

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

к.т.н. Королевой Марии Николаевны на диссертацию

Черешко Алексея Анатольевича

«Методы управления технологическими процессами на основе ассоциативных прогнозирующих моделей»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)

Диссертация А.А. Черешко посвящена разработке методов управления с прогнозирующей моделью технологическими процессами непрерывных и полу-непрерывных производств (в металлургии, химической промышленности, нефтепереработке, горно-обогатительном производстве, и т.п.). В отличие от традиционной схемы, предложена процедура синтеза управления с использованием моделей реального времени, получаемых на основе индуктивных знаний и методов машинного обучения. В диссертационной работе приведена методика разработки виртуальных анализаторов – программно-алгоритмических комплексов, формирующих модели указанного типа, названных ассоциативными.

Актуальность темы диссертации

Поскольку схема управления с прогнозирующей моделью (Model Predictive Control – MPC) технологическими процессами в перерабатывающих отраслях промышленности на протяжении последних двадцати лет является одной из наиболее применимой, актуальной является задача повышения ее эффективности, что во многом определяется точностью используемых моделей. Как правило, в реальных системах управления используются заранее разработанные линейные модели, актуализация которых осуществляется через значительные промежутки времени. В работе приводится сравнение предлагаемых ассоциативных моделей с традиционно применяемыми линейными моделями с адаптивной настройкой. Для широкого класса технологических процессов использование линейных моделей оказывается неудовлетворительным по качеству. Поэтому задача повышения эффективности и качества управления технологическими процессами на основе интеллектуальных прогнозирующих моделей реального времени является актуальной.

Обоснованность и достоверность результатов исследования

На защиту вынесены следующие научные положения:

- Метод построения виртуальных анализаторов показателей качества продукции технологического объекта на основе ассоциативного поиска.
- Метод автоматического управления с ассоциативными виртуальными анализаторами – «ассоциативное MPC» (AMPC) непрерывных и полунепрерывных производств.
- Алгоритм расчета глубины прогноза выхода объекта для AMPC, при задании которой гарантируется удовлетворение системы управления необходимым ограничениям.

Обоснованность и достоверность выводов и результатов диссертационной работы обеспечивается адекватным и корректным применением известных методов идентификации и управления, машинного обучения, интеллектуального анализа данных, а также результатами численных экспериментов и практического применения разработанных моделей и методов.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующих полученных результатах:

- Метод построения виртуальных анализаторов показателей качества продукции перерабатывающих отраслей промышленности на основе алгоритма ассоциативного поиска, позволяющий повысить точность моделей технологических процессов, в том числе и для нелинейных.
- Метод автоматического управления с прогнозирующей моделью – «ассоциативное MPC», позволяющий повысить эффективность управления нелинейными нестационарными технологическими процессами непрерывных и полу-непрерывных производств.
- Алгоритм расчета глубины прогноза выхода объекта управления, при задании которой гарантируется достижение цели управления с учетом принятых ограничений.

– Методы разработки программного обеспечения, реализующего управление технологическими процессами с ассоциативными прогнозирующими моделями нелинейных процессов и формирующего базу индуктивных знаний.

Результаты диссертационного исследования прошли **апробацию** в виде обсуждения на 3 международных и 2 всероссийских конференциях. По материалам диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 5 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ по данной специальности, из них 3 – в журналах, индексируемых в базах Web of Sciences и Scopus, и 2 – в других изданиях.

Теоретическая значимость работы заключается в предложенных 1) методах разработки виртуальных анализаторов технологических процессов непрерывных и полу-непрерывных производств на основе алгоритмов ассоциативного поиска и 2) методах автоматического управления с прогнозирующей моделью технологических процессов с использованием ассоциативных виртуальных анализаторов.

Практическая ценность работы заключается в создании программного приложения для реализации методов разработки ассоциативных виртуальных анализаторов и управления с прогнозирующими моделями. Эффективность предложенных методов подтверждается численными экспериментами. Также практическая значимость полученных результатов подтверждена их практическим использованием на АО «Стойленский ГОК», о чем свидетельствует Акт о внедрении.

