

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора
Пятибратова Георгия Яковлевича на диссертационную работу
Гасиярова Вадима Рашидовича на тему: «Совершенствование
электротехнических систем реверсивной клетки толстолистового прокатного
стана», представленную на соискание ученой степени доктора технических
наук в диссертационный совет Д 212.111.04, созданный на базе ФГБОУ ВО
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»
по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

1. Актуальность темы диссертационной работы

Особенность и актуальность работы определяется целями исследований, решаемыми задачами и рассматриваемыми объектами – толстолистовыми прокатными станами 2000 и 5000 ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ПАО «ММК»). Анализ оказал, что недостаточно эффективная работа систем автоматического управления технологическими параметрами прокатки приводит к увеличению брака и потерям металла, особенно при прокатке слябов из труднодеформируемых марок сталей. Современный уровень исследований электротехнических систем толстолистовых прокатных станов характеризуется недостаточной изученностью проблемы, обусловленной взаимным влиянием мощных электроприводов валков прокатной клетки через толстую труднодеформируемую полосу. Электромеханические системы горизонтальных и вертикальных валков клеток вместе с полосой являются инерционными объектами с переменной массой, обладающими упруго-диссипативными свойствами, что вызывает сложности в определении силовой связи и требует проведения дополнительных научных исследований.

Для повышения конкурентоспособности металлопрокатной продукции необходимо обеспечить снижение удельных затрат и повысить качество проката, которое определяется геометрическими размерами производимого листа, температурными и энергосиловыми режимами прокатки. Это требует точного соблюдения скоростного режима при обеспечении заданных обжатий.

Для повышения качества работы рассматриваемых станов необходимо повысить уровень теоретических и экспериментальных исследования электромеханических и гидравлических систем вертикальной и горизонтальной клеток при их совместной работе в динамических режимах. Это способствует развитию теории, направленной на совершенствование систем автоматического регулирования параметров прокатки, влияющих на качество и точность геометрических размеров готового листа.



2. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Соискатель учёной степени в диссертационной работе корректно использует современные научные методы для критического сравнительного анализа и сопоставления полученных результатов с известными теоретическими положениями и практическими результатами. В работе представлена оценка достоинств и недостатков существующих систем управления электротехническими комплексами станов 5000 и 2000 ПАО «ММК».

Обоснованность направлений исследований и положений, выдвинутых соискателем на защиту, базируется на комплексно выполненном теоретическом анализе, оценке опыта эксплуатации электроприводов рассматриваемых прокатных станов.

Выполнение требований по обоснованности выводов и рекомендаций обеспечивается корректностью применения методов теории прокатки и обработки металлов давлением, теории электропривода, автоматического управления и математического моделирования исследуемых систем и процессов.

Достоверность полученных диссертантом научных и экспериментальных результатов обеспечивается использованием современных апробированных теоретических методов и современных средств выполнения экспериментальных исследований. Адекватность предлагаемых математических моделей подтверждена высокой степенью соответствия расчетных зависимостей, результатов моделирования и экспериментальных исследований.

Важным показателем, подтверждающим достоверность полученных результатов и обоснованность разработок, является доказанная в процессе эксплуатации эффективность внедренных технических решений и предложенных алгоритмов управления электроприводов клеток стана 5000.

3. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций.

По моему мнению, научную новизну диссертационной работы Гасиярова В.Р. определяют следующие наиболее значимые положения и результаты исследования электромеханических и гидравлических систем прокатного стана 5000:

1. Предложены научные положения теории взаимосвязанных электромеханических систем горизонтальных и вертикальных валков прокатных станов, отличающиеся тем, что исследования выполнены с учётом взаимодействия валков через труднодеформируемую полосу при её прокатке.

2. Разработан способ управления электроприводами валков горизонтальной и вертикальной клетей с требуемой регулируемой формой

раската, отличающийся тем, что обеспечивает реализацию принципа «постоянства массы».

