

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

24.1.107.01, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ИНСТИТУТА ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИМ. В.А. ТРАПЕЗНИКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 06.02.2023г. № 2

О присуждении **Черешко Алексею Анатольевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методы управления технологическими процессами на основе ассоциативных прогнозирующих моделей» по специальности 2.3.3 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)» принята к защите 20 октября 2022 г., протокол № 9 диссертационным советом 24.1.107.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65, утвержден Приказом ВАК о создании диссертационного совета № 1318-в от 29.12.2000 г., перерегистрирован _____, Приказ № _____).

Соискатель Черешко Алексей Анатольевич, 1995 года рождения, закончил бакалавриат (2017г.) и магистратуру (2019г.) Факультета радиотехники и кибернетики Московского физико-технического института, и завершает обучение в аспирантуре ИПУ РАН 30 сентября 2023 года.

В настоящее время работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института проблем управления в лаборатории № 41 «Идентификации систем управления» в должности научного сотрудника.

Диссертация выполнена в лаборатории № 41 Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, **Бахтадзе Наталья Николаевна**, заведующий лабораторией № 41 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Андрей Юрьевич Торгашов, доктор технических наук, доцент, Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, главный научный сотрудник,

Мария Николаевна Королева, кандидат технических наук, доцент, МГТУ им. Н.Э. Баумана,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Московский институт электроники и математики имени А. Н. Тихонова Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (МИЭМ) в своем положительном отзыве, подписанном профессором Департамента прикладной математики МИЭМ НИУ ВШЭ, доктором технических наук, профессором **Афанасьевым В.Н.**, руководителем Департамента прикладной математики МИЭМ НИУ ВШЭ, кандидатом технических наук, доцентом **Беловым А.В.**, указала, что разработанные в диссертации методы разработки ВА ТП непрерывных и полунепрерывных производств на основе алгоритмов ассоциативного поиска и методы автоматического управления с прогнозирующей моделью ТП с использованием ассоциативных ВА представляют значимый научный результат в теории управления технологическими процессами непрерывных и полунепрерывных производств.

Диссертация Черешко А.А. на соискание ученой степени кандидата технических наук является научной квалификационной работой, в которой сформулированы и решены задачи разработки методов создания ВА показателей качества технологического процесса на основе алгоритма ассоциативного поиска, а также разработан новый метод автоматического управления с прогнозирующей моделью – «ассоциативное МРС», имеющие **существенное значение** для математической теории управления и практики. Основные результаты диссертационного исследования достаточно полно отражены в публикациях автора.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.3.3 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)» и отвечает требованиям ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п.9 Положения о присуждении ученых степеней ... №842 от 24.09.2013г. и п.6 Положения о присуждении ученых степеней ... №235 от 17.03.2015г.), а ее автор достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)».

Заключение ведущей организации имеет следующие замечания:

1. «Предполагается, что при нахождении необходимого управления можно выйти за ограничение $|u| \leq U$ » (стр.15). Зачем задаются ограничения, если за них «можно выйти»?
2. «Пусть система управления описывается системой обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений вида (формула (1), стр. 18-19)». Следовало бы сделать ряд предположений об управляемости и наблюдаемости объекта, динамика которого описывается системой (1).
3. «В задачах МРС наиболее распространенным видом целевой функции J является квадратичный функционал (формула (5))» (стр.21). Ни здесь, ни далее не определен параметр λ^2 , входящий в подынтегральную формулу функционала.
4. «Оптимизационная задача для линейного МРС с ограничениями формулируется следующим образом (формулы 7-10)» (стр.26). Применение функционала вида (7) возможно только для случая, когда объект (1) наблюдаем.
5. «Предлагается искать оценку \hat{a}_0 , такую что (формула 32)» (стр.51). По какому параметру ищется \min в правой части (32)? Выражение (34) справедливо только в случае $\hat{X}^+ \hat{X} = 1$, где матрица \hat{X}^+ , как написано в диссертации, вырожденная.
6. Не приведено экспериментально сравнение эффективности управления при использовании традиционных и ассоциативных ВА.
7. В диссертационной работе не нашли подробного отражения результаты исследований автора по прогнозированию показателей качества на несколько тактов вперед, а также методы прогнозирования на основе «ситуационной осведомленности» (situation awareness), содержащиеся в его опубликованных работах.
8. В работе встречаются некоторые не вполне поясненные высказывания, например (с.11): «для некоторых нелинейных объектов они (алгоритмы) дают неадекватный прогноз». При этом в работе не встречаются ни описание проверки на адекватность традиционных алгоритмов, о которых говорится в данном фрагменте текста, ни обоснование адекватности ассоциативных алгоритмов, применяемых в разработанных автором ВА.

