

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
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 11.04.2025 № 6

О присуждении Гасияровой Ольге Андреевне, гражданке Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение ресурса электроприводов клетки толстолистового прокатного стана за счет ограничения динамических нагрузок» по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы принята к защите 7 февраля 2025 г. (протокол №2) 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 Гасиярова Ольга Андреевна, 15.10.1985 года рождения. В 2017 году соискатель окончила магистратуру в ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по направлению 15.04.06 «Мехатроника и робототехника». В 2021 году окончила аспирантуру ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по направлению 13.06.01 Электро- и теплотехника.

Работает в должности инженера-конструктора в Обществе с ограниченной ответственностью Научно-производственное предприятие «Учебная техника – Профи», по совместительству работает в должности младшего научного сотрудника кафедры «Автоматика и управление» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет».

Диссертация «Повышение ресурса электроприводов клетки толстолистового прокатного стана за счет ограничения динамических нагрузок» выполнена на кафедре «Автоматика и управление» ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – кандидат технических наук, Логинов Борис Михайлович, ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», кафедра «Автоматика и управление», старший научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

1. Феофилов Сергей Владимирович – доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (г. Тула), Передовая инженерная школа «Тульская инженерная школа «Интеллектуальные оборонные системы», заместитель директора;

2. Сухенко Николай Александрович – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (г. Новочеркасск), кафедра «Электро-снабжение и электропривод», доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург), в своем положительном отзыве, подписанным Костылевым Алексеем Васильевичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок», указала, что диссертация Гасияровой Ольги Андреевны «Повышение ресурса электроприводов клетки толстолистового прокатного стана за счет ограничения динамических нагрузок» соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям

в соответствии с «Положением о присуждении ученых степеней» от 24.09.2013 г. № 842, а её автор, Гасиярова Ольга Андреевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Соискатель имеет 37 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 17 работ, из них 5 в журналах из перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованного ВАК, 9 публикаций, входящих в систему цитирования Scopus. По теме диссертации получены 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Сведения об опубликованных работах достоверны.

Авторский вклад соискателя заключается в следующем: разработан способ управления электроприводом с предварительным разгоном и регулируемым темпом торможения после захвата раската валками; разработаны система вычисления ресурса и наблюдатель упругого момента, обеспечивающий его восстановление путем дифференцирования сигнала скорости электропривода; проведены и представлены результаты исследования методом компьютерного моделирования, подтвердившие снижение амплитуды упругого момента на шпинделе и равенство длин участков, прокатанных во время технологического ускорения; научно обоснована и разработана методика вычисления выработанного ресурса шпинделей, основанная на гипотезе Пальмгрена-Майнера, получены аналитические выражения для расчета зависимости выработки ресурса от кратности моментов.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Гасияров, В.Р. Разработка цифрового наблюдателя углового зазора в шпиндельных соединениях главной линии прокатной клетки / В.Р. Гасияров, С.Н. Басков, **О.А. Гасиярова**, Б.М. Логинов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 137–147. DOI: 10.14529/power200314.

2. Логинов, Б.М. Методика расчета ресурса шпинделей клетки прокатного стана на основе on-line измерений упругого момента / Б.М. Логинов, **О.И. Га-**

сиярова, А.А. Радионов, К.Э. Одинцов // Электротехнические системы и комплексы. – 2024. – №2 (62). – С. 17-26. DOI: 10.18503/2311-8318-2024-2(63)-17-26.

3. Gasiyarov, V.R. Method for Defining Parameters of Electromechanical System Model as Part of Digital Twin of Rolling Mill / V.R. Gasiyarov, A.A. Radionov, B.M. Loginov, M.A. Zinchenko, **O.A. Gasiyarova**, A.S. Karandaev, V.R. Khramshin // Journal of Manufacturing and Materials Processing. – 2023, Vol. 7, no. 5. – 183. DOI: 10.3390/jmmp7050183.