3. Научно обоснованы способы автоматического управления скоростными режимами электроприводов, которые отличаются тем, что обеспечивают согласование задания скоростей валков и полосы, реализуют автоматическое выравнивание нагрузок и позволяют исключить образование на конце листа «лыжи» и дефекта «серповидности».

4. Предложен способ организации управляющих воздействий на исполнительные устройства клетки, на основе которого разработана система регулирования асимметрии зазора валков, которая позволяет учитывать измерение дифференциального рассогласования усилий в исполнительных устройствах в процессе прокатки, обеспечивает формирование управляющего воздействия пропорционально измеренному рассогласованию усилий на более нагруженное устройство.

5. Обоснован способ ограничения динамических усилий механизмов при ударном приложении нагрузки на валки прокатного стана, отличающийся тем, что учитывает процесс замыкания зазоров в механических передачах, упруго-диссипативные свойства валопроводов и реальную настройку системы автоматического регулирования скорости электропривода.

Научную значимость диссертационной работы составляют полученные новые результаты теоретических и экспериментальных исследований электроприводов толстолистовых станов, имеющих силовую взаимосвязь через обрабатываемый материал при работе в установившихся и динамических режимах.

4. Практическая значимость и реализация полученных результатов

Практическая значимость диссертационной работы определяется целями и задачами исследований широкополосного толстолистового прокатного стана и результатами внедрения в опытно-промышленную эксплуатацию предложенных соискателем алгоритмов управления натяжением полосы металла в горизонтальных валках.

Основными практическими результатами выполненных теоретических и экспериментальных исследований являются разработанные технические решения, позволившие расширить сортамент проката толстолистовых и широкополосных станов. Внедрение разработанных практических рекомендаций обеспечивает снижение материалоемкости, аварийности производства и повышение качества выпускаемой продукции.

Важными показателями практической значимости полученных результатов являются разработанные автором диссертации рекомендации по реализации предложенного способа регулирования натяжения на станах 5000 и

2000 ПАО «ММК». В результате промышленного внедрения разработанных алгоритмов обеспечивается снижение динамических нагрузок механизмов и уменьшение максимальных моментов двигателей. Внедрение разработанных систем управления позволило улучшить технические показатели функционирования основных механизмов и электроприводов горизонтальных клетей прокатных станов.

Внедрённые в промышленную эксплуатацию на стане 5000 предложенные технические разработки обеспечили снижение аварийности силового электрического и механического оборудования благодаря ограничению динамических нагрузок механизмов в режиме захвата металла валками.

Основные положения и результаты диссертационной работы и предлагаемые технические решения могут быть рекомендованы для промышленного применения на других широкополосных прокатных станах горячей прокатки.

Программы расчета нагрузочных режимов могут быть рекомендованы для применения при прокатке новых сортов металлов из труднодеформируемых марок стали.

Разработанная математическая модель может быть рекомендована научным и проектным организациям для исследования работы взаимосвязанных электроприводов прокатных станов.

5. Оценка содержания работы, соответствие диссертации и автореферата установленным критериям

Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы из 330 наименований. Работа изложена на 331 странице основного текста и имеет четыре приложения объемом 28 страниц.

Структура диссертации отличается логической последовательностью изложения материала. Работа хорошо иллюстрирована (119 рисунков и 44 таблицы) и качественно оформлена. Каждый раздел диссертационной работы представляет законченную часть и имеет самостоятельное значение при решении поставленных задач.

Автореферат соответствует диссертационной работе по всем квалификационным признакам: по цели, задачам исследования, основным положениям, определениям актуальности, новизны, научной и практической значимости.