Структура диссертационной работы и ее общая характеристика

Диссертационная работа А.А. Черешко состоит из введения, четырех глав, заключения и приложения. Диссертация изложена на 116 страницах.

В первой главе представлен аналитический обзор известных методов управления с прогнозирующей моделью, а также методов идентификации и управления, применяемых сегодня в таких системах управления

технологическими процессами. Сформулированы цель и научные задачи работы.

Вторая глава посвящена методу разработки виртуальных анализаторов качества продукции на основе идентификационных алгоритмов ассоциативного поиска. Описана процедура построения виртуальных анализаторов с использованием баз индуктивных знаний. Анализируется функционирование идентификатора в цепи обратной связи («ассоциативный виртуальный анализатор») как цифрового двойника. Выявлены преимущества данного метода перед традиционными. Описаны особенности функционирования виртуального анализатора в замкнутом контуре.

В третьей главе представлен метод управления с прогнозирующей моделью на основе ассоциативного поиска и базы индуктивных знаний, разработанный автором. Представлен алгоритм управления с прогнозирующей моделью на основе ассоциативных идентификационных моделей.

Определен критерий выбора глубины горизонта прогнозирования с ассоциативными моделями. Синтез управления предусматривает формирование на каждом временном такте ассоциативной модели на основе индуктивных знаний.

В четвертой главе представлена практическая реализация разработанных методов. Описано применение результатов диссертационной работы в системах управления технологическими процессами на фабрике обогащения железорудного концентрата АО «Стойленский ГОК». Отмечено, что внедрение полученных результатов обеспечило технико-экономический эффект в виде увеличения загрузки руды на вход головных мельниц на 2,3 % и снижение дисперсии лабораторных значений показателей качества железорудного концентрата на 34%, что подтверждается приведенным в Приложении Актом АО «Стойленский ГОК».

Замечания, мнение по диссертации в целом

Диссертация А.А. Черешко заслуживает положительной оценки, вместе с тем, по ней можно отметить следующие замечания:

1) Процедуру формирования базы индуктивных знаний – закономерностей, извлекаемых на основе анализа данных функционирования исследуемых процессов, стоило изложить более детально.

2) В работе не приведено сравнение точности ассоциативных моделей с точностью идентификационных моделей на основе нейронных сетей, описание которых приводится в аналитическом обзоре.

3) В тексте диссертации отмечено (с. 59): «Идентификация систем автоматического управления ТП особенно сложна при наличии разного рода возмущений». Однако в диссертационном исследовании не делается акцент на рассмотрении различных типов возмущений.

Приведенные замечания не влияют на положительную оценку данной диссертационной работы, не снижают научную и практическую значимость полученных результатов, а носят лишь рекомендательный и редакционный характер.

Заключение по диссертационной работе

Полученные А.А. Черешко научные и практические результаты достоверны, а сформулированные выводы и заключения диссертации убедительно аргументированы. Диссертационная работа выполнена соискателем на высоком научном уровне, является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, оформлена согласно требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Содержание диссертационной работы соответствует формуле и пунктам области исследования паспорта специальности 2.3.3. – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки), а именно пунктам 3, 4 и 6.

Публикации и автореферат в достаточной степени отражают основное содержание диссертации.

Диссертационная работа отвечает требованиям, изложенным в «Положении о присуждении ученых степеней» № 842, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, с изменениями на 26 сентября 2022 года, а ее автор, Черешко Алексей Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Официальный оппонент

кандидат технических наук
(специальности 05.13.01, 05.13.17),
доцент кафедры РК-9 «Компьютерные системы
автоматизации производства»
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Моб. тел.: +79266295614
E-mail: maria.nik.koroleva@gmail.com, maria.k@bmstu.ru

Королева Мария Николаевна

12 января 2023 г.

В Е Р Н О

Зам. начальника Управления кадров

Н.Э. БАУМАНА

Г. МАТВЕЕВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
Адрес: 105005 Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Телефон: 8 (499) 263-6391
Адрес электронной почты: bauman@bmstu.ru
<https://bmstu.ru>