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов, все положительные:

1. Отзыв ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Шахты (д-р техн. наук, доц. Д.Н. Галушкин): 1) На рис. 4 показан процесс захвата с выходом на ограничение момента двигателя. Почему и как часто возникает такая ситуация при работе стана? 2) Каким образом получена формула (1), предложенная для расчета зазора в шпиндельном соединении?

2. ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», г. Комсомольск-на-Амуре (д-р техн. наук, проф. В.А. Соловьев): 1) Не ясен принцип восстановления упругого момента, реализуемый разработанным наблюдателем (рис. 11), и почему применен регулятор подстройки пропорционально-интегрального типа? 2) На стр. 14 указано, что разработана «Методика вычисления основана на подсчете количества превышений предела 1,2МН», а далее на стр. 19 (вывод 4) – 2МН. Как объяснить это противоречие?

3. Отзыв ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь (канд. техн. наук А.С. Семенов): 1) Каким образом подтверждается увеличение срока эксплуатации оборудования главной линии клетки от 3-х до 8-и лет, декларированное в положениях практической значимости и в выводах по диссертации? 2) Какова реальная оценка результатов внедрения за время эксплуатации?

4. Отзыв ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», г. Ростов-на-Дону (д-р техн. наук, проф. В.А. Соломин): 1) Почему на тахограмме, рис. 8, ускорение предварительного разгона начинается в разные моменты времени? Как определяется момент начала ускорения? 2)

Для чего предназначен и что представляет из себя блок задания лыжи и РДН на рис. 9? Информация о нём отсутствует.

5. Отзыв ФГАОУ ВО «НИТУ МИСИС», г. Москва (д-р техн. наук, проф. Ю.В. Шевырев): 1) Автор утверждает, что угловой зазор в шпиндельных соединениях изменяется в диапазоне от 2° до 5° и зафиксированы случаи его увеличения до 8° . Каким образом можно определить фактический угловой зазор в системе электропривода клетки? 2) Как формируется сигнал фактического момента двигателя, поступающий на вход наблюдателя упругого момента (рис. 11)?

6. Отзыв ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», г. Липецк (д-р техн. наук, проф. В.Н. Мещеряков): 1) В автореферате следовало бы отметить перспективные направления дальнейших исследований. Какие перспективные разработки видит автор? 2) Можно ли разработанный способ управления электроприводами применить на других прокатных станках? Для каких общепромышленных механизмов он может быть рекомендован и будет ли достигнут аналогичный технико-экономический эффект?

7. Отзыв ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань (д-р техн. наук, доц. О.В. Козелков): 1) В автореферате не представлены области предельно допустимых значений моментов двигателей главных приводов верхнего и нижнего валков и упругих моментов на шпинделях. 2) На рис. 4 не читается размерность оси ординат, что несколько затрудняет восприятие материала.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается широкой известностью их научных достижений в области систем управления электроприводов. Доктор техн. наук, доцент Феофилов С.В. является признанным специалистом в области систем автоматического управления электроприводами. Кандидат техн. наук, доцент Сухенко Н.А. – специалист в области автоматизированного привода электромеханических систем с упругими связями.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новая экспериментальная методика расчета ресурса шпинделей электроприводов, основанная на гипотезе линейного накопления устало-

стных разрушений Пальмгрена-Майнера; способ управления электроприводом, обеспечивающий снижение амплитуды упругого момента на шпинделе за счет формирования тахограмм с положительным и отрицательным ускорениями соответственно до и после захвата раската валками, согласно которому задание интенсивности торможения формируется пропорциональным скорости двигателя в момент захвата;

предложена новая научная идея, согласно которой, с целью ограничения динамического момента на шпинделе электропривода клетки толстолистого прокатного стана, после захвата раската валками осуществляется торможение двигателей с темпом, пропорциональным значению скорости в момент захвата;

доказаны увеличение ресурса электропривода клетки толстолистого прокатного стана за счет снижения динамического момента двигателя и упругого момента на шпинделе при захвате раскатов валками; перспективность внедрения разработанных технических решений на толстолистных и широкополосных прокатных станах независимо от рода тока и способа регулирования скорости электроприводов;

