

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
24.2.334.01, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФГБОУ ВО «МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА
НАУК**

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от «7» октября 2022 года № 05 о присуждении Яблокову Александру Евгеньевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Научно-практические основы создания автоматизированных систем технического мониторинга и диагностики оборудования зерноперерабатывающих предприятий на базе нейросетевых методов анализа данных», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами принята к защите 24.06.2022 (Протокол заседания № 03) диссертационным советом Д 24.2.334.01, созданным на базе ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» (МГУПП), 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11, утвержденного приказом от 11.04.2012 г. № 105/нк.

Соискатель Яблоков Александр Евгеньевич 04.07.1974 года рождения. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Вибродиагностика основного технологического оборудования размольного отделения мельницы» защитил в 2001 г. в диссертационном совете, созданном при Московском государственном университете пищевых производств Министерства образования и науки. С 1998 года по 2001 работал в должности ассистента кафедры «Теоретическая механика» ФГБОУ ВО «МГУПП», с 2000 по 2003 г на кафедре «Технологическое оборудование предприятий хлебопродуктов». С 2003 г по н.в. работает в должности доцента кафедры «Прикладная механика и инжиниринг технических систем» ФГБОУ ВО «МГУПП». В 2005 г. Яблоков А.Е. присвоено ученое звание доцента, аттестат ДЦ № 033587.

С 2012 по 2015 г.г. прошел обучение в очной докторантуре ФГБОУ ВО «МГУПП».

Диссертация выполнена на кафедре «Прикладная механика и инжиниринг технических систем» ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук, доцент Благовещенский Иван Германович, профессор кафедры «Информатика и вычислительная техника пищевых производств» ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств».

Официальные оппоненты:

Красников Степан Альбертович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры математического обеспечения и стандартизации информационных технологий Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «РТУ МИРЭА — Российский технологический университет»;

Красуля Ольга Николаевна – доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева», профессор кафедры «Технология хранения и переработки продуктов животноводства»;

Шкапов Павел Михайлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Теоретическая механика», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный Технический университет имени Н.Э. Баумана»

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный Центр пищевых систем имени В.М. Горбатова» Российской Академии Наук, город Москва, в своем положительном отзыве, составленном Никитиной Мариной Александровной, доктором технических наук, доцентом, ведущим научным сотрудником, руководителем направления «Информационные технологии» Центра «Экономико-аналитических исследований и информационных технологий» и утвержденном Директором ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, доктором технических наук Кузнецовой Оксаной Александровной указала, что научными результатами работы являются развитие теории и практики создания диагностических математических моделей оборудования на базе законов классической механики, разработка методологии создания автоматизированных систем технической диагностики оборудования зерноперерабатывающих предприятий на основе автоматизации процедур сбора, обработки, передачи, хранения и анализа диагностических признаков технических состояний машин с использованием нейросетевых технологий классификации и прогнозирования. Работа Яблокова А.Е. является законченным научным исследованием, в котором решена важная научно - техническая задача, имеющая как теоретическое значение, так и практическую ценность,

соответствует научно-техническим задачам специальности 2.3.3 — Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы. По уровню научной новизны, теоретической и практической значимости, реализации научных результатов, выводов и предложений, диссертационная работа «Научно-практические основы создания автоматизированных систем технического мониторинга и диагностики оборудования зерноперерабатывающих предприятий на базе нейросетевых методов анализа данных», отвечает критериям, изложенным в п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (редакция 11.09.2021), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Яблоков Александр Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.3 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Соискателем по теме диссертации опубликовано 109 печатных работ, в том числе 26 статей в изданиях, рекомендуемом ВАК РФ, 1 учебник для ВУЗов, 2 учебных пособия, 3 монографии, 4 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ, 1 патент на изобретение РФ и 5 патентов РФ на полезные модели.

Научные статьи отражают основные результаты диссертационного исследования. Общий объем публикаций составляет 65 п.л., из которых, авторский вклад 48 п.л. (74%).

