

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.324.05,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «МАГНИТОГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Г.И. НОСОВА»,  
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ  
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 07.02.2025 № 3

О присуждении Микитинскому Александру Петровичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени доктора технических наук.

Диссертация «Развитие теории и практики электротехнических систем регулирования натяжения композиционных материалов» по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы принята к защите 18 октября 2024 г. (протокол №7) диссертационным советом 24.2.324.05, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, приказ № 508/нк от 24.03.2023 г.

Соискатель Микитинский Александр Петрович, 19.02.1951 года рождения. Диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук «Аналоговые и цифровые системы регулирования натяжения композиционных материалов» по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы защитил 10.02.1987 г. в диссертационном совете, созданном на базе Всесоюзного НИИ электромеханики. Работает в должности доцента ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», Министерство науки и высшего образования РФ.

Диссертация выполнена на кафедре «Электроснабжение и электропривод» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор Лобов Борис Николаевич, ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», кафедра «Электромеханика и электрические аппараты», профессор.

Официальные оппоненты:

1. Мещеряков Виктор Николаевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», кафедра «Автоматизированный электропривод и робототехника», заведующий кафедрой;

2. Гасияров Вадим Рашитович, доктор технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», кафедра «Автоматика и управление», профессор;

3. Горячев Олег Владимирович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», кафедра «Системы автоматического управления», заведующий кафедрой

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» (г. Санкт-Петербург), в своём положительном отзыве, подписанном Филатовым Денисом Михайловичем канд. техн. наук, кафедра «Робототехника и автоматизация производственных систем», и.о. заведующего и Беловым Михаилом Петровичем д-р техн. наук, проф., кафедра «Робототехника и автоматизация производственных систем», проф., указала, что диссертация Микитинского Александра Петровича «Развитие теории и практики электротехнических систем регулирования натяжения композиционных материалов» является самостоятельной научно-квалификационной работой, обладающей признаками актуальности, новизны и практической значимости. В ней решена важная научно-техническая

проблема по развитию теории и практики электротехнических систем натяжения композиционных материалов, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие Российской Федерации. Диссертационная работа полностью отвечает требованиям п.п. 9–14 «Положения о присуждении учёных степеней» от 24.09.2013 г. № 842, а её автор, Микитинский Александр Петрович, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью, большим количеством публикаций в рецензируемых научных изданиях, выполненных и внедрённых научных исследований в области моделирования, анализа и оптимизации режимов работы электроприводов натяжных устройств.

Профессор, д-р техн. наук В.Н. Мещеряков является признанным специалистом в области электропривода. Подготовил 28 кандидатов технических наук по специальности электротехнические комплексы и системы. Является действительным членом Российской Академии естествознания, действительным членом Российской Академии проблем качества.

Доцент, д-р техн. наук В.Р. Гасияров – известный специалист в области автоматизированного электропривода, имеет 87 научных публикаций, включенных в ядро РИНЦ. Областью научных исследований Гасиярова В.Р. является разработка и совершенствование электротехнических комплексов металлургического производства. Одно из направлений исследований Гасиярова В.Р. посвящено электроприводам, имеющим упругую связь через обрабатываемый материал.

Профессор, д-р техн. наук О.В. Горячев – один из ведущих специалистов страны в области создания высокоточных автоматизированных приводов. Является руководителем научной школы «Теория и методы проектирования приводов высокоточного вооружения». Под руководством Горячева О.В. защищены 7 диссертаций на соискание учёной степени кандидата технических наук. Является автором более 100 научных публикаций, пяти монографий, шести

учебных пособий. Действительный член Академии навигации и управления движением.

Соискатель имеет 106 опубликованных работ, из них 43 по теме диссертации, в том числе 10 в журналах из перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованного ВАК, 10 публикаций, входящих в системы цитирования Scopus и Web of Science, по теме диссертации получен 1 патент РФ на полезную модель. Общий объём публикаций по теме диссертации составляет 19,23 печатных листа. Сведения об опубликованных работах достоверны.