введены новые рекомендации по расчету ускорения в режиме разгона электропривода клетки прокатного стана перед захватом раската валками и замедления в режиме торможения с регулируемым темпом после захвата для снижения динамических нагрузок за счет предварительного замыкания углового зазора в главной линии электропривода и ограничения динамического момента путем компенсации упругих свойств электромеханической системы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана перспективность применения линейной гипотезы Пальмгрена-Майнера в практике расчета ресурса электромеханической системы клетки толстолистого прокатного стана, вносящей вклад в расширение представлений о надежности промышленных электромеханических систем;

применительно к проблематике диссертации эффективно использованы методы математического моделирования и экспериментальных исследований, выполненных на действующем прокатном стане; получены аналитические зависимости, обеспечивающие расчет остаточного ресурса при многократ-

ных нагружениях динамическим моментом, превышающим допустимые значения;

изложена идея снижения силового взаимодействия электромеханических систем вертикальной и горизонтальной клеток толстолистого стана за счет торможения электроприводов горизонтальной клетки с темпом, пропорциональным их скорости в момент захвата раската валками;

определены аналитические зависимости для расчета ускорения электропривода в режиме предразгона, достаточного для замыкания угловых зазоров перед захватом; обоснованы аналитическая зависимость и алгоритм вычисления оптимального темпа замедления в функции скорости в момент захвата;

раскрыты причины увеличения взаимодействия через металл электромеханических систем вертикальной и горизонтальной клеток в процессе прокатки с ускорением и замедлением электроприводов до и после входа раската в клетку;

изучены закономерности, уточняющие и корректирующие представления о механизме влияния амплитуды динамического момента на ресурс электромеханической системы прокатной клетки;

проведена модернизация существующего алгоритма управления электроприводами с целью снижения амплитуды упругого момента за счет кратковременного торможения с темпом, пропорциональным скорости двигателя в момент захвата раската валками; существующей математической модели для вычисления упругого момента, обеспечивающей автоматизированный расчет темпа замедления в функции величины углового зазора.

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

разработаны и внедрены в промышленную эксплуатацию на стане 5000 ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» алгоритм управления электроприводами, реализующий разработанный способ ограничения динамического момента, и наблюдатель упругого момента на шпинделях горизонтальной клетки, обеспечивающие увеличение ресурса оборудования с 3-х до 8 лет за счет ограничения динамических нагрузок при захвате раскатов валками. Ожидаемый экономический эффект от внедрения составляет 5,94 млн. руб./год;

определены применимость разработок на толстолистовых и широкополосных прокатных станах с индивидуальным электроприводом валков и на других промышленных агрегатах, работающих с ударным изменением нагрузки. Разработанная методика расчета ресурса рекомендуется для использования при эксплуатации, обосновании замены и внедрении прогрессивных методов технического обслуживания оборудования электромеханических систем агрегатов прокатного производства;

созданы система косвенного определения упругого момента на базе наблюдателя, обеспечивающего дифференцирование скорости электропривода в on-line режиме. Дополнительными функциями являются расчет ресурса шпинделя на основе подсчета количества двукратных превышений моментом двигателя номинального значения;

представлены рекомендации по расширенному внедрению выполненных разработок на агрегатах прокатного производства; предложения по дальнейшему совершенствованию разработанных методики вычисления ресурса оборудования и способа управления, направленных на снижение аварийности электромеханических систем клетей прокатных станов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

сходимость в пределах инженерной точности теоретических и экспериментальных результатов, полученных на стане 5000; адекватность результатов математического моделирования экспериментальным данным, полученным с использованием сертифицированного оборудования; воспроизводимость результатов исследований при прокатке листов различного сортамента;

теория базируется на известных положениях автоматизированного электропривода и автоматического управления, теории надежности технических систем. Теоретические исследования проводились с помощью модели, разработанной в среде Simulink пакета Matlab. Разработанная методика оценки ресурса оборудования основана на гипотезе Пальмгрена-Майнера;

идея базируется на анализе существующих решений по разработке методов и средств повышения ресурса электромеханических систем прокатных станов, на результатах экспериментов и анализе опыта эксплуатации электроприводов стана 5000;