Наиболее значительные работы:

1. Яблоков А.Е. Диагностическое моделирование в задачах вибродиагностики оборудования предприятий пищевых производств / Яблоков А.Е., Глебов Л.А., Потеря А.А. // Контроль. Диагностика. 2003. № 7. – С. 37-39.
2. Яблоков А.Е. Техническая диагностика оборудования: перспективные методы и средства / Яблоков А. // Комбикорма. 2013. № 5. – С. 57-59
3. Яблоков А.Е. Математическое моделирование дефектов экспериментальной молотковой дробилки / Яблоков А.Е., Терехин С.Ю., Крицкий М.С. // Глобальный научный потенциал. 2013. № 12 (33). – С. 89-91.
4. Яблоков А.Е. Вибродиагностика оборудования комбикормового завода / Терехин С.Ю., Яблоков А.Е. // Естественные и технические науки. 2014. № 1 (69). – С. 136-138.
5. Костин А.М. Распределенные автоматизированные системы интеллектуального мониторинга оборудования пищевых предприятий / Костин А.М., Яблоков А.Е., Благовещенский И.Г., Носенко С.М. // Пищевая промышленность. 2015. № 6. – С. 26-30.
6. Яблоков А.Е. Нейросетевые технологии в задаче мониторинга машин ком-

- бикормового производства / Яблоков А.Е. // Хранение и переработка сельхозсырья. 2015. № 6. – С. 41-44.
7. Яблоков А. Влияние размера отверстий сит дробилки на показатели измельчения / Яблоков А. // Комбикорма. 2016. № 11. – С. 63-65.
 8. Яблоков А. Технический мониторинг, диагностика и защита оборудования / Яблоков А., Федоренко Б., Латышев М. // Комбикорма. 2018. № 6. – С. 32-34.
 9. Алфёров Б.В. Применение нейросетевого метода для идентификации технического состояния оборудования / Алфёров Б.В., Яблоков А.Е., Гускова Т.В. // Перспективы науки. 2019. № 7(118). – С. 12-14.
 10. Яблоков А.Е. Распределенная система мониторинга и технической диагностики оборудования // Яблоков А.Е., Благовещенский И.Г., Ольшанова Е.А. // Комбикорма. 2021. №1 – С. 33-35 DOI: 10.25741/2413-287X-2021-01-2-132
 11. Яблоков А.Е. Применение СНС в вибродиагностике по спектрограммам и вейвлет-скалограммам сигнала / Яблоков А.Е., Жила Т.М. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. №12. – С.452-456. DOI: 10.24412/2071-6168-2021-12-452-457
 12. Глебов, Л.А. Технологическое оборудование и поточные линии предприятий по переработке зерна: учебник / Л.А. Глебов, А.Б. Демский, В.Ф. Веденьев, А.Е. Яблоков. – М.: ДеЛи принт, 2010. – 696 с.
 13. Яблоков А.Е. Научные основы проектирования и конструирования машин и аппаратов зерноперерабатывающих предприятий: Монография. – М.: МГУПП, 2021. – 164 с.
 14. Яблоков А.Е. Научно-практические основы создания автоматизированных систем технического мониторинга и диагностики оборудования зерноперерабатывающих предприятий на базе нейросетевых методов анализа данных: Монография / Яблоков А.Е., Благовещенский И.Г. – М., МГУПП, 2022. –221 с.
 15. Яблоков А.Е. Научные основы создания интеллектуальных систем мониторинга и диагностики оборудования зерноперерабатывающих предприятий: Монография. – М., МГУПП, 2022. –176 с.
 16. Патент на полезную модель RU 195763 U1 МПК G05B 23/00. Устройство мониторинга и технической диагностики дробилки ударного действия / Яблоков А.Е., Латышев М.А., Федоренко Б.Н., Быков А.В., Костин А.М. Оpubл. 05.02.2020. Заявка № 2019110050 от 04.04.2019.

