

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.417.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТУЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНОБРНАУКИ РОССИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК**

Аттестационное дело № _____
Решение диссертационного совета от 15.04.2025 г. протокол № 5

О присуждении **Янову Евгению Сергеевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Информационно-измерительная система оперативного косвенного контроля технологических систем» по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы принята к защите 26.12.2024 г. (протокол заседания № 18) диссертационным советом 24.2.417.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет» Минобрнауки России (300012, г. Тула, пр. Ленина д.92); приказ о создании диссертационного совета №384/нк от 29.07.2013 г.

Янов Евгений Сергеевич, 30 сентября 1989 года рождения.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Повышение стойкости сборных червячных фрез при зубофрезеровании крупногабаритных колес» защитил в 2017 году в диссертационном совете Д 212.271.01, созданном на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет», г. Тула.

С 2023 года докторант ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет».

Работает заместителем директора по научной работе в Передовой инженерной школе «Тульская инженерная школа «Интеллектуальные оборонные системы» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре «Машиностроение и материаловедение» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» Минобрнауки России.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор **Воротилин Михаил Сергеевич**, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», проректор по научной работе.

Официальные оппоненты:

Алчинов Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор, филиал Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, г. Пенза, кафедра реактивных двигателей и проектирования реактивных боеприпасов, профессор;

Богатиков Валерий Николаевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь, кафедра информационных систем, профессор;

Грибков Алексей Николаевич, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, кафедра энергообеспечения предприятий и теплотехники, заведующий кафедрой

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», г. Москва, г. Зеленоград – в своем положительном отзыве, подписанном Преверзевым А.Л., проректором по инновационному развитию, доктором технических наук, доцентом; Якуниным А.Н., профессором Института микроприборов и систем управления, доктором технических наук, доцентом и утвержденном Дроновым А.А., кандидатом технических наук, проректором по научной работе, указала, что диссертация Янова Евгения Сергеевича посвящена актуальной научной проблеме научного обоснования методов и средств обеспечения оперативного косвенного контроля, сбора и обработки информации о протекающих технологических процессах и прогнозирования состояния технологических систем, в том числе с помощью применения искусственных нейронных сетей (ИНС), в условиях возросших объемов выпуска продукции двойного и специального назначения с учетом сложности применения существующих на рынке известных ИИС, требующих подключения к СЧПУ технологического оборудования, являющегося объектами КИИ промышленных производств для контроля технологической дисциплины, имеющей важное хозяйственное значение и требующая системного научно-обоснованного решения. В работе четко обосновано, что недостатки существующих систем контроля подчеркивают необходимость разработки новой ИИС, что является значительным вкладом в данную область.

Диссертация является научно-квалификационной работой, и отвечает требованиям п.п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Янов Евгений Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Соискатель имеет 83 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 27 научных работ: 8 статей в периодических изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России по специальности, 2 статьи в изданиях, индексируемых в информационно-аналитических системах научного цитирования Web of Science и Scopus, 12 статей в других рецензируемых изданиях, 1 монография, 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ и 1 патент РФ на полезную модель.

В опубликованных работах изложено решение актуальной научной проблемы обоснования методов и средств обеспечения оперативного косвенного контроля, сбора и обработки информации о протекающих технологических про-

цессах и прогнозирования состояния технологических систем, в том числе с помощью применения искусственных нейронных сетей (ИНС), в условиях возросших объемов выпуска продукции двойного и специального назначения с учетом сложности применения существующих на рынке известных ИИС, требующих подключения к СЧПУ технологического оборудования, являющегося объектами КИИ промышленных производств для контроля технологической дисциплины.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые научные работы:

1. Датчик вибрации как основа системы мониторинга оборудования / Е.С. Янов [и др.] // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2024. – Т. 22. – № 3. – С. 23-30.

2. Янов, Е.С. Автоматизированный контроль технологической дисциплины современного машиностроительного производства / Е.С. Янов, А.В. Анцев // Вестник РГРТУ. – 2024. – № 88. – С. 86-95.

3. Янов, Е.С. Применение технологий машинного обучения и искусственного интеллекта для анализа технологических процессов / Е.С. Янов, А.В. Анцев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. – 2024. – № 3. – С. 33-40.