Авторский вклад соискателя в опубликованных работах заключается: в постановке задачи исследования; формулировании требований к электротехническим системам (ЭТС) натяжения; решении задач улучшения технических характеристик ЭТС; разработке математической модели ЭТС натяжения; выполнении теоретических и экспериментальных исследований; проведении моделирования ЭТС натяжения.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1) Микитинский, А.П. К синтезу электропривода с упругостью второго рода [Электронный ресурс] / А. П. Микитинский // Электронный сетевой полиграфический журнал («Научные труды КубГТУ»). - 2023. - № 5. - С. 108-122;

2) Микитинский, А. П. К вопросу математического описания натяжных устройств, используемых при намотке композиционных изделий из «мокрого» композиционного материала / А. П. Микитинский // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. - 2020. - Т. 177, № 4. - С. 50-59;

3) Микитинский, А. П. Математическая модель лентопротяжного тракта станка для намотки изделий из композиционных материалов / А. П. Микитинский // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. - 2016. - № 1. - С. 62-66;

4) Упруго диссипативные свойства электропривода натяжного устройства станков для изготовления изделий из композиционных материалов / А. П. Микитинский, О. А. Кравченко, Б. Н. Лобов, Д. Ю. Богданов, Ю. С. Кленин // Электротехнические системы и комплексы. - 2024. - № 1(62). - С. 4-10.

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов, все положительные:

**1. Отзыв Акционерное общество "Научно-производственная корпорация"**

**рация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна" г. Москва (АО «Корпорация «ВНИИЭМ»)** (д.т.н., проф. В.Я. Геча, к.т.н., доцент Ю.Т. Портной): Без замечаний.

**2. Отзыв ФГБОУ ВО «Тольятинский государственный университет», г. Тольяти** (д.т.н., профессор В.В. Вахнина): 1) Из автореферата неясно, в какой степени возможно применение разработанной методологии электротехнических систем регулирования натяжения при намотке и выкладке изделий из композиционных материалов для определения рациональных алгоритмов управления ЭТС при различных условиях эксплуатации.

**3. Отзыв ГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», г. Ростов на Дону** (д.т.н., профессор А.Д. Петрушин): 1). В выводах п.4 дана рекомендация применять синхронные двигатели с постоянными магнитами. Какие параметры этих двигателей являлись определяющими при такой рекомендации? 2). При выборе мощности двигателя применялся метод эквивалентного момента. Тепловые процессы не учитывались при выборе мощности двигателя? 3). При формировании структурной схемы обобщенного электромеханического преобразователя противо-ЭДС не учитывалась. Насколько правомерно такое допущение, при высоком быстродействии системы - сотые доли секунды (стр. 28 автореферата)?

**4. Отзыв ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», г. Санкт Петербург** (к.т.н., доцент М.Х. Цветкова): 1) В автореферате основное внимание уделяется собственным разработкам автора, однако не полностью раскрыты альтернативные методы и подходы, которые существуют в мировой практике и могли бы служить основой для сравнения и оценки предложенных решений. 2) Хотя в автореферате упоминается использование математического моделирования и вычислительных методов, следовало бы предоставить более детализированное описание математических моделей и методов их получения, чтобы облегчить понимание и оценку их адекватности. 3) Необходимо более подробно рассмотреть примеры конкретных предприятий и изделий, на которых были успешно внедрены предложенные технологии. Так-

же стоит указать потенциальные ограничения и трудности, с которыми можно столкнуться при внедрении этих решений на других предприятиях. 4) Не совсем ясно, почему в работе не исследовано применение современных регуляторов, с нечеткой логикой. Возможно, это еще больше улучшило бы качественные показатели ЭТС натяжения. 5) Заключительная часть автореферата могла бы быть более структурированной и содержать более четкие выводы, суммирующие основные результаты исследования и их значимость для дальнейших исследований и промышленного применения. 6) Некоторые термины и концепции, используемые в автореферате, могут быть сложными для понимания широкой аудитории. Следовало бы более тщательно продумать язык и стиль изложения, чтобы сделать текст доступным для специалистов смежных областей и заинтересованных лиц.

**5. Отзыв ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Шахты, Ростовской обл. (д.т.н., профессор Д.Н. Галушкин):**

1) Приведенные структуры требуют измерения большого количества переменных состояний. А как это физически организовано? Какие средства используются для измерения? 2) Как раньше выбирался двигатель? Что дает разработанная автором методика расчета мощности по сравнению с теми, что использовались ранее?

**6. Отзыв ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», филиал в г. Салавате, зав. каф. «Электрооборудование и автоматика промышленных предприятий», (д.т.н., проф. М.Г. Баширов). По автореферату замечаний нет.**

**7. Отзыв ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», зав. каф «Электротехники и электрических машин» (к.т.н., доцент Я.М. Кашин):, проф. кафедры «Транспортные процессы и технологические комплексы» г. Краснодар (д.т.н., проф. Ю.Д. Шевцов):** 1) Из автореферата не совсем ясно, какие допущения приняты при математическом описании упругой композиционной ленты и последующей ее линеаризации, как они влияют на полученный результат; 2) В работе не использованы регуляторы с нечеткой логикой или нейронными сетями.