Отзывы официальных оппонентов содержат следующие замечания.

Отзыв А.Ю. Торгашова:

1. Процедура разработки ВА показателей качества ТП на основе алгоритма ассоциативного поиска во второй главе диссертации изложена слишком подробно. Было бы достаточно ограничиться изложением основных концептуальных положений: создания ВА путем формирования на каждом

также новой ассоциативной модели. Именно это определяет оригинальность предлагаемого подхода к синтезу МРС. А вот стадии обработки данных можно было бы не описывать настолько детально.

2. Было бы желательно описать перспективу исследований по формированию критериев выбора глубины горизонта прогнозирования АМРС в зависимости от свойств исследуемых объектов, в частности – для нестационарных объектов.

3. В работе не приведены численные примеры сравнения эффективности применения традиционных и ассоциативных ВА для различных технологических процессов (помимо ТП, исследуемого в четвертой главе), тем более, что в публикациях диссертанта такие примеры приводятся.

4. В работе встречаются погрешности оформления и стилистически нечеткие выражения, например: «...обобщить задачу на объект с вектором управляющих воздействий» (с.64), или: «...при приближении мощности к нижнему пределу».

Отзыв М.Н. Королевой:

1. Процедуру формирования базы индуктивных знаний – закономерностей, извлекаемых на основе анализа данных функционирования исследуемых процессов – можно было бы 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 технологическими процессами особенно сложна при наличии разного рода возмущений». Однако в диссертационном исследовании не делается акцент на рассмотрении различных типов возмущений.

4. Можно отметить некоторые стилистические погрешности в тексте, например: «...В таблице 4.2 приведены *оценочные параметры* по всем построенным моделям» (с.80).

Соискатель по теме диссертации имеет 8 опубликованных работ, в том числе пять статей в рецензируемых изданиях из перечня, рекомендованного ВАК. Все результаты диссертационной работы получены А.А. Черешко самостоятельно.

Наиболее значимые публикации из числа рецензируемых изданий:

1. Bakhtadze, N.; Yadykin, I.; Maximov, E.; Maximova, N.; Cheresheko, A.; Vershinin, Y. Forecasting the Risks of Stability Loss for 22 Nonlinear Supply Energy Systems // IFAC-PapersOnLine, 2021. Vol. 54, No. 1. P. 478-483.

2. N. Bakhtadze, A. Cheresenko, D. Elpashev, A. Suleykin, A. Purtov Predictive associative models of processes and situations // IFAC PapersOnLine, 2022. Vol. 55, No. 2, P. 19–24.
3. Черешко А.А., Титкина М.С. Применение алгоритмов ассоциативного поиска в системах управления с прогнозирующей моделью // Автоматизация в промышленности, 2022. № 6. С. 58–62.
4. Черешко А.А., Виртуальные анализаторы качества на основе цифровых моделей // Автоматизация в промышленности, 2022. № 7. С. 33–38.
5. Bakhtadze, N., Beginyuk, V., Elpashev, D., Zakharov, E., Salikhov, Z., Cheresenko, A. Intelligent Decision Support System Based on Video Recognition of Tuyere Hearth in a Blast Furnace // IFAC-PapersOnLine. 2022, 10th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control June 22-24, 2022. Nantes, France. P. 2810-2825.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы, все отзывы положительные.

Отзывы с замечаниями:

1. Отзыв на автореферат д.т.н., профессора Константинова И.С., заведующего кафедрой математического и программного обеспечения информационных систем Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» содержит следующее замечание:
 - Отсутствие в автореферате технической информации по внедрению системы на конкретное производство (СУУТП размола), а частности: какова величина такта работы системы; обоснование её выбора; глубина прогноза; их взаимовлияние и т.д.
2. Отзыв на автореферат д.т.н., Сеницына И.Н., главного научного сотрудника Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук (ФИЦ ИУ РАН) и к.ф.-м.н. Конашенковой Т.Д., научного сотрудника ФИЦ ИУ РАН содержит следующее замечание:
 - Утверждение «ВА для систем управления ТП с идентификационными моделями содержат статистически зависимые переменные» требует пояснения, какие именно переменные статистически зависимы.
3. Отзыв на автореферат д.т.н., доцента Хисамутдинова Рауиля Миргалимовича, заведующего кафедрой «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Набережночелнинского института в составе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» содержит следующие замечания:

- В автореферате можно было бы более подробно описать процедуру синтеза виртуального анализатора для нестационарных ТП с использованием аппарата вейвлет-анализа.
- Не приводится описание возможности применения полученных результатов для различных объектов, упоминаемых в публикациях.

