программа для расчета и симуляции режима динамических свойств иерархической, многоуровневой САР с применением возможностей пакета МатЛаб может быть отнесена п.17. *«Использование методов автоматизированного проектирования для повышения эффективности разработки и модернизации АСУ»*

Заключение.

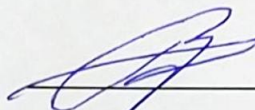
Диссертационная работа Бакасова С.Р. является законченной квалификационной научно-исследовательской работой, актуальной в теоретическом и практическом аспектах. Полученные результаты достоверны и в достаточной степени обоснованы. Основные результаты полностью изложены в публикациях.

Диссертация и автореферат написаны методически грамотно и аккуратно оформлены. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

В целом рецензируемая работа написана на уровне требований ВАК к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней,

утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, автор работы заслуживает присвоения этой степени по специальности 05.13.06. — "Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности)".

Официальный оппонент –
доцент кафедры
«Компьютерные системы
автоматизации производства»
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
к.т.н., доцент
тел.: (499)2636854
e-mail: vbulbov@yahoo.com



Тарасов Валерий Борисович

26 сентября 2019 года

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Адрес: 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