На диссертацию и автореферат поступило 13 отзывов.

Все отзывы положительные.

В них отмечены следующие недостатки работы:

1. Доктор технических наук, доцент Бакиров Сергей Мударисович, заведующий кафедрой «Природообустройство, строительство и теплоэнергетика» ФГБОУ ВО Вавиловский университет отмечает, что из автореферата не

ясно – достигнута ли цель работы «... *повышение безопасности производства, надежности и эффективности технологического оборудования...*» например, за счет чего повысилась надежность работы оборудования? Правильно с математической точки зрения складывать массу и коэффициент жесткости в выражении (7) на странице 16 автореферата? Автору следовало обосновать частотный диапазон измерения вибрации, звука и тока. Из автореферата не понятно, по каким критериям определялись точки съема диагностической информации. В исследованиях на экспериментальной установке использовался пьезоэлектрический акселерометр KD39 (стр. 23), а в разработанной системе СТМ-12 используется MEMS - акселерометр (стр. 34). Количество знаков без пробелов автореферата превышает 80 000.

2. Доктор технических наук, профессор Бредихин Сергей Алексеевич, заведующий кафедрой «Процессы и аппараты перерабатывающих производств» ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева отмечает, что результаты экспериментальных данных автор аппроксимирует полиномиальными моделями регрессии 2-го порядка (ф. 3, 4, 5 и 6). Чем обусловлен выбор этой модели регрессии? Из автореферата не понятно, как определены инерционные и жесткостные коэффициенты диагностических моделей рассматриваемых машин при компьютерном моделировании их работы. Следовало более подробно изучить влияние технологической нагрузки на значения диагностических признаков рассматриваемых дефектов.

3. Доктор физико-математических наук Галимбеков Айрат Дамирович, профессор кафедры физики имени В.А. Фабриканта Национального исследовательского университета «МЭИ» отмечает, что автору следовало пояснить, как определяется жесткость подшипниковых опор (c_{Ay} c_{By}) при диагностическом моделировании работы вентилятора (стр. 17); на графиках спектров виброскорости (рис. 7) желательно было дать пояснения, какие составляющие спектра вибрации детерминированы с рассматриваемыми дефектами; из текста автореферата неясно, какой критерий использовался при определении эффективности классификации технических состояний при использовании ИНС различных архитектур.

4. Канд. техн. наук (по специальностям 05.13.06 и 05.13-04), доцент Кайченков Александр Вячеславович, заведующий автоматике и техники государственного кафедрой вычислительной Мурманского технического университета отмечает, что структурная схема разработанного метода диагностики на базе комплексной оценки результатов классификации (рис. 23) имеет мелкие надписи и плохо читается; в тексте автореферата практически отсутствует описание данной схемы; при разработке аппаратных средств диагностики ав-

тором использованы импортные микропроцессоры и электронные компоненты. Следовало рассмотреть возможность применения микроэлектронных компонентов отечественного производства. Из автореферата неясно, почему для классификации состояний по значениям амплитуд спектров диагностических сигналов выбрана ИНС с 10 нейронами и алгоритмом обучения - масштабированный метод сопряженных градиентов (стр. 25).

5. Доктор технических наук, доцент, Костенко Михаил Юрьевич, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин ФГБОУ ВО РГАТУ отмечает, что не раскрыт вопрос номенклатуры, количества, способа и мест установки датчиков на контролируемые машины; основная часть теоретических исследований посвящена изучению влияния различных дефектов машин на параметры ее вибрации.

6. Доктор технических, доцент Мошкин Владимир Иванович, заведующий кафедрой «Цифровая энергетика» ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет» отмечает, что из автореферата не понятно, почему спектрограммы вибраций представлены в виде 3D-графиков, а вейвлет-скалограммы в виде 2D (рис. 18, 19); на стр. 25 ссылка ошибочно дана не на табл. 4, а на табл. 6.

