

«МГУПП»

В период подготовки диссертации соискатель Яблоков Александр Евгеньевич работал в ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств». С 1997 г. на должности ассистента, а с 2005 г по настоящее время на должности доцента кафедры «ПМиИТС».

В настоящее время им выпалена диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук на тему «Научно-практические основы создания автоматизированных систем технического мониторинга и диагностики оборудования зерноперерабатывающих предприятий на базе нейросетевых методов анализа данных» по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Научный консультант

Благовещенский Иван Германович, доктор технических наук по специальности 05.13.06 — Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, доцент, профессор кафедры Информатика и вычислительная техника пищевых производств, директор Центра международного уровня «Передовые цифровые технологии в АПК» ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» (МГУПП).

По результатам доклада и итогам его обсуждения на расширенном заседании кафедры «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами» с привлечением профильных специалистов по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в пищевой промышленности) диссертация Яблокова А.Е. была рекомендована к защите в диссертационном совете Д 212.148.02 при ФГБОУ ВО «МГУПП».

По итогам обсуждения на расширенном заседании кафедры «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами» принято следующее **заключение:**

Актуальность темы исследования

Зерноперерабатывающая отрасль России является системообразующей в задаче обеспечения населения страны продуктами питания. Решение задачи повышения эксплуатационной надежности, безопасности производства, снижения затрат на эксплуатацию технологических машин предприятий отрасли лежит в области разработки и внедрения автоматизированных систем мониторинга и технического диагностирования оборудования. Нерешённой проблемой в области автоматизации процедуры диагностирования является задача распознавания

технического состояния объекта контроля по диагностическим сигналам. Решение этой задачи на новом технологическом уровне возможно только на базе достижений науки в области ЦОС и методов машинного обучения. Однако разработка интеллектуальных компонентов систем диагностики связана с рядом трудностей: необходимо совершенствовать методы обработки и анализа диагностической информации, проектирования диагностических признаков, не решены вопросы формирования обучающих выборок, проектирования эффективных архитектур ИНС, процедур обучения и тестирования нейросетей.

Исходя из вышеизложенного, тема диссертационного исследования — «Научно-практические основы создания автоматизированных систем технического мониторинга и диагностики оборудования зерноперерабатывающих предприятий на базе нейросетевых методов анализа данных» — является актуальной, отвечает вызову четвёртой промышленной революции, нацелена на повышение надёжности и эффективность технологического оборудования, имеет важное практическое значение.

Личное участие соискателя ученой степени в получении результатов, изложенных в диссертации

Диссертационная работа является обобщением научных исследований, проведенных автором в 2002-2022 гг. Соискателем выполнен большой объём теоретических и экспериментальных исследований по исследованию влияния неисправностей машин на эффективность технологических процессов. Личный вклад автора заключается в формулировке цели и задач исследования, в разработке математических моделей зерноперерабатывающих машин и выполнении численных экспериментов. В результате научных исследований автором разработаны новые методы классификации технического состояния зерноперерабатывающего оборудования по параметрам вибрации, потребляемого тока и излучаемого звука на базе методов нейросетевого анализа диагностических признаков. Им созданы и успешно апробированы программные и аппаратные средства автоматизированной распределенной системы технического диагностирования оборудования отрасли на основе интеллектуальных методов анализа данных.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

В работе использованы теоретические и эмпирические методы исследования. Теоретические методы основаны на принципах системного анализа и математического моделирования, методах машинного обучения и искусственных нейронных сетей, методах математической статистики. Диагностические модели оборудования построены на законах классической механики. Компьютер-

ное 3D-моделирование оборудования проводилось в системе SolidWorks, математическое моделирование, обработка и анализ сигналов, проводилось с использованием пакета Matlab 2020.

Эмпирические методы реализованы путём проведения натуральных экспериментов на специально созданных экспериментальных установках. На базе 24-битный АЦП с прикладным программным обеспечением «LGraph2» создан диагностический стенд для измерения и анализа физических величин, сопровождающих работу объекта контроля. Математическая обработка и анализ измеренных диагностических сигналов проводилось с применением системы Matlab.

При разработке электронных схем и программного обеспечения микропроцессорного измерительного прибора диагностики СТМ-12 использовались программы Proteus, MikroC, Microchip.