Научные результаты диссертационной работы опубликованы в 59 научных трудах, в том числе одной монографии. Основные результаты диссертации представлены в 16 статьях, опубликованных в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, а также в 29 статьях, опубликованных в изданиях, входящих в базы данных Web of Science и Scopus, в том числе в 2 изданиях,

входящих во II квартиль. Получен патент РФ на изобретение, зарегистрированы 2 программы для ЭВМ. Результаты исследований докладывались и обсуждались на 27 конференциях международного уровня. Опубликованные научные работы соответствуют теме диссертационной работы и с достаточной полнотой отражают ее содержание, основные результаты и выводы.

Основные положения, выводы и результаты диссертационной работы Гасиярова В.Р. соответствуют поставленным задачам исследований и сформулированы автором содержательно. В них отражена научная новизна и практическая ценность выполненных исследований.

Разработанные предложения по совершенствованию рассматриваемых систем и рекомендации, представленные в диссертационной работе, обоснованы, выполнено их сравнение с известными методами и способами создания современных электротехнических систем клеток толстолистовых прокатных станов.

В диссертации представлены материалы по внедрению и практическому применению полученных автором научных результатов. Выполнено обобщение результатов экспериментальных исследований и опытно-промышленной эксплуатации, приведена оценка технико-экономической эффективности разработанных технических решений.

Заявленная автором диссертации цель работы – развитие теоретических положений и разработка комплекса научно-обоснованных технических решений, направленных на совершенствование автоматизированных электротехнических систем толстолистовых прокатных станов, обеспечивающих расширение сортамента, снижение материалоемкости и улучшение качества проката – реализована выполненными исследованиями и полностью раскрыта в тексте диссертационной работы, в автореферате и научных публикациях.

В диссертационной работе соискателем разработаны научно обоснованные технические решения, обеспечивающие снижение аварийности электромеханических систем реверсивной клетки толстолистового прокатного стана благодаря ограничению динамических нагрузок электроприводов, обусловленных упругими колебаниями в механических передачах и валопроводах горизонтальных валков при выборе зазоров шпинделей.

Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выносимые на защиту, что свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Предложенные автором диссертации решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями по рассматриваемой теме.

Выводы, сформулированные Гасияровым В.Р. по результатам выполненной работы, достаточно полно отражают научную и практическую ценность

проведенных исследований по разработке и реализации способов, обеспечивающих снижение амплитуды колебаний упругого момента благодаря согласованию скоростей электроприводов горизонтальной и вертикальной клетей при совместной прокатке металла.

Тема и содержание диссертации Гасиярова В.Р. соответствуют паспорту специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы (далее выделено курсивом по тексту паспорта):

– по направлению исследования, связанному с совершенствованием алгоритмов управления электроприводами толстолистовых прокатных станов как элементами электротехнических комплексов и систем и реализующему получение существенных научно-технических результатов по *«... общим закономерностям ... использования электрической энергии и электротехнической информации, а также принципы и средства управления объектами,... определяющие функциональные свойства действующих или создаваемых электротехнических комплексов и систем промышленного... назначения»;*

– по объектам изучения – электроприводам реверсивной клетки толстолистостанов как элементам *«электротехнических комплексов и систем ... электропривода и электрооборудования ... промышленных ... предприятий»*, которые *« ... являются неотъемлемыми составными частями систем более высокого уровня... и должны обеспечивать эффективное и безопасное функционирование этих систем в широком диапазоне внешних воздействий»*.

– по области исследования:

Пункт 1 *«Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение системных свойств и связей, математическое ... моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем»*.

Пункт 3 *«Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления»*.

Пункт 4 *«Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях»*.

В диссертации приведены сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов по совершенствованию электромеханических систем валков реверсивных клетей толстолистовых прокатных станов.

Построение и редакционное оформление диссертации и автореферата соответствуют требованиям, предъявляемым к данным документам. Стиль изложения диссертации корректен с научной и технической точки зрения.

В диссертационной работе соискатель учёной степени ссылается на авторов и источники заимствования материалов или отдельных результатов, а также на свои собственные публикации.