7. Доктор технических наук Петров Геннадий Петрович, профессор кафедры электрооборудования корабля, генеральный директор компании ЭКАН отмечает, что в таблицах 5, 6, 7 автореферата приводятся результаты классификации состояний механизмов по различным диагностическим параметрам с использованием ИНС и СНС. На основании анализа результатов, автору следовало сделать вывод, какие признаки следует использовать в разрабатываемой автоматизированной системе диагностики. Из автореферата не ясно, чем обусловлен размер входных векторов диагностических признаков для ИНС (512 значений амплитуд спектров виброускорения и виброскорости) (стр. 24, 25). Почему используется разрешение изображений в 781x781 пикс спектрограмм и вейвлет-скалограмм при решении задачи классификации с помощью СНС (стр. 23).

8. Кандидат техн. наук, доцент Смирнов Николай Николаевич, генеральный директор «СЕРВИСАГРОПРОМ-АВТОМАТИКА» отмечает, что спорным является решение по реализации канала передачи данных от измерительного прибора в удаленную БД через FTP-сервер (стр. 34); из автореферата не понятна структура БД распределенной системы мониторинга и в каком формате там должна храниться первичная диагностическая информация.

9. Доктор технических наук, профессор Хохлов Алексей Леонидович, заведующий кафедрой «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования», ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ отмечает, что в работе не освещены

щен вопрос использования рекуррентных ИНС при решении задачи прогнозирования технического состояния оборудования по временным рядам значений контролируемого параметра; метод прогнозирования технического состояния машины основан на анализе временного ряда изменения значения диагностического параметра (стр. 31, рис. 22). Из автореферата не понятно, как на практике будут определяться и контролироваться диагностические признаки рассматриваемых дефектов.

10. Доктор технических наук, профессор Фейденгольд Владимир Борисович, зав. кафедрой зерна и продуктов его переработки НОК ДПО «Международная промышленная академия» отмечает, что в автореферате представлены материалы, позволяющие высоко оценить результаты исследований, направленные на разработку диагностики технического состояния отдельного технологического оборудования и не понятно каким образом эта информация увязывается с оценкой работы всей технологической линии производства. На стр. 12 приводятся материалы, которые позволяют сравнить эффективность работы вальцового станка, молотковой дробилки при изношенных и не изношенных вальцах, молотках, ситах, но не дается оценка степени этой изношенности не понятно, где предел изношенности, при котором еще возможно продолжать работать. Из автореферата не понятно, как полученные в результате обработки экспериментальных данных уравнения регрессии (3, 4, 5 и 6) будут использоваться при решении задач диагностирования оборудования; в технологической схеме производства муки вальцовые станки используются на разных этапах размола зерна и промежуточных продуктов, имеющих различные физико-механические свойства. Из автореферата неясно, как и в какой мере учитывались свойства продуктов при диагностическом моделировании работы вальцовой станка.

11. Доктор технических наук Шерязов Сакен Койшыбаевич, профессор кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов» Института Агроинженерии ФГБОУ ВО «Южно-Уральский ГАУ» отмечает, что требует пояснения, как предлагаемая система технического мониторинга будет интегрирована в систему АСУ предприятия; при разработке концепции распределенной системы мониторинга не обоснован отказ от промышленных решений в области АСУ в пользу собственной разработки.

12. Доктор технических наук, доцент, А. И. Ключников, профессор кафедры «Машины и аппараты пищевых производств» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» отмечает, что в математической модели вальцового станка рассмотрена зубчатая межвальцовая передача (стр. 20 – 21), автору следовало также рассмотреть передачу с зубчатым ремнем, как наиболее распространенную в современных вальцовых

станках. Автору следовало бы дать практические рекомендации по использованию математических моделей при промышленной реализации системы диагностики.

13. Доктор технических наук Д.А. Никитин, гл. конструктор ООО «Новые транспортные технологии» отмечает, что из автореферата неясно, какие технические требования предъявляются к компьютерному и коммуникационному оборудованию для развертывания системы мониторинга на предприятии; в автореферате имеются опечатки.