4. Янов, Е.С. О проблемах интеграции информационно-измерительных систем в условиях противодействия компьютерным атакам / Янов, Е.С. // Электроника НТБ. – 2024. – № . – С. 60-63.

5. Янов, Е.С. Построение цифрового двойника производственного процесса на основе информационно-измерительной системы косвенного контроля вибрации / Е.С. Янов // Электроника НТБ. – 2024. – № 7. – С. 168-174.

6. Янов Е.С. Математическая модель информационно-измерительной системы косвенного контроля состояния технологических систем / А.В. Анцев, Е.С. Янов // Электроника – НТБ. – 2024. – № 9. – С. 120-122.

7. Данные о потребляемой оборудовании мощности как дополнительный источник информации для информационно-измерительной системы / А.В. Анцев, Д.П. Барсуков, М.С. Воротилин, А.П. Цивенкова, Е.С. Янов // Электроника НТБ. – 2024. – № 9. – С.124-127.

8. Pas'ko N.I. Stochastic model of cutting-tool failure based on the level of vibration / N.I. Pas'ko, A.V. Antsev, E.S Yanov // Russian Engineering Research. – 2021. – Vol. 41. – № 3. P. 240-245.

На автореферат диссертации поступило 12 отзывов. Все отзывы положительные, в них отмечается актуальность, научная новизна, достоверность полученных результатов и практическая значимость работы. Отзывы поступили из следующих организаций:

1) Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, с замечаниями:

1. Нет пояснения, почему в системе отсутствует реализация протоколов типа MQTT, что ограничивает совместимость и масштабируемость

2. Нет пояснений (моделей) по интеграции предложенной системы более высокого уровня

3. Следующий абзац требует пояснений «Табличная часть отображает общее время работы оборудования, процент работы оборудования (машинное время), процент работы оборудования с учетом подготовительно-заключительного времени, общую потребленную электроэнергию, количество обработанных деталей и израсходованных инструментов в сутки ...» Из текста автореферата следует, что количество обработанных деталей подсчитывается с помощью искусственной нейронной сети (ИНС). Но результаты такого подсчета, принципиально, носят вероятностный характер. Как отчеты интерпретируются?

4. Нет никакой информации о мониторинге работы ИНС. Параметры работы оборудования (вибрация и т.п.) могут меняться со временем, и первоначальная разметка уже не будет отображать текущие процессы.

5. Описание самой ИНС в автореферате неполное. На стр. 28 сначала говорится об обучении с учителем (размеченные данные) и обучении с подкреплением. А в следующем абзаце вместо обучения с подкреплением появилось DeepEmbeddedClustering (DEC).

2) ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара, с замечаниями:

1. В работе автором уделено чрезмерно много внимания обзору различных источников.

2. В автореферате не приведены данные о долгосрочной эффективности системы, например, как она будет работать через несколько лет эксплуатации и какие меры предусмотрены для ее поддержки и обновления.

3. Недостаточно четко определены преимущества разработанной системы вибродиагностики по сравнению с существующими аналогами

3) ФГАОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», г. Томск, с замечаниями:

1. На рисунке 8 нет пояснения подписи «Модуль тока» и «Модуль вибрации». Ранее указанная терминология в тексте не встречается.

2. В пояснении к рисунку 10 ведется речь о сервере и панели оператора, однако их обозначение на рисунке отсутствует.

3. Методы обучения ИНС описаны в общих чертах. Отсутствуют подробности их реализации и тестирования.

4. В списке опубликованных работ отсутствует конкретизация работ, опубликованных в рекомендованных ВАК изданиях. Не все рецензируемые издания входят в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертацией.

5. В списке опубликованных работ в разделе «свидетельства о государственной регистрации программы для «ЭВМ» под номером 14 представлен патент на полезную модель RU216025U1.

4) Муромский институт ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, с замечаниями:

1. Не понятно, что имеется ввиду под термином «оперативный контроль»

2. На рисунке 8 автореферата нет пояснения что такое «Модуль тока» и «Модуль вибрации»

5) ФГАОУ ВО Омский государственный университет имени Ф. М. Достоевского, г. Омск, с замечаниями:

1. В таблицах 1 и 2 автореферата приведены результаты измерений, но не указано количество повторений, погрешности измерений, а также сведения о методах статистической обработки.