**8. Отзыв ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», г. Санкт-Петербург (д.т.н., проф. А.Н. Марикин):** 1) Для перехода между различными, предложенными вами, способами регулирования требуется изменения аппаратной части? Или только программного обеспечения? 2) Чем отличается предложенный метод выбора электропривода натяжного устройства от общеизвестного метода эквивалентного момента, мощности, тока?

**9. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева» (Руководитель НОЦ «Энергоэффективные двигатели двойного питания для электроприводов и транспортных средств», проф. кафедры «Электроника и наноэлектроника» д.т.н. И.В. Гуляев):** 1) В автореферате и диссертационной работе нет оценки экономической эффективности предложенных решений в целом; 2) Не указаны какие допущения и ограничения были приняты при разработке имитационной математической модели системы и как проведена линеаризация полученных математических описаний; 3) Не представлены экспериментальные схемы использованных электроприводов намоточных станков; 4) Нет уточнения какие метрологические показатели характеризуют точность изготовления конечных изделий.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработаны:**

- системная классификация наматываемых изделий в зависимости от их геометрии и требований, предъявляемых к условиям их эксплуатации, диапазона и скорости изменения параметров в процессе намотки, которая позволяет обоснованно осуществлять выбор ЭТС управления процессом намотки;

- математические модели ЭТС натяжения композиционной ленты, которые отличаются тем, что учитывают специфику намотки изделий из композиционных материалов и позволяют использовать их при анализе и синтезе ЭТС натяжения, что повышает точность отработки системой управления заданных законов намотки;

- новые технические решения и рекомендации по созданию электротехнических систем регулирования натяжения в том числе: метод синтеза электротехнических систем регулирования натяжения при намотке и выкладке изделий различной формы и с разными требованиями по прочности; оригинальные адаптивные ЭТС натяжения; методика расчета мощности двигателей натяжных устройств при намотке различных изделий;

**- предложены:**

- методика выбора мощности приводных электродвигателей натяжных устройств с учетом геометрии наматываемых или выкладываемых изделий, что позволяет обоснованно выбирать систему электропривода натяжного устройства;

- рациональные структуры ЭТС, используемых при намотке и выкладке изделий из композиционных материалов, отличающиеся тем, что позволяют обеспечить заданную точность поддержания натяжения наматываемого материала, сократить время, затрачиваемое на проектирование и наладку систем регулирования натяжения;

- методики синтеза электротехнических систем регулирования натяжения устройств намотки изделий сложной формы с адаптивным регулятором и прогнозом состояния, отличающиеся тем, что учитывают быстрые, изменения параметров объекта управления в процессе намотки;

**введены** новая структура группировки изделий по степени влияния процесса их намотки на работу ЭТС натяжения.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказано**, что применение нового метода синтеза позволяет создавать электротехнические системы регулирования натяжения, обеспечивающие поддержание натяжения наматываемого материала с заданной точностью (с погрешностью не более 0,5-1%) при изготовлении изделий различной формы;

**применительно к проблематике диссертации эффективно использованы** методы теории электропривода, систем автоматического управления, вычислительной математики, методы теории планирования экспериментов, численные методы решения систем нелинейных дифференциальных уравнений, метод конечных элементов, программные продукты системы MatLab;

**предложены** математические модели для расчёта нагрузочных диаграмм натяжных устройств при изготовлении изделий из композитных материалов, учитывающие динамические моменты, связанные с изменением длины тракта намотки, линейной скорости движения исходного материала и другие параметры, позволяющие обоснованно выбирать двигатель привода натяжного устройства;

**раскрыты:** взаимосвязи формы наматываемых изделий с особенностью функционирования ЭТС натяжения, которые ранее не рассматривались;

**изучены** свойства упругой композиционной ленты, закономерности, позволяющие аналитически определять статические и динамические моменты, возникающие на валу двигателя натяжного устройства, максимальные статические моменты в зависимости от угла поворота роликов или их линейного перемещения.

**проведена модернизация** методики синтеза регулятора при намотке изделий сложной формы с учетом высокодинамичного изменения параметров объекта управления в процессе намотки, в том числе с прогнозом состояния системы.