Выбор официальных оппонентов – доктора технических наук **Красникова Степана Альбертовича**, доктора технических наук **Красули Ольги Николаевны** и доктора технических наук **Шкапова Павла Михайловича** обосновывается их высокой компетентностью в предметной области, которая подтверждена значительным количеством квалификационных научных публикаций, в том числе в рецензируемых научных изданиях, и патентов в области автоматизации и управления технологическими процессами и производствами в пищевой промышленности, что позволяет им оценить научную и практическую значимость диссертации.

Выбор ведущей организации – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пищевых систем имени В.М. Горбатова» РАН обусловлен тем, что коллектив организации широко известен своими достижениями при проведении фундаментальных и прикладных исследований в области информационных технологий, управления процессами пищевых производств, интеграции цифровых технологий в процесс принятия решений при разработке систем автоматизированного управления технологическими линиями.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработана научная концепция создания автоматизированных систем мониторинга и технической диагностики оборудования зерноперерабатывающих предприятий на базе методов математического моделирования, автоматизации процедур сбора, передачи, цифровой обработки, хранения и анализа диагностических параметров с использованием цифровых технологий и интеллектуальных методов анализа данных при решении задач диагностики и прогнозирования технического состояния оборудования отрасли.

Предложено при решении задач вибродиагностики использовать методы математического моделирования для определения зависимостей между техническим состоянием объекта контроля и параметрами его вибрации.

Выявлены структурные особенности конструкций технологических машин зерноперерабатывающих предприятий, согласно которым, на базе законов классической механики и методов анализа динамики механических систем, разработано четыре типа диагностических моделей оборудования.

Предложены методы проектирования диагностических признаков с использованием различных методов цифровой обработки сигналов (интегрирования, БПФ, вейвлет-преобразований и пр.); методы классификации и прогнозирования технических состояний машин с использованием технологий искусственных нейронных сетей прямого распространения; метод классификации технических состояний объекта контроля по изображениям спектрограмм и скалограмм диагностического сигнала с использованием сверточных нейронных сетей; метод прогнозирования технического состояния оборудования по тренду значений диагностического признака с использованием нейросетевых методов регрессионного анализа временных рядов.

Определены зависимости между техническим состоянием технологических машин, диагностическими признаками неисправностей и качественными показателями технологических процессов измельчения и шелушения зернового сырья.

В результате математического моделирования функционирования технологических машин (энтелейтора, молотковой дробилки, вентилятора, шелушителя, обоечной машины, вальцового станка) **определены зависимости** между конструктивными и технологическими отклонениями в работе оборудования и их диагностическими признаками – параметрами колебаний;

Доказана эффективность применения цифровых технологий и методов машинного обучения в задачах технического диагностирования оборудования отрасли.

Разработаны новые методы классификации технических состояний зерноперерабатывающего оборудования по параметрам вибрации, потребляемого тока и излучаемого звука на базе технологий нейросетевого анализа диагностических признаков с использованием мелких и глубоких ИНС.

Созданы методологические основы и разработан новый класс автоматизированных распределенных систем сбора, обработки (на базе методов ЦОС), интеллектуального анализа (на базе методов ИНС) и удаленного доступа к информации для решения прикладных задач технического мониторинга, диагностики и прогнозирования состояния промышленного оборудования.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Обоснована возможность применения методов диагностического моделирования при решении задачи определения диагностических параметров и

значений диагностических признаков рассматриваемых неисправностей оборудования.

Доказана эффективность применения методов математического и компьютерного моделирования в задачах технической диагностики.

Доказано наличие детерминированных зависимостей между техническим состоянием машины и параметрами ее колебаний.

Применительно к проблематике диссертации эффективно **использованы** теоретические методы исследований, основанные на принципах системного анализа, математического и компьютерного моделирования, методах машинного обучения и математической статистики. Эмпирические методы реализованы путем проведения натуральных экспериментов на специально созданных экспериментальных установках и на промышленном оборудовании.