использовано сравнение данных, полученных автором, и данных, полученных в ходе предыдущих исследований, результаты согласуются с опубликованными данными, представленными в работах российских и зарубежных ученых;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике; доказано соответствие результатов компьютерного моделирования и экспериментальных данных, получена положительная оценка итогов эксплуатации внедренных алгоритмов;

использованы современные методы имитационного моделирования с применением математического пакета Matlab/Simulink, методы прямого осциллографирования, цифровой обработки экспериментальных данных. При внедрении использовался подход, основанный на виртуальной настройке моделей объекта с последующим переносом отлаженного алгоритма в программное обеспечение управляющих контроллеров.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии на всех этапах разработок и исследований; в получении исходных данных и проведении научных экспериментов; обосновании новых научных положений; разработке способа управления электроприводом с предварительным разгоном и регулируемым темпом торможения после захвата раската валками; теоретическом обосновании и экспериментальном подтверждении снижения амплитуды упругого момента на шпинделе; разработке системы вычисления ресурса и наблюдателя упругого момента, обеспечивающего его восстановление путем дифференцирования сигнала скорости электропривода; обосновании и разработке методики расчета износа шпинделей электроприводов, обусловленного ударными нагрузками. Все результаты, приведенные в диссертации, получены либо самим автором, либо при его непосредственном участии.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

В отзыве ведущей организации:

1. При обосновании актуальности исследований следовало бы привести технико-экономические параметры, характеризующие срок службы электроме-

ханической системы, затраты на замену оборудования, убытки от простоев станна. Вероятно, они несоизмеримо больше той экономии, которая достигнута при внедрении результатов диссертации (около 6 млн руб./год)? При выпуске 1,5 миллионов тонн дорогостоящей продукции не будет ли этот экономический эффект незаметным?

2. Как следует из фотографий, приведенных на рисунке 1.2 (стр. 19), шпиндель представляет собой не однородный вал, а сложную конструкцию с переменными параметрами: длиной и углом наклона. Насколько справедливо рассматривать его, по сути, как сплошной вал? И справедливо ли с учетом этого применение формулы Майнера?

3. На стр. 18 указано, что масса прокатываемой заготовки составляет 30 т, масса рабочего вала – 63 т (табл. 2.1 на стр. 50), таким образом, эти величины соизмеримы. В диссертации не сказано, учитывалось ли при моделировании влияние переменной массы заготовки на приведенный момент инерции вала.

4. Автор неоднократно употребляет термин «подпор», который, якобы, недопустим. Этот термин не является общеизвестным, поэтому следует дать его определение, охарактеризовать условия возникновения на конкретном стане и показать последствия, к которым его возникновение может привести.

5. В диссертации и автореферате указано, что разработанная система измерения упругого момента и разработанный контроллер предназначены для подсчета количества превышений упругим моментом значения (2 МН). Следовательно, выполняется фиксация только амплитуд, имеющих двукратные (и более) превышения относительно номинального момента двигателя. Как обосновано это значение? Разве меньшие перегрузки не влияют на износ шпиндельных соединений?

6. Как с физической точки зрения объяснить разницу сроков службы шпинделей верхнего и нижнего валков в 1 год (3,5 года для нижнего и 4,5 года для верхнего шпинделей), поскольку условия захвата раскатов для них одинаковы?

В отзыве официального оппонента Феофилова С.В.:

1. В качестве цели работы заявлена «разработка комплекса научно-обоснованных технических решений, обеспечивающих повышение ресурса элек-

тромеханических систем реверсивной клетки толстолистого прокатного стана ... ». О каком комплексе решений идет речь? Дайте перечень разработанных решений, входящих в этот комплекс. Чем они объединены в рамках комплексного подхода?

2. В тексте диссертации и автореферате декларируется, что «при внедрении разработок использовался подход, основанный на создании виртуальных моделей объекта с последующим переносом отлаженного алгоритма в программное обеспечение управляющих контроллеров». Это достаточно серьезное заявление, которое не раскрыто в тексте диссертации. Данный вопрос требует дополнительного разъяснения.