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

**разработаны и внедрены:** технические предложения и схемные решения для реализации ЭТС натяжения композиционной ленты, методика выбора мощности привода натяжных устройств, адаптивные ЭТС натяжения;

**определена** технико-экономическая эффективность использования разработанных методов, подходов и методик в условиях действующих промышленных предприятий; ожидаемый экономический эффект оценивается в 1 042 млн. руб.;

**создана** классификация наматываемых изделий в зависимости от требований к прочностным характеристикам и геометрической формы изделий, позволяющая обоснованно выбирать структуру, состав и метод синтеза электротехнической системы натяжения;

**представлена** возможность получения ожидаемого экономического эффекта за счёт:

- использования технических предложений и схемных решений, системной классификации наматываемых изделий, методики выбора мощности привода натяжных устройств, адаптивных ЭМС натяжения для реализации ЭМС натяжения для “сухой” и “мокрой” композиционной ленты на станках КУ-489Ф3, КУ-421М, КУ-479Ф3 Коломенского завода ООО “Механик”;

- применения метода синтеза ЭТС регулирования натяжения композиционной ленты в ООО «Пластик Энтерпрайз» для создания автоматизированных систем управления технологическими процессами при изготовлении опытных образцов и в мелкосерийном производстве ряда изделий, а также в ООО «Дон-Текс» при модернизации автоматизированной линии по ламинированию Lamitix-1400/60 для производства синтетического полотна в серийном производстве.

#### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**корректное** использование математического аппарата и апробированных математических пакетов обработки данных; соответствие результатов теоретического анализа и вычислительных экспериментов при правомерных исходных положениях и обоснованных допущениях с использованием реальных технических характеристик производственного оборудования;

**теория** базируется на известных положениях теории электропривода, систем автоматического управления, вычислительной математики, методах выбора и оптимизации технических решений;

**идея** базируется на комплексном использовании строгих математических моделей упругой композиционной ленты, которые описывают динамические процессы в композиционных материалах и аналитических выражениях для натяжных устройств, позволяющих определять статические и динамические моменты, возникающие на валу двигателя натяжного устройства, максимальные статические моменты в зависимости от формы изготавливаемых изделий и требованиям, предъявляемым к условиям эксплуатации изделий;

**выполнена** оценка эффективности разработанных методов и алгоритмов, в частности, метода синтеза электротехнической системы натяжения; расчёта уставок регуляторов; методики выбора мощности электродвигателей натяжных

устройств при намотке различных изделий, показано, что предложенные алгоритмы, методы и методики обеспечивают хорошую сходимость теоретических и практических результатов;

**установлено** соответствие результатов теоретического анализа и вычислительных экспериментов, а также данных, полученных при изготовлении экспериментальных образцов и на реальных системах намотки и выкладки при изготовлении конкретных изделий из композиционных материалов;

**использованы** методы имитационного моделирования систем натяжения и управления такими системами при помощи программного комплекса MatLab, на основе моделей, разработанных непосредственно соискателем.

**Личный вклад соискателя** состоит в: формулировании проблемы и идеи её решения; постановке целей и задач исследования; непосредственном выполнении всех приведенных в диссертации исследований, внедрение их результатов, а именно: формулировании требований к ЭТС натяжения; разработке системной классификация наматываемых изделий, математических моделей ЭТС натяжения, метода синтеза электротехнических систем регулирования натяжения при намотке и выкладке изделий различной формы и с разными требованиями по прочности, адаптивных ЭТС натяжения, методики расчета мощности двигателей натяжных устройств, технических предложений и схемных решений для реализации электротехнических систем регулирования натяжения; выполнении теоретических и экспериментальных исследований, проведение моделирования ЭТС натяжения; в подготовке основных публикаций по теме исследования.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

**В отзыве ведущей организации:**

1. Насколько влияет сила натяжения материала при формообразовании конструкции на качество изготавливаемых изделий? В этой связи, какие предъявляются требования к силам натяжения материала и их допустимым отклонениям?

2. Неясно, как измеряются силы натяжения ленты и ее составляющих, не

указаны места расположения датчиков в трактах протяжки и их конструкция.

3. В работе лента рассматривается как изотропный материал, а силы натяжения в ленте рассматриваются как некоторое усредненное значение составляющих ее компонентов. Насколько обосновано такое представление ленты, когда в процессе ее укладки на текущую поверхность изготавливаемой конструкции изменяется геометрия наматываемых изделий и появляется разница в натяжении по ширине ленты?