4. Отзыв на автореферат д.т.н. Солодуши С.В., доцента, ведущего сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭМ СО РАН) содержит следующие замечания:

- В автореферате не упоминается применение квантовых алгоритмов для реализации алгоритма ассоциативного поиска, хотя в публикации №2 эта процедура представлена.
- В работе не описаны возможности расширения горизонта прогнозирования для предложенной процедуры управления, хотя это бывает очень важно для определенных практических задач.

5. Отзыв на автореферат д.т.н. Хохлова А.С., профессора кафедры «Автоматизация технологических процессов» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» содержит следующие замечания:

- Было бы уместно указать насколько усложняется технология внедрения и сопровождения подобных моделей на выбранном классе производств.
- В автореферате упоминается, но не описана процедура прогнозирования выхода объекта на несколько тактов вперед.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается профилем их научной деятельности и профессиональных интересов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **Проведен** анализ существующих алгоритмов управления с прогнозирующей моделью.
- **Разработаны** виртуальные анализаторы[®] качества продукции для различных технологических процессов (ТП) промышленного производства на основе метода ассоциативного поиска.
- **Разработан** альтернативный алгоритм МРС с использованием ассоциативных идентификационных моделей («ассоциативный МРС»);
- **Сформулирован** критерий выбора глубины горизонта прогнозирования для «ассоциативного МРС», при котором сохраняется управляемость системы управления;
- **Разработаны** прототипы компьютерных комплексов, реализующие предложенные методы; проведены вычислительные эксперименты, подтвердившие эффективность алгоритмов;
- Результаты проведенных исследований **использованы** при внедрении системы усовершенствованного управления ТП на обогатительной фабрике акционерного общества «Стойленский горно-обогатительный комбинат» (АО «Стойленский ГОК»). Эффект от внедрения подтвержден АО «Стойленский ГОК».

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **разработаны** ВА ТП непрерывных и полунепрерывных производств на основе алгоритмов ассоциативного поиска;
- **получены** методы автоматического управления с прогнозирующей моделью ТП с использованием ассоциативных ВА, а также с ассоциативной прогнозирующей моделью.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

результаты проведенных исследований использованы при внедрении системы усовершенствованного управления ТП на обогатительной фабрике акционерного общества «Стойленский горно-обогатительный комбинат» (АО «Стойленский ГОК»). Эффект от внедрения подтвержден АО «Стойленский ГОК».

Обоснованность и достоверность научных положений обеспечивается корректным применением фундаментальных положений теории идентификации систем управления и проведенным всесторонним анализом эффективности современных подходов к управлению с прогнозирующей моделью. Близость результатов расчетов с использованием тестовых данных с

результатами, полученными при внедрении на производстве, также свидетельствует о достоверности положений, выносимых на защиту.

Все исследования, представленные в диссертационной работе, проведены **лично соискателем** в процессе научной деятельности. Из совместных публикаций в диссертацию включен тот материал, который непосредственно принадлежит соискателю.

На заседании 6 февраля 2023г. Диссертационный совет постановил: за решение научных задач разработки виртуальных анализаторов и управления технологическими процессами на основе ассоциативных прогнозирующих моделей, имеющих значение для развития теории идентификации систем, присудить Черешко А.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.3.3, участвовавших в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета, проголосовали; за присуждение ученой степени – 22, против - 0, воздержались - 0.

Зам. Директора по научной работе,
д.т.н., профессор



[Handwritten signature]

Краснова С.А.

Председатель Диссертационного совета
24.1.107.01,
д.т.н.

[Handwritten signature]

Павлов Б.В.

И.о. Ученого секретаря
Диссертационного совета 24.1.107.01,
д.т.н.

[Handwritten signature]

Кочетков С.А.

6 февраля 2023 года