2. Не указано, как проводилась калибровка датчиков тока, какие погрешности были учтены.

6) ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова», г. Новочеркасск, с замечаниями:

1. Не ясно, каким образом оценивается адекватность математической модели ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств.

2. Раздел «Степень разработанности темы» мало информативен и не содержит анализа предметной области исследования.

3. Указанные условия, при которых ИИС может давать сбои (например, влияние электромагнитных помех на датчики или вибрации от соседнего оборудования), что важно для практического применения. Не показано, как определяется пороговый уровень виброускорения, соответствующей работе оборудования.

4. Из автореферата не ясно, каким образом формировался перечень режимов, отнесенных к нарушению технологической дисциплины.

7) ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань, с замечаниями:

1. Не рассмотрено влияние человеческого фактора на работу системы, например, возможные ошибки операторов ИИС и методы их минимизации.

2. Описаны три поколения датчиков, но не указаны их точность, диапазон измерений, энергопотребления или сравнение эффективности между поколениями.

3. Вместо актуальных протоколов (MQTT, OPC UA) применяются Modbus RTU и RS-232, что ограничивает совместимость.

8) Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова РАН, г. Москва, с замечаниями:

1. Не рассмотрено влияние внешних факторов (например, температуры и влажности) на работу ИИС и ее компонентов.

2. Не рассмотрены вопросы совместимости, разработанной ИИС с другими системами, используемыми на предприятиях, включая протоколы обмена.

9) АО «НПП» Пульсар», г. Москва, с замечаниями:

1. На рисунке 10 ведется речь о сервере и панели оператора, однако их обозначение на рисунке отсутствует.

2. Из автореферата не понятно, как именно используются ИИС для контроля технологической дисциплины.

10) АО «КБП», г. Тула, с замечаниями:

1. Автор увлекается аббревиатурами различных названий, список которых в автореферате не приведен, это затрудняет восприятие содержания работы.

2. Из автореферата не очевидно, как архитектура системы обеспечивает ее

гибкость и масштабируемость, а также возможные ограничения предложенных алгоритмов функционирования ИИС.

11) АО «НПО «СПЛАВ» им. А.Н.Ганичева», г. Тула, с замечаниями:

1. На рисунке 8 автореферата указано обозначение «Модуль тока» и «Модуль вибрации», но по тексту ранее говорилось о датчике тока и датчике вибрации.

2. К рисунку 9 автореферата не представлено описание с указанием принципиального различия между типовой и разработанной ИИС.

3. В пояснениях к рисунку 10 ведется речь о сервере и панели оператора, но на рисунке они не обозначены.

12) АО Центральное конструкторское бюро аппаратостроения, г. Тула, с замечаниями:

1. Недостаточно подробно рассмотрены вопросы электромагнитной совместимости датчиков.

2. Требуется дополнительная проработка методики калибровки/настройки системы для различных типов оборудования.

3. В автореферате целесообразно было детальнее представить сравнительный анализ с зарубежными аналогами.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их достижениями и компетентностью в данной отрасли науки, наличием публикаций по выполненным исследованиям, близкими к тематике соискателя, и, таким образом, способностью определить научную и практическую ценность диссертации, а также отсутствием совместных публикаций. Согласие на оппонирование от ведущей организации и оппонентов имеется.

Диссертационный совет отмечает наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем, их новизну, и что на основании выполненных соискателем исследований разработаны:

– способ выбора места установки средств косвенного контроля состояния технологических систем;

– результаты исследования вибрационного сигнала технологических систем;

– средства косвенного контроля состояния технологических систем;

– математическая модель ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств;

– архитектура и алгоритмы ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств;

– метод контроля технологической дисциплины с применением ИИС для ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств;

– метод предиктивной аналитики состояния технологических систем с применением ИИС для ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств;

– метод назначения рациональных режимов обработки на основе контроля состояния технологических систем по данным косвенного контроля вибрации;

– результаты апробации разработанной ИИС на основе косвенного контроля состояния технологической системы.