Изложена методология создания распределенных систем технического мониторинга и диагностики оборудования на базе информационных технологий и современных методов цифровой обработки и анализа диагностической информации.

Раскрыты теория и практика создания на базе законов классической механики диагностических математических моделей оборудования, которые позволяют устанавливать зависимости между отклонениями в работе машин и их диагностическими признаками.

Изучено влияние различных неисправностей технологических машин на количественные и качественные показатели технологических процессов.

Сформулирована методология разработки автоматизированных систем диагностики технического состояния оборудования зерноперерабатывающих предприятий на основе автоматизации процедур сбора, передачи, хранения и анализа диагностических показателей работы машин с использованием нейросетевых технологий классификации и прогнозирования.

Разработан методологический подход к решению задачи прогнозирования технического состояния объекта контроля на базе нейросетевых методов регрессионного анализа.

Решена задача автоматизации процедуры классификации технических состояний в системах диагностики путем разработки и внедрения интеллектуальных методов анализа диагностической информации.

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

Разработаны и зарегистрированы в Роспатенте новые технические решения: «Устройство подачи продукта в вальцовый станок», «Привод вальцового станка», «Мукомольный валец», «Размольный узел мукомольного вальцового станка», «Дробилка ударного действия», «Устройство мониторинга и технической диагностики дробилки ударного действия»,

Разработаны и зарегистрированы в Роспатенте новые программы для ЭВМ: «Программа для мониторинга и технической диагностики технологических машин», «Программа для цифрового комбинированного датчика вибрации и температуры системы технического мониторинга оборудования», «Программа для цифровой обработки и анализа сигналов в задаче технического диагностирования», «Программа для акустической диагностики оборудования по вейвлет-скалограмме излучаемого звука с использованием сверточной нейронной сети».

Разработана и создана автоматизированная система научных исследований методов технической диагностики технологических машин по параметрам вибрации, потребляемого тока и излучаемого звука.

Разработаны, созданы, прошли апробацию и внедрены на промышленных предприятиях опытные образцы микропроцессорного комбинированного датчика ДВТ-8g и микропроцессорного прибора сбора, первичной обработки и анализа диагностической информации СТМ-12Т.

Разработана распределённая система мониторинга и технической диагностики оборудования, которая обеспечивает удалённый сбор диагностической информации, ее хранение в БД, анализ и визуализацию посредством НМИ-интерфейса с использованием облачных технологий и технологий удалённого доступа посредством сети Internet.

Разработаны архитектуры, созданы и обучены на распознавание различных механических дефектов оборудования ИНС прямого распространения и свёрточного типов.

Представлены предложения по дальнейшему развитию распределённых систем технического мониторинга и диагностики оборудования на базе методов интеллектуального анализа данных.

Результаты исследований **используются** на промышленных предприятиях для мониторинга и диагностики технического состояния технологических машин, а также в учебном процессе ФГБОУ ВО «МГУПП» при подготовке бакалавров и магистров, обучающихся по направлениям 15.03.02 и 15.04.02 «Технологические машины и оборудование», 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» при проведении практических занятий и лабораторных работ, а также при выполнении выпускных работ, курсовых проектов и магистерских диссертаций.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Результаты экспериментальных исследований получены на специально созданных на базе промышленного оборудования экспериментальных установках с использованием промышленных, сертифицированных датчиков

и средств измерений, а также специализированных программ сбора и обработки результатов измерений. Статистический анализ полученных данных показал хорошую воспроизводимость результатов исследований.

Теория построена на законах классической механики, методах технической диагностики, математического моделирования, статистического анализа данных, технологиях искусственных нейронных сетей и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации.

Идея базируется на обобщении передового опыта и анализе практики применения методов технического диагностирования, интеграции методов машинного обучения для автоматизации процедур классификации и прогнозирования технических состояний контролируемых систем, применении современных информационных технологий при создании распределенных систем технического мониторинга и диагностики оборудования.