Научная новизна заключается в разработке научно-практических основ в области создания автоматизированных систем технического мониторинга, зерноперерабатывающего оборудования на базе методов ИНС. Наиболее значимые результаты исследований:

- определены зависимости между техническим состоянием технологических машин, диагностическими признаками неисправностей и качественными показателями технологических процессов измельчения и шелушения зернового сырья;
- выявлены структурные особенности технологических машин зерноперерабатывающих предприятий, согласно которым разработано четыре типа диагностических моделей оборудования;
- методом математического моделирования функционирования технологических машин установлены зависимости между кинематическими, динамическими и технологическими отклонениями в работе оборудования и их диагностическими признаками – параметрами колебаний;
- разработаны новые методы классификации технического состояния зерноперерабатывающего оборудования по параметрам вибрации, потребляемого тока и излучаемого звука на базе методов нейросетевого анализа диагностических признаков с использованием мелких и глубоких ИНС;
- разработаны новые методы прогнозирования технического состояния оборудования по трендовым характеристикам диагностических признаков с использованием нейросетевых методов анализа временных рядов;

- созданы методологические основы и разработан новый класс автоматизированных систем сбора, обработки и интеллектуального анализа информации для решения задач технического мониторинга, диагностики и прогнозирования состояния оборудования.

Объектами исследования являются технологические процессы и оборудование зерноперерабатывающих предприятий, автоматизированная система мониторинга и интеллектуальной диагностики технического состояния и эффективности оборудования.

Предметом исследований являются методы, процедуры, алгоритмы, техническое и программное обеспечение автоматизированной системы интеллектуальной диагностики технологических процессов и оборудования зерноперерабатывающих предприятий.

Целью исследований является повышение безопасности производства, надежности и эффективности технологического оборудования зерноперерабатывающих предприятий путем научного обоснования и разработки автоматизированной системы мониторинга и диагностики оборудования на базе нейросетевых методов анализа данных.

Значение для теории. Научным результатом является развитие теории и практики создания диагностических математических моделей оборудования на базе законов классической механики, позволяющих устанавливать зависимости между отклонениями в работе машин и их диагностическими признаками — параметрами колебаний. Предложена 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 технического состояния оборудования.

Предложен методологический подход к решению задачи прогнозирования изменения технического состояния объекта контроля на базе методов нейросетевого прогнозирования временных рядов значений диагностического признака.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования.

Наиболее значимые практические результаты работы:

- результаты теоретических и экспериментальных исследований получили практическую реализацию при разработке стационарной системы мониторинга технического состояния молотковой дробилки (Патент RU 195763);

- по результатам исследований технологической эффективности работы вальцового станка разработаны и защищены патентами РФ: устройство подачи продукта в вальцовый станок (Патент RU 2135287); привод вальцового станка с пониженным уровнем вибрации (Патент RU 2176549); мукомольный валец повышенной жёсткости (Патент RU 2366506); размольный узел вальцового станка с устройством стабилизации зазора (Патент RU 148345);
- разработана автоматизированная система научных исследований методов технической диагностики технологических машин по параметрам вибрации, потребляемого тока и излучаемого звука на базе АЦП E-440 и комплекса специально разработанных на языке Matlab программ для автоматизации процедур сбора, цифровой обработки и анализа диагностических сигналов, формирования обучающих и тестовых выборок для обучения ИНС и решения задач классификации (ПрЭВМ № 2020660665 и № 2020614100), в т.ч. для акустической диагностики оборудования по вейвлет-скалограмме излучаемого звука с использованием свёрточной нейронной сети (ПрЭВМ № 2021661786);
- разработана конструкторская документация и созданы опытные образцы прибора сбора и первичной обработки диагностической информации СТМ-12Т, комбинированного датчика вибрации и температуры ДВТ-8g;
- разработана, создана и прошла апробацию распределённая система мониторинга и технической диагностики оборудования, которая обеспечивает удалённый сбор, хранение, анализ и отображение диагностической информации с использованием облачных технологий и технологий удалённого доступа посредством сети Internet;
- результаты исследований используются в учебном процессе ФГБУ ВО «МГУПП».

Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, а именно пунктам: 2. Методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технологической подготовкой производства (АСТПП) и т. д.; 4. Теоретические основы, средства и методы промышленной технологии создания АСУТП, АСУП, АСТПП и др.; 5. Научные основы, модели и методы идентификации производственных процессов, комплек-

сов и интегрированных систем управления; 8. Методы эффективной организации и ведения специализированного информационного и программного обеспечения АСУТП, АСУП, АСТПП и др., включая базы и банки данных и методы их оптимизации; 13. Теоретические основы, методы и алгоритмы диагностирования (определения работоспособности, поиск неисправностей и прогнозирования) АСУТП, АСУП, АСТПП и др.; 14. Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач при построении АСУ широкого назначения (АСУТП, АСУП, АСТПП и др.); 17. Разработка автоматизированных систем научных исследований; 19. Цифровизация управления в промышленности.

Основные выводы и результаты работы

В результате проведенных исследований разработаны научно-практические основы создания распределенных систем автоматического мониторинга, диагностики и прогнозирования технического состояния оборудования с использованием методов нейросетевого анализа информации в режиме реального времени. Основные **выводы** заключаются в следующем:

1. На основе системного анализа современного уровня развития информационных технологий, методов сбора и обработки диагностической информации, методов технического диагностирования определены направления развития диагностических систем – создание автоматических распределенных систем сбора и анализа диагностической информации с использованием нейросетевых методов анализа данных.
2. Применение современных методов ЦОС (цифровых фильтров, преобразований Фурье, Гилберта, интегрирование цифровых сигналов, оконное преобразование Фурье и вейвлет-преобразование) позволяет повысить соотношение «полезный сигнал/помеха», выделить наиболее информативные, детерминированные с дефектом составляющие сигнала.
3. Изучено влияние неисправностей технологических машин на показатели их эффективности. Исследования влияния износа молотков на показатели работы дробилки А1-ДДП, при использовании сит с размером отверстий от 8 до 2 мм показали, что износ молотков приводит к снижению производительности на 3-10% и увеличению удельных энергозатрат на 2-6%. Исследования влияния изменения величины рабочего зазора шелушителя при частоте вращения ротора 1500 об/мин 2000 об/мин показали, что увеличение рабочего зазора с 13 до 19 мм приводит к снижению энергозатрат на 2 кВт·ч/т. Результаты исследований представлены уравнениями регрессии, которые определяют взаимосвязь технологических показателей с техническим состоянием

машин и их диагностическими признаками.

4. Разработано четыре типа диагностических моделей оборудования. В модели заложены возможности моделирования различных дефектов механических передач, подшипников, рабочих органов, дисбаланса, дефектов подачи продукта и пр. В результате численного диагностического моделирования определены зависимости между неисправностями и их диагностическими признаками – амплитудно-частотным составом вибрации ротора.
5. Создана автоматизированная экспериментальная установка для научных исследований зависимостей между различными неисправностями машин и их диагностическими признаками. Установка включает механический стенд для моделирования неисправностей механизмов, набор датчиков и контрольно-измерительную аппаратуру на базе АЦП E-440, а также набор специально написанных на языке Matlab программ для автоматизации процедур сбора и математической обработки результатов измерений с использованием ИНС.
6. На экспериментальной установке проведены исследования эффективности работы полносвязных ИНС различных архитектур и алгоритмов обучения при классификации технических состояний зубчатой, ременной передач, подшипников качения по значениям амплитуд спектров виброускорения, виброскорости, огибающей вибросигнала, тока и звука. Наилучшую обобщающую способность показала ИНС с алгоритмом оптимизации ММСГ. Наилучшие результаты (по критерию СЕ) достигнуты при использовании спектров виброскорости.
7. Задача классификации состояний по изображениям спектрограмм и скалограмм сигналов с различных датчиков решена путем применения глубоких СНС. Подобрана оптимальная архитектура сети. Достоверность классификации по спектрограммам и скалограммам вибрации составила более 95%. При токовой диагностике достоверность составила более 85%.
8. Разработан метод прогнозирования изменения технического состояния машин с использованием ИНС. Сравнительный анализ различных моделей регрессионного анализа временного ряда диагностического признака показал, что наилучшую обобщающую способность имеют сеть прямого распространения (5 слоев с архитектурой промежуточных 1+2+4+16 нейронов и алгоритм оптимизации Левенберга–Марквардта).
9. Разработана методика комплектной оценки технического состояния объекта контроля с использованием результатов классификации специализированных ИНС и дополнительной информации о работе оборудования (темпера-