3. Вызывает удивление заявление автора, сделанное в начале второй главы, о том, что «полноценного исследования влияния величины угловых зазоров на переходные процессы момента двигателя и упругого момента на шпинделе до настоящего времени не проводилось». В литературе этому вопросу уделено большое внимание, в том числе в диссертациях, на которые ссылается автор. Как объяснить это противоречие?

4. Достаточно поверхностно в диссертации рассмотрен вопрос определения углового зазора в шпиндельных соединениях. По сути, сделана ссылка на опубликованную статью. Этот вопрос является важным, поскольку может касаться различных электромеханических систем с зазорами. Почему он не представлен в диссертации?

5. На рисунке 1.11 (стр. 33) показана форма сигнала задания скорости электропривода с предразгоном и торможением после захвата. Не указано, как определяется момент начала предразгона? Как определяется момент времени начала торможения в реальной системе управления? Почему на этом рисунке разгон начинается в разные моменты времени?

6. На рисунке 4.2. (стр. 100) приведена структура разработанной информационной системы мониторинга упругого момента. Какой тип контроллера применен в системе и каковы требования к вычислительным устройствам?

7. В современных научных работах следует уделять больше внимания применению интеллектуальных алгоритмов управления. Например, следовало бы рассмотреть возможность применения нечетких алгоритмов, обучающих систем

и других методов. Безусловно, это сложные вопросы, но, по крайней мере, направления их решения следовало бы обозначить. Тем более, что, судя по публикациям автора, наработки в данном направлении есть.

В отзыве официального оппонента Сухенко Н.А.:

1. На рисунке 1.7 показана осциллограмма захвата при разомкнутых зазорах в шпиндельных соединениях. Существуют способы, и о них говорится в работе, обеспечивающие предварительное замыкание зазоров перед захватом. Почему в исследуемом случае захват осуществляется на открытый зазор, хотя это приводит к повышенным динамическим нагрузкам? Нельзя ли совсем исключить такой режим?

2. На рисунке 2.2. показана осциллограмма, демонстрирующая колебания скоростей при аварийном отключении электропривода. Не опасно ли проведение такого эксперимента с точки зрения повреждения оборудования?

3. Для достоверного обоснования представления электропривода клетки как двухмассовой системы с упругой связью следовало бы привести соотношение длины и диаметра вала механической передачи. Необходимы пояснения, как рассчитывался коэффициент жесткости упругой связи (его значение приведено в таблице 2.2). Учитываются ли при ее расчете свойства промежуточного вала, длина которого для электромеханических систем верхнего и нижнего валков различна? Соответственно, справедливо ли, что жесткость принята одинаковой?

4. Чем в Вашей работе обусловлено упрощение контура регулирования момента двигателя до инерционного звена на рис. 2.1? Насколько это корректно и как влияет на точность воспроизведения процессов при моделировании?

5. Как получен график кратности упругого момента на рисунке 3.9? Получено ли аналитическое выражение для этого графика?

6. Почему при расчете экономического эффекта использовались данные по аварии, случившейся в 2012 году, хотя соискатель утверждает, что срок службы шпинделя не превышает 4-х лет? Очевидно, что по истечении 12 лет ценовые показатели изменились, поэтому является ли расчет экономического эффекта корректным?

7. Непонятно, почему автор посвятила свою работу только анализу переходных процессов электропривода в режиме ударного приложения нагрузки. В разделе 2 проведены исследования процессов в режиме реверса без нагрузки, подтвердившие, что замыкания зазоров происходят и в этом случае. Это позволяет предположить, что предложенный способ снижения динамических нагрузок может быть адаптирован и для режимов разгона и торможения. В этом случае можно было бы дать рекомендации по применению полученных результатов, например, на реверсивных станах холодной прокатки.

В ходе заседания диссертационного совета:

1. В докладе обозначено, что полная выработка ресурса для верхнего шпинделя 4,5 года, а для нижнего 3,5 года при нормативе 8 лет. В чем разница, почему один шпиндель изнашивается быстрее, а второй медленнее, на год разница?