Использованы современные методы анализ авторских данных и данных, полученных ранее по близкой тематике, при обосновании цели и задач исследования.

Установлено количественное и качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

Использованы современные методы и технические средства сбора и обработки экспериментальных данных, представительная выборочная совокупность экспериментальных данных и соответствующие методы их математической обработки, цифровые технологии и математический аппарат, специализированные САПР и программные продукты SolidWorks, Statistica10, MatCad, Proteus, а также языки программирования MicroC, C++, Matlab.

Личный вклад автора состоит в научном обосновании, постановке цели и задач исследования, разработке проблемы в целом, самостоятельном проведении всех этапов исследования, разработки теоретических положений и проведении экспериментальных исследований, анализе их результатов, формулировании практических рекомендаций по разработке и внедрению автоматизированных систем технического мониторинга и диагностики оборудования на базе нейросетевых методов анализа данных, личном участии в апробации результатов исследования, подготовке публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- слабое обоснование введенных автором упрощающих допущений при разработке диагностических математических моделей технологических машин;

- автору следовало провести дополнительные исследования по изучению влияния технологической нагрузки на значения диагностических признаков, и как следствие, на результаты классификации с использованием технологии ИНС;
- концепцию распределенной системы мониторинга оборудования следовало дополнить экспертной системой принятия решений;
- излишне велик объем первой главы, в работе информация из п.1.4, не используется;
- необходимо было более четко прописать методологию применения разработанных диагностических моделей технологических машин при разработке систем мониторинга и диагностики;
- следовало провести сравнительный анализ результатов диагностического моделирования и натурных экспериментов;
- при исследовании эффективности применения различных диагностических признаков в задаче нейросетевой классификации состояний не обоснован объем экспериментальных данных – по 150 измерений сигналов для каждого класса технического состояния;
- следовало бы поставить и решить задачу оптимизации объема диагностической информации, загружаемой в базу данных системы мониторинга и диагностики.

Соискатель Яблоков А.Е. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию по всем возникшим темам.

На заседании 07.10.2022 диссертационный совет 24.2.334.01 принял решение

- за разработку научной концепция создания нового класса автоматизированных распределенных систем сбора, обработки (на базе методов ЦОС), интеллектуального анализа (на базе методов ИНС), управления и удаленного доступа к диагностической информации (на базе информационных технологий) для решения задач технического мониторинга, диагностики и прогнозирования состояния оборудования зерноперерабатывающих предприятий;
- за разработку теоретических основ, методов и алгоритмов интеллектуализации решения прикладных задач технического мониторинга и диагностики оборудования при построении АСУ;
- за разработку теоретических положений метода математического моделирования технологических машин зерноперерабатывающих предприятий и его применение в диагностических целях;
- за разработку новых методов классификации и прогнозирования технических состояний технологических машин по параметрам вибрации, потребляемого тока и излучаемого звука на базе цифровых и нейросетевых технологий;

– за разработку автоматизированной системы научных исследований методов технической диагностики технологических машин по параметрам вибрации, потребляемого тока и излучаемого звука;

– за разработку новых научно обоснованных технических решений в области создания программно-аппаратных средств системы технического мониторинга и диагностики оборудования предприятий отрасли,

совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, решение актуальной научной проблемы повышения эффективности методов и средств технического диагностирования путем автоматизации процедур классификации технических состояний на базе нейросетевых методов анализа данных, имеющей важное хозяйственное значение для повышения безопасности производств, эксплуатационной надежности и технологической эффективности технологических машин, снижения затрат на их эксплуатацию, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, присудить Яблокову Александру Евгеньевичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 16 докторов наук по специальности 2.3.3 рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – 2, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

Диссертационного Совета

24.2.334.01

Ученый секретарь

Диссертационного Совета

24.2.334.01



Благовещенская

Маргарита Михайловна

Мокрушин

Сергей Александрович

11.10.2022