- тура, потребляемый ток, время наработки и пр.) путем создания ИНС — супервизора. Хорошую обобщающую способность показала сеть с одним скрытым слоем из 10 нейронов, алгоритм обучения — Байесова регуляризация ($MSE = 0,0008$, 99,8% правильных результатов классификации).
10. На базе современных электронных компонентов, в т.ч. одноплатного микрокомпьютера в промышленном исполнении (типа Raspberry Pi4), разработаны аппаратная часть и программное обеспечение, собраны опытные образцы прибора системы диагностики СТМ-12Т (Патент РФ № 195763) и микропроцессорного комбинированного датчика ДВТ.
 11. Разработана концепция распределенной online-системы мониторинга, согласно которой контролируемое оборудование снабжается приборами мониторинга с технологиями ИНС. Данные с приборов передаются в БД для дополнительно анализа специалистами и используются для обучения ИНС. Доступ пользователей к информации из БД обеспечивается через сеть Internet посредством веб-интерфейса. При этом используются облачные сервисы, а поддержкой системы занимается специализированная организация. Интеграция информации из системы мониторинга в SCADA систему предприятия осуществляется посредством OPC-шлюза.
 12. Система СТМ-12Т прошла апробацию на лабораторных установках кафедры ПМИИТС (ФГБОУ ВО «МГУПП»). При автоматической классификации состояний машин по спектрам вибрации точность составила более 95%.
 13. Разработанные методы диагностики и аппаратные средства (прибор СТМ-12Т с набором датчиков) пошли успешную апробацию на промышленных предприятиях (имеются соответствующие акты внедрения) и используются в учебном процессе кафедр «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами» и «Информатика и вычислительная техника пищевых производств» (ФГБОУ ВО «МГУПП»).

Полнота изложенных результатов диссертационной работы

По результатам исследований опубликовано 109 печатных работ, в т.ч. один учебник, 3 учебно-методических пособия, 2 монографии, 26 статей в журналах, входящих в список ВАК, 22 — в прочих изданиях; опубликовано 48 докладов на научных конференциях, получено 6 патентов на изобретения и полезные модели, 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Глебов Л. Вибродиагностика оборудования предприятий хлебопродуктов / Глебов Л., Зверев С., **Яблоков А.** // Хлебопродукты. 2001. № 2. — С. 30-31.
2. **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.
3. Антонычев С.В. Вопросы технической диагностики станов холодной прокатки труб / Антонычев С.В., Поважный Д.В., Яблоков А.Е. // Производство проката. 2005. № 6. – С. 31-35.
 4. Чернышев Д.Ю. Использование возможностей системы CosmosFloWorks при моделировании процессов в зерноочистительных воздушных сепараторах / Чернышев Д.Ю., Веденьев В.Ф., Яблоков А.Е. // Хранение и переработка сельхозсырья. 2008. № 3. – С. 78-81.
 5. Яблоков А.Е. Разработка методов и средств виброакустической диагностики оборудования комбикормового производства / Яблоков А.Е. Терехин С.Ю., Глебов Л.А. // Естественные и технические науки. 2008. № 5 (37). – С. 154.
 6. Терехин С. Техническая диагностика и обслуживание оборудования / Терехин С., Глебов Л., Яблоков А. // Комбикорма. 2008. № 6. С. 57-59.
 7. Яблоков А.Е. Роль систем автоматизированного проектирования в процессе конструирования оборудования пищевых производств / Яблоков А.Е. // Пищевая промышленность. 2012. № 4. – С. 32-33.
 8. Яблоков А. Техническая диагностика оборудования: перспективные методы и средства / Яблоков А. // Комбикорма. 2013. № 5. – С. 57-59
 9. 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.
 10. Яблоков А.Е. Вибродиагностика оборудования комбикормового завода / Терехин С.Ю., Яблоков А.Е. // Естественные и технические науки. 2014. № 1 (69). – С. 136-138.
 11. Яблоков А.Е. Повышение эффективности работы молотковой дробилки, снижение шума и вибрации / Яблоков А.Е., Казаров А.Р. // Хранение и переработка сельхозсырья. 2014. № 5. – С. 41-44.
 12. Яблоков А.Е. Продление ресурса оборудования пищевых производств путем восстановления деталей методом плазменной наплавки / Яблоков А.Е., Красновский С.В. // Естественные и технические науки. 2014. № 5 (73). – С. 91-93.
 13. Яблоков А.Е. Стратегия технического обслуживания оборудования на базе методов диагностики / Яблоков А.Е., Погорельцев С.Г. // Молочная промышленность. 2014. № 12. – С. 12-14.
 14. Яблоков А.Е. Влияние резинометаллических опор ротора на динамику дробилки / Яблоков А.Е., Казаров А.Р. // Хранение и переработка сельхозсырья. 2015. № 5. – С. 50-54.