4. Учитывается ли влияние скорости движения ленты в линеаризованных уравнениях, описывающих тракт намотки?

5. Как будет отрабатывать предлагаемая в диссертации система контроля натяжения ленты случай отрицательной скорости ее движения?

#### **В отзыве официального оппонента Мещерякова В.Н.:**

1. В первой главе при анализе существующих ЭТС натяжения не рассмотрена возможность использования электроприводов с регуляторами с нечеткой логикой.

2. Во 2-ой главе не исследована погрешность, вносимая в математическое описание линеаризацией. На сколько оправдан процесс замены нелинейного уравнения линеаризованным?

3. Третья глава диссертационной работы посвящена проблемам анализа возможности использования различных исполнительных механизмов в натяжных устройствах. Не ясно, зачем надо было исследовать применение различных исполнительных механизмов. Возможно, стоило сконцентрироваться на одном или двух?

4. В 4-ой главе диссертации проведен структурно-параметрический синтез. При этом не совсем ясны критерии, по которым оценивались приведенные структурные схемы.

5. В 5-ой главе диссертации описан разработанный метод синтеза ЭТС натяжения. Не совсем ясно, предложенный метод охватывает все возможные варианты процессов изготовления изделий из композиционных материалов методом намотки или при изменении структура и формы изделий потребуются корректировать подходы к синтезу или использовать уже разработанную методику?

6. В 6-ой главе диссертации рассмотрены реализации предлагаемых алгоритмов и методов. Не совсем ясно, почему не рассмотрены вопросы создания САПР намоточного оборудования. Этому вопросу следует уделить в дальнейшем особое внимание.

7. В 7-ой главе описаны разработанные и внедренные на намоточном оборудовании электроприводы. Полагаю, что здесь большее внимание следовало бы уделить отечественному оборудованию.

**В отзыве официального оппонента Гасиярова В.Р.:**

1. Из диссертации не ясно, в чём заключается основные отличия рассмотренных натяжных устройств от натяжных устройств, используемых в бумагоделательных и ткацких станах?

2. Следует подробнее обосновать, в чём заключается отличие полученных математических моделей и структур применяемых регуляторов от известных?

3. Необходимо конкретизировать, процесс выкладки и намотки осуществляется по заранее заданной и известной программе. Рассматривалась ли возможность использования этих данных для прогноза изменения натяжения и регулирования с учетом этой информации?

4. Следовало бы пояснить, требуется ли изменения аппаратной части для перехода между различными, предложенными вами, способами регулирования? Или только программного обеспечения?

5. Не совсем ясно, чем отличается ваш метод выбора электропривода натяжного устройства от обще известного метода эквивалентного момента?

**В отзыве официального оппонента Горячева О.В.:**

1. Представляется недостаточно обоснованным принятие допущения (п.3.2.8) относительно отсутствия влияния противо- ЭДС на характеристики исполнительных механизмов ЭТС натяжения на основании сравнения величин электромагнитной и электромеханической постоянной времени, поскольку физическая связь по противо- ЭДС приводит к наличию перекрестных связей в подчиненных контурах регулирования скорости и тока.

2. Рассмотренные в п.4.3 структурные схемы ЭТС натяжения построены без учета влияния ограничений, накладываемых на значения физических пере-

менных (тока в исполнительном двигателе, питающего напряжения) и информационных сигналов, что может привести к существенным погрешностям при расчете параметров регуляторов контуров управления.

3. Представляется недостаточно обоснованным выбор критерия оптимизации параметров регуляторов ЭТС натяжения в виде функции квадратичных потерь (п.5.5.1), поскольку для обеспечения качества изготавливаемого изделия предъявляют жесткие требования не к значению среднеквадратического отклонения натяжения от заданной величины, а к мгновенной величине данного отклонения.

4. Отсутствует оценка сходимости алгоритмов оптимизации и устойчивости работы ЭТС натяжения с адаптивным регулятором, при условии изменения параметров в широких пределах.

5. В третьей главе диссертации с целью повышения КПД предложено заменить самотормозящиеся червячные редукторы на планетарные редукторы, однако, при этом отсутствует методика расчета тепловых процессов в исполнительных двигателях ЭТС натяжения в зависимости от формы изготавливаемого изделия и времени намотки, что может привести к их перегреву.

6. Отсутствует обоснование преобразования отдельных структурных схем, например, в структурной схеме (рис.6.17), при приведении ее к виду (рис.6.20), пропадает одна из прямых связей.