2. Для чего моделировался реверс электропривода, если амплитуда моментов на графике в три раза ниже амплитуды при захвате, и реверс дальше не исследовался?

3. В чем отличие вашей работы от предыдущих исследований по этой тематике, в том числе от диссертации вашего научного руководителя?

4. Чем вызвано определение аппроксимации характеристики полиномом третьего порядка?

5. Почему для вычисления ресурса шпинделя и накопления разрушений применена гипотеза Пальмгрена-Майнера? В чем её суть? По уравнению 1 на слайде 17 – это линейная гипотеза, а вы применяете эту гипотезу для нелинейных процессов, которые связаны с зазорами. Это корректно?

6. Каким образом они были получены реальные осциллограмма с объекта исследования?

7. Были ли какие-то практические проблемы при отладке и настройке наблюдателя момента?

Соискатель Гасиярова О.А. ответила на заданные ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию:

1. Да, действительно, фирма-производитель заявляет 8 лет ресурса, а по факту шпиндели работают 3,5-4,5 года. Представители изготовителя шпинделей

разбирались с этими моментами, проводили свои исследования, но здесь очевидная причина – это высокие нагрузки. Ресурс верхнего шпинделя больше по сравнению с ресурсом нижнего шпинделя. У нижнего шпинделя 3,5 года за счет того, что он работает с большими нагрузками. Также на ресурс влияют удары при входе раската в клеть.

2. Реверс исследовался для того, чтобы разработать систему управления с регулируемым темпом замедления. Здесь анализировалось влияние амплитуд моментов на динамику захвата и видно, что даже без полосы амплитуда момента в двигателе значительно возрастает с увеличением угла захвата. Здесь важны два параметра: условие захвата и темп торможения. Поэтому режим реверса был рассмотрен и представлен в докладе.

3. Ранее в диссертационных работах исследовалась прокатка с ускорением, т.е. был разработан способ с предразгоном. Это было в диссертации моего научного руководителя. В более поздних работах помимо предразгона, было реализовано торможение с постоянным замедлением. Недостатки были выявлены уже после того, как этот способ управления был непосредственно внедрен. Поэтому моя работа направлена на устранение этих недостатков.

4. Мною был выбран полином третьего порядка, он используется в системе управления. Проанализировав информацию, я пришла к выводу, что здесь подойдет именно полином третьего порядка. Можно было бы использовать и полиномы более высокого порядка, но здесь выбирался компромисс между объемом вычислений и наглядностью.

5. Мною было проанализировано несколько гипотез, за основу были взяты результаты, полученные в ранее защищенной диссертации, в которой проводился сравнительный анализ различных гипотез и была выбрана именно эта. Она используется и в металлургии, и в материаловедении, суть ее заключается в том, что обеспечивает рациональный метод учета циклов напряжения с переменной амплитудой, т.е. берется диапазон амплитуд и делится на поддиапазоны, в каждом из них амплитуда принимается постоянной и затем учитывается влияние каждой амплитуды на параметры износа и они суммируются. Эта гипотеза называется линейной только потому, что в ней применяются линейные уравнения. Мне встречались в литературе случаи применения её для передач шпиндельны-

ми, шестеренными соединениями, сварными соединениями. Конкретно с угловым зазором мне не встречалось, но здесь главное, чтобы был длинный вал и множество экспериментальных данных. Эта методика позволяет их оптимизировать.

6. Осциллограммы были сняты непосредственно со стана, данные взяты из существующей системы мониторинга.

7. Существенных проблем при настройке наблюдателя при внедрении не было.

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

На заседании 11 апреля 2025 года диссертационный совет принял решение за разработку научно-обоснованных технических решений, направленных на повышение ресурса электроприводов клетки толстолистового прокатного стана, присудить Гасияровой Ольге Андреевне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования совет в количестве 10 человек, из них 9 – докторов наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы, участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 10, против присуждения ученой степени – нет, не проголосовали – нет.

Председатель

диссертационного совета

Ученый секретарь

диссертационного совета



Корнилов Геннадий Петрович

Одинцов Константин Эдуардович

11 апреля 2025 г.