15. 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.
16. Яблоков А.Е. Нейросетевые технологии в задаче мониторинга машин комбикормового производства / Яблоков А.Е. // Хранение и переработка сельхозсырья. 2015. № 6. – С. 41-44.
17. Яблоков А.Е. Автоматизация контроля качества и гранулометрического состава продуктов размола / Яблоков А.Е., Александров А.А. // Наука и бизнес: пути развития. 2015. № 7 (49). – С. 48-51.
18. Яблоков А. Влияние размера отверстий сит дробилки на показатели измельчения / Яблоков А. // Комбикорма. 2016. № 11. – С. 63-65.
19. Яблоков А.Е. Разработка мукомольного вальца повышенной жесткости / Яблоков А.Е., Латышев М.А., Якушев А.О. // Перспективы науки. 2018. № 6. – С. 16-19.
20. Яблоков А. Технический мониторинг, диагностика и защита оборудования / Яблоков А., Федоренко Б., Латышев М. // Комбикорма. 2018. № 6. – С. 32-34.
21. Яблоков А.Е. Диагностика состояния машин мукомольного производства по спектру огибающей СКЗ потребляемого тока / Яблоков А.Е., Латышев М.А., Костин А.М. // Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 7 (85). – С. 6-9.
22. Алфёров Б.В. Применение нейросетевого метода для идентификации технического состояния оборудования / Алфёров Б.В., Яблоков А.Е., Гускова Т.В., Федоренко Б.Н. // Перспективы науки № 7(118) 2019. – С. 12-14.
23. Яблоков А.Е. Вибродиагностика оборудования зерноперерабатывающих предприятий с использованием методов нейросетевого анализа данных // Яблоков А.Е., Федоренко Б.Н. // Наука и бизнес: пути развития, № 7 (97), 2019. – С. 10-13.
24. Яблоков А.Е. Распределенная система мониторинга и технической диагностики оборудования // Яблоков А.Е., Благовещенский И.Г., Олышанова Е.А. // Комбикорма, №1, 2021. – С. 33-35 DOI: 10.25741/2413-287X-2021-01-2-132
25. Яблоков А.Е. МГУПП: новые подходы к обучению методам автоматизированного проектирования / Яблоков А.Е., Благовещенский И.Г., Федоренко Б.Н. // Комбикорма, № 6, 2021. – С. 33-35. DOI 10.25741/2413-287X-2021-07-2-143
26. 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. №12 2021. – С.452-456. DOI: 10.24412/2071-6168-2021-12-452-457

II. Учебники, учебные пособия и монографии

27. Науменко А.М., Вибрация и виброизолирующие системы машин: Учебное пособие / Науменко А.М., Огурцов Ю.М., **Яблоков А.Е.** – М., МГУПП, 2005, – 56 с.
28. Глебов Л.А. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Технологическое оборудование предприятий хлебопродуктов» / Глебов Л.А., Ведентьев В.Ф., Огурцов Ю.М., Науменко А.М., **Яблоков А.Е.** – М., МГУПП, 2006, – 136 с.
29. **Яблоков А.Е.** Методические указания к использованию расчетных модулей САПР при курсовом и дипломном проектировании. – М., МГУПП, 2006, – 47 с.
30. Глебов, Л.А. Технологическое оборудование и поточные линии предприятий по переработке зерна: учебник / Л.А. Глебов, А.Б. Демский, В.Ф. Веденев, **А.Е. Яблоков.** – М.: ДеЛи принт, 2010. – 696 с.
31. **Яблоков А.Е.** Научные основы проектирования и конструирования машин и аппаратов зерноперерабатывающих предприятий: Монография. – М.: МГУПП, 2021. – 164 с.
32. **Яблоков А.Е.** Научные основы создания интеллектуальных систем мониторинга и диагностики оборудования зерноперерабатывающих предприятий: Монография. – М., МГУПП 2022. –176 с.