**В ходе заседания диссертационного совета:**

1. Каковы различия в методике синтеза ЭТС натяжения в зависимости от формы изделия, материала, метода изготовления и т.д.?

2. На сколько предложенные вами адаптивные регуляторы позволили улучшить качество переходных процессов? Есть ли сопоставление этих результатов?

3. В диссертационной работе натяжение определяется косвенным путем? Датчики какого класса точности применены?

4. Как отрабатывает предложенная система управления резкое изменение длины тракта намотки, вызванное переходом намотки композиционной ленты с одной грани изделия на другую?

5. Как происходит процесс деформации композиционной ленты при «мокрой» намотке?

6. Существующие системы натяжения не в полной мере соответствуют современным требованиям по точности поддержания натяжения. Какова точность поддержания натяжения у существующих систем и у предложенной Вами?

7. В работе предлагается использовать порошковый тормоз. У данного типа тормозного устройства вся энергия преобразуется в тепло. Это ухудшает энергетические показатели установки.

8. Представленные коэффициенты линеаризации для описания упругой ленты содержат по 5-7 значащих цифр. Не существует измерительных приборов с такой точностью, и воспроизвести их с такой точностью невозможно.

**Соискатель Микитинский А.П. ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы и привёл собственную аргументацию:**

1. Для каждого подкласса и класса изделий предлагается своя методика синтеза ЭТС натяжения. Для систем первого класса отличий нет. Это адаптивные ЭТС натяжения. Если речь идет о системах второго класса, то при намотке бобин (это второй подкласс) надо использовать робастные (грубые) ЭТС натяжения, а при намотке изделий типа «Кокон» или «Шар», адаптивные ЭТС. А при намотке изделий типа призма (пятого подкласса в 1 и 2 классах) – оптимальную систему с прогнозом состояния.

2. Без адаптивного регулятора время переходного процесса изменяется при изменении условий намотки от 0,025 с до 6 с. А при использовании адаптивной системы переходный процесс при любых сочетаниях параметров составляет 0,025 с. Цена за это, использование дополнительных датчиков технологических параметров.

3. В ЭТС натяжения используются датчики непосредственного измерения натяжения с тензодатчиком. Погрешность датчика равна 0,5%. Тарировка датчиков проводится на специальном тарировочном стенде в лаборатории.

4. Предложенная система с прогнозом состояния обеспечивает в процессе намотки изделия типа «Призма» заданное значение натяжения. Натяжение поддерживается на заданном уровне с погрешностью не более  $\pm 0,12\%$ .

5. При скольжении по ролику происходит деформация «мокрой» ленты на участке её контакта с роликом. Поэтому скорость выхода ленты с ролика выше, чем скорость, с которой лента поступает на ролик.

6. В настоящее время существующие ЭТС натяжения поддерживают натяжение с погрешностью  $10 \div 15$  %. Предлагаемые ЭТС натяжения обеспечивают погрешность поддержания натяжения на уровне  $0,5 \div 1$  % когда это необходимо (при изготовлении изделий первого класса) и до 4 % при изготовлении изделий второго класса.

7. Действительно, по энергетическим показателям порошковый тормоз не лучший вариант, но и не худший. Низкие энергетические показатели являются их недостатком. Однако, данные тормозные устройства обладают рядом преимуществ. Они имеют одну обмотку для управления и легко управляются, имеют малую стоимость. Обладают высоким быстродействием за счёт малого момента инерции вращающихся элементов.

8. Приведённые в работе коэффициенты линеаризации, используемые для математического описания упругой ленты, являются расчётными, а не измеренными, и приведены без округления.

Диссертационный совет установил, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, полностью соответствующую критериям «Положения о присуждении ученых степеней» № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора технических наук.

На заседании 7 февраля 2025 г. диссертационный совет принял решение: за новые научно обоснованные технические решения по созданию электротехнических систем натяжения композиционного материала, обеспечивающих высокие качественные характеристики наматываемых изделий за счёт повышения точности поддержания натяжения в процессе изготовления, что соответствует приоритетным направлениям развития страны и является значительным вкладом в её развитие, присудить Микитинскому Александру Петровичу учёную степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них - 11 докторов наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы, участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 12 против присуждения учёной степени - **нет**, не проголосовали - **нет**.

Председатель

диссертационного совета



 Корнилов Геннадий Петрович

Учёный секретарь

диссертационного совета

 Одинцов Константин Эдуардович

7 февраля 2025 г.