Диссертационная работа Гасиярова В.Р. представляет завершённую научно-квалификационную работу. Структура диссертации построена в строгой последовательности с решением сформулированных задач. В результате полностью раскрыта научная и техническая сущность решаемой проблемы, определены направления дальнейших исследований.

6. Дискуссионные положения и замечания по диссертационной работе и автореферату

Требует пояснения представленный метод прогнозирования теплового состояния электродвигателей верхнего и нижнего валков толстолистного стана. Какая при этом использовалась математическая модель нагрева двигателя?

На стр. 163 диссертации указано, что различие нагрузок двигателей верхнего и нижнего валков, определённое по значениям эквивалентного момента, составило 40 %, однако определение загрузки этих же двигателей по их среднеквадратичным значениям тока составило только 18,8 %. Различие составляет более чем в два раза. При этом указывается, что относительная ошибка расчёта составила 6 – 8 %. Требует объяснения расхождение полученных результатов, а также уточнение относительно каких значений переменных и как определялась ошибка.

На стр. 211 – 212 указано, что в системе управления с упреждением, реализованной с применением пропорционально – дифференциального регулятора (ПД – регулятор) исключается статическая ошибка. Это требует пояснения.

Не понятно, как в представленной математической модели наблюдателя момента в упругом элементе учитываются инерционные свойства рабочих и опорных валков, а также прокатываемой полосы.

На стр. 245 и рис 6.17 максимальное значение упругого момента, полученного с наблюдателя на 0,017 с опережает соответствующий сигнал, полученный с датчика упругого момента. В то же время момент двигателя, который используется для работы наблюдателя на 0,15 – 0,2 с отстает от момента в упругом элементе, что видно из осциллограмм реальных процессов, приведенных на рис. 6.3 и рис. 6.14. Это противоречие требует пояснения.

На стр. 249 соискатель на основании анализа ЛАЧХ исследуемой системы делает вывод о повышении быстродействия четырёхконтурной системы подчинённого регулирования координат в двухмассовой электромеханической системе по сравнению с двухконтурной системой с абсолютно жёсткими механическими передачами. Необходимо пояснить, за счёт чего получен такой

результат, который противоречит теории соподчинения быстродействия контуров в системах подчинённого регулирования электроприводов.

Наибольшая составляющая экономического эффекта получена от внедрения системы снижения динамических нагрузок в валопроводах главных электроприводов горизонтальной клетки стана 5000. При этом на стр. 281-282 указано, что после внедрения предложенных алгоритмов управления ожидаемый срок эксплуатации шпинделей увеличится с 3 до 8 лет. Как было определено возможное увеличение времени работы шпинделя прокатного стана на 5 лет?

7. Заключение

Диссертационная работа Гасиярова В. Р. является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне и обладает признаками актуальности, новизны и практической значимости. В ней изложены новые научно-обоснованные технические решения по созданию и практической реализации способов повышения качества работы электротехнических систем валков реверсивных клеток толстолистовых прокатных станов, внедрение которых носит значительный вклад в развитие страны. Представленная диссертационная работа «Совершенствование электротехнических систем реверсивной клетки толстолистового прокатного стана» соответствует критериям п.п. 9 – 14 Положения о присуждении ученых степеней, а её автор Гасияров Вадим Рашидович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент
доктор технических наук,
профессор, профессор
кафедры «Электроснабжение
и электропривод»
ЮРГПУ (НПИ)

Георгий Яковлевич Пятибратов
16 февраля 2021 г.

Подпись Пятибратова Г. Я. заверяю:
Ученый секретарь ученого
совета ЮРГПУ (НПИ)

Н.Н. Холодкова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (ЮРГПУ (НПИ))

346428, Россия, Ростовская область, г Новочеркасск, ул. Просвещения, 132.

тел.: +7 (8635)255 210,

адрес сайта: <https://www.npi-tu.ru>

E-mail: rektorat@npi-tu.ru, G.pyatibratov@mail.ru.