III. Авторские свидетельства и программы для ЭВМ

33. Патент на изобретение RU 2135287 C1 / МПК В02С 4/06. Устройство подачи продукта в вальцовый станок. **Яблоков А.Е.**, Глебов Л.А.
34. Патент на изобретение RU 2176549 C1 / МПК В02С 4/42. Привод вальцового станка. Глебов Л.А., Зверев С.В., **Яблоков А.Е.**
35. Патент на изобретение RU 2366506 Российская Федерация МПК В02С 4/06. Мукомольный валец / Терехин С. Ю., Глебов Л.А., **Яблоков А. Е.**
36. Патент на полезную модель RU 148345 В02С 4/38 (2006.01). Размольный узел мукомольного вальцового станка. **Яблоков А.Е.**, Старостина Т.В.
37. Патент на полезную модель RU 150 282 U1 / МПК В02С 13/04. Дробилка ударного действия. **Яблоков А.Е.**
38. Патент на полезную модель RU 195763 U1 МПК G05В 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..
39. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020614100. Программа для мониторинга и технической диагностики технологических машин. **Яблоков А. Е.**, Латышев М.А., Терехин С. Ю.
40. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

- №2020619541. Программа для цифрового комбинированного датчика вибрации и температуры системы мониторинга оборудования. **Яблоков А.Е.**
41. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020660665 Программа для цифровой обработки и анализа сигналов в задаче технического диагностирования. **Яблоков А.Е.**
42. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021661786 Программа для акустической диагностики оборудования по вейвлет-скалограмме излучаемого звука с использованием сверточной нейронной сети. **Яблоков А.Е., Благовещенский И.Г., Жила Т.М.**

Апробация работы. На различных этапах выполнения научной работы результаты исследований и диссертация в целом были доложены и получили одобрение на расширенных заседаниях кафедры «Прикладная механика и инжиниринг технических систем» ФГБОУ ВО «МГУПП». Основные положения диссертационной работы были доложены и одобрены на всероссийских и международных научно-практических конференциях, в т.ч. на VI-й Международной НП конференции «Вопросы науки: Современные технологии и технический прогресс» (г. Воронеж, 2015 г.), III Международной НП конференции «Фабрика будущего» (г. Москва, 2022 г.), Международной НП конференции «Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса» (г. Пенза, 2021), Международном НТК «Лучший исследовательский проект 2021» (г. Петрозаводск, 2021) и пр. Результаты научных исследований внедрены на предприятиях: ООО «Эрман», ООО «Русское поле», ООО «Эркан», ОАО «Северный лес», ООО «Пачелмское хозяйство» ОП «Пачелмское».

Выводы. На основании изучения материалов научной работы, считаем, что диссертационная работа «Научно-практические основы создания автоматизированных систем технического мониторинга и диагностики оборудования зерноперерабатывающих предприятий на базе нейросетевых методов анализа данных» является завершенной научно-квалификационной работой, отвечающей критериям пп. 9-14 «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 с изменениями и дополнениями от 21.09.2021 г., в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, а её автор, Яблокова Александра Евгеньевича, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами» ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» с привлечением сотрудников кафедр «Прикладная механика и инжиниринг технических систем» и «Информатика и вычислительная техника пищевых производств», имеющих ученую степень по специальности 05.13.06 — Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

На заседании присутствовало 19 чел.: зав. кафедрой АСУБП, Заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., проф. Благовещенская М. М. д.т.н., доц. Благовещенский И. Г., д.т.н., проф. Семенов Г.В., д.т.н., проф. Гданский Н.И., д.т.н., проф. Каргин В.А., д.т.н., проф. Николаев Н.С., д.т.н., проф. Краснов А. Е., д.т.н., проф. Мачнев А. В., д.т.н., проф. Ахремчик О. Л., д.т.н., доц. Новицкий В. О., к.т.н., доц. Мокрушин С. А., к.т.н. доц. Савостин С. Д., к.т.н., проф. Максимов А. С. к.т.н., доц. Назойкин Е. А., д.т.н. проф. Федоренко Б. Н., к.т.н., доц. Латышев М. А., к.т.н., доц. Мазитов М. А., к.т.н., доц. Якушев А.О., асс. Сумерин В. А.

Результаты голосования: «за» – 19 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол заседания № 14 от «4» апреля 2022 г.

Председатель заседания
Зав. кафедрой «АСУБП»
доктор технических наук,
профессор

Благовещенская М.М.

/ Секретарь кафедры
ассистент

Сумерин В. А.