Научная новизна работы заключается в том, что:

- разработана математическая модель ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств с использованием метода пространства состояний, отличающаяся от известных тем, что позволяет не только осуществлять оперативный контроль, сбор и обработку информации о технологических процессах, но и оценивать динамику состояния и работы технологической системы (износ инструмента, износ оборудования, накапливающиеся изменения в работе оборудования);

- предложена архитектура и алгоритм ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем, отличающиеся от известных тем, что за счет использования методов косвенного контроля не требуется подключение к СЧПУ станка, что позволяет применять такую ИИС для контроля оборудования, не имеющего СЧПУ, а также не повышает категорию значимости объекта КИИ оборудования, имеющего СЧПУ;

- разработан метод контроля технологической дисциплины с применением ИИС для ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств;

- разработан метод предиктивной аналитики состояния технологических систем с применением ИИС для ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств, отличающийся от известных тем, что из уровня вибрации в процессе обработки выделяются: постоянная составляющая, характеризующая параметры технологического процесса, высокочастотная составляющая, характеризующая состояние быстро изнашиваемой оснастки (инструмента), и низкочастотная составляющая, характеризующая изменение состояния оборудования, что позволяет построить ИИС, которая на основе одного датчика вибрации, расположенного в определенной точке оборудования, позволяет контролировать состояние технологической системы, производственную дисциплину и износ инструмента;

- разработан метод назначения рациональных режимов обработки на основе контроля состояния технологических систем по данным косвенного контроля вибрации.

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в:

- в дальнейшем развитии методического подхода для усовершенствования известных и вновь разрабатываемых перспективных ИИС в области повышения эффективности эксплуатации технологических систем на основе оперативного косвенного контроля технологической дисциплины;

- в синтезе новой математической модели ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики определяется;

- их использованием в виде средств косвенного контроля и способа их установки при синтезе архитектуры ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств, что позволило осуществлять проектирование как системы в целом, так и ее отдельных блоков;

– применением предложенного метода обработки информации для ИИС оперативного косвенного контроля технологических систем машиностроительных производств, что позволяет повысить эффективность их эксплуатации.

Работа выполнена в рамках акселератора ГК «Ростех» для технологических лидеров (2020 г.); гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук МД-4372.2022.4 «Интеллектуальная система эффективной эксплуатации лезвийных режущих инструментов с учетом вариабельности процесса резания» (2022 – 2023 гг.); НИР шифр «Вибрация» (2020 – 2021 гг.), НИР шифр «Система» (2022 – 2023 гг.) АО «НПО «СПЛАВ» им. А.Н. Ганичева».

Достоверность результатов исследования обеспечивается результатами апробации разработанных методов при решении практических задач создания и внедрения ИИС на предприятии для контроля состояния технологических систем и цитируемостью публикаций. Теоретические положения не противоречат известным теоретическим положениям.

Личный вклад соискателя заключается в том, что все основные результаты диссертационной работы получены им лично. Автор диссертации принимал непосредственное участие в формулировании цели и задач исследования, в проведении теоретических и экспериментальных исследований. Соискатель провел анализ существующих на рынке систем мониторинга оборудования с последующим формированием проблематики исследования; разработал средства косвенного контроля состояния технологических систем, способ их установки; разработал математическую модель ИИС, архитектуру и алгоритм работы ИИС, методы обработки информации ИИС; сформировал предложения в части перспектив дальнейшего использования ИИС; разработал алгоритм обработки экспериментальных данных; принял непосредственное участие в экспериментах и внедрении результатов исследований.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания. Соискатель Янов Евгений Сергеевич ответил на задаваемые ему вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 15 апреля 2025 года диссертационный совет принял решение:

за решение актуальной научной проблемы обоснования методов и средств обеспечения оперативного косвенного контроля, сбора и обработки информации о протекающих технологических процессах и прогнозирования состояния технологических систем, в том числе с помощью применения искусственных нейронных сетей, в условиях возросших объемов выпуска продукции двойного и специального назначения с учетом сложности применения существующих на рынке известных ИИС, требующих подключения к системе числового программного управления технологического оборудования, являющихся объектами критической информационной инфраструктуры промышленных производств для контроля технологической дисциплины, имеющей важное значение для развития машиностроительных производств, присудить ЯНОВУ Евгению Сергеевичу ученую степень доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

**Минаков
Евгений Иванович**

**Маслова
Анна Александровна**

