

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.298.05,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего
образования Российской Федерации,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 03 февраля 2022 г. №2022-2

О присуждении Воронину Станиславу Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование электротехнических систем клетки толстолистного прокатного стана в режиме регулируемого изменения формы раската» по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 01 декабря 2021 г. (протокол заседания № 16) диссертационным советом Д 212.298.05, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, пр-т им. В.И. Ленина, 76; приказ о создании диссертационного совета – № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Воронин Станислав Сергеевич, «19» августа 1990 года рождения, в 2012 г. окончил Национально-исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов» по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств». В 2016 году окончил обучение в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». В настоящее время соискатель работает в должности старшего преподавателя кафедры электропривода и мехатроники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования РФ на кафедре «Мехатроника и автоматизация».

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Гасияров Вадим Рашитович, в настоящее время не работает.

Официальные оппоненты:

1. Кравченко Олег Александрович, доктор технических наук, профессор, и.о. ректора федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет», г. Тула;

2. Хакимьянов Марат Ильгизович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой электротехники и электрооборудования предприятий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, в своём положительном отзыве, подписанном кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок Костылевым А.В. и утверждённом доктором технических наук, профессором, проректором по науке Германенко А.В. указала, что выбранное направление исследования имеет существенные перспективы дальнейшего развития и находится в тренде проводимых исследований, а диссертационная работа Воронина Станислава Сергеевича по объёму исследований, их глубине, научной и практической значимости удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата наук согласно «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 №842), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 17 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 13 работ.

Наиболее значимые публикации по теме диссертации:

1. Гасияров, В.Р. Повышение точности регулирования толщины раската в режиме профилированной прокатки средствами электро- и гидропривода / В.Р. Гасияров, Б.М. Логинов, С.С. Воронин // Электротехнические системы и комплексы. – 2019. – № 2(43). – С. 43–53. DOI 10.18503/2311-8318-2019-2(43)-43-53. (авт. доля 4 стр.)

2. Гасияров, В.Р. Разработка цифровых алгоритмов управления приводами мехатронной системы реверсивной клетки толстолистового прокатного стана / В.Р.

Гасияров, Б.М. Логинов, С.С. Воронин, М.А. Зинченко // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 122–139. DOI: 10.14529/power210113 (авт. доля 5 стр.)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород, отзыв подписан профессором кафедры «Управление инновационной деятельностью», доктором технических наук, профессором Федоровым О.В. с замечаниями: 1. Структурная схема САРТ с упреждающим регулированием толщины, показанная на рисунке 5, содержит недостаточно пояснений к переходным функциям блоков, сами же надписи внутри блоков имеют слишком мелкие для чтения обозначения. 2. В главе 2 указано, что профиль «кость» в разработанной системе формируется с более высокой точностью, чем при реализации проектного алгоритма управления НУ. Не указано, каким образом представленный алгоритм отражается на быстродействии работы самого привода. Проводились ли подобные исследования? 3. На основании каких данных сделано заключение, что произошло снижение перерегулирования и исключение колебаний момента при захвате металла валками, показанное на рисунке 10?

2. ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», г. Ульяновск, отзыв подписан доцентом кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», кандидатом технических наук, Домановым В.И. с замечаниями: 1. В автореферате не указан тип используемого электропривода. 2. На рис. 3 автореферата процессы а и б достаточно схожи, что затрудняет оценку эффективности предлагаемого решения.

3. ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», г. Комсомольск-на-Амуре, отзыв подписан профессором кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», доктором технических наук, профессором Соловьёвым В.А. с замечаниями: 1. Приведенный в автореферате рис.5 практически не читаем, что затрудняет восприятие материала 2. Используемый автором термин «обратная связь по сигналу задания» с точки зрения теории управления вызывает вопрос. 3. Приведенная автором экономическая оценка эффективности без обоснования и соответствующего расчета выглядит не совсем корректно.

4. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва, отзыв подписан профессором кафедры «Энергетика и энергоэффективность горной промышленности», доктором технических наук, доцентом Шевыревым Ю.В. с замечаниями: 1. В автореферате отсутствует информация по

возможностям регулирования скорости на стане (диапазон, точность и т.д.). Поэтому не понятно, как используется предложенный автором способ управления на реальном объекте. 2. Не ясно, с какой точностью были сняты осциллограммы со стана? Достаточно ли этой точности для подтверждения результатов исследований? 3. На рисунке 5 имеются нечеткие надписи, что осложняет понимание структурной схемы

5. ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь, отзыв подписан заведующим кафедрой микропроцессорных средств автоматизации, доктором технических наук, доцентом Петроченковым А.Б. с замечаниями: 1. Алгоритм, результаты которого представлены на рисунке 9, требует значительного объема вычислений. Насколько реально подобный алгоритм можно реализовать в онлайн режиме с учетом уже имеющейся (существующей) нагрузки на АСУ ТП стана? 2. В автореферате рассмотрена концепция ASC профилирования широких граней раската горизонтальными валками. Далее в тексте автореферата информация об этой концепции отсутствует. Для чего используется эта концепция?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается публикациями авторов по заданной тематике. За последние 5 лет имеются публикации: доктор технических наук, профессор Кравченко О.А. – 5 публикаций в изданиях из перечня ВАК, 2 публикации в изданиях, индексируемых в Scopus; доктор технических наук, доцент Хакимьянов М.И. – 6 публикаций в изданиях из перечня ВАК, 4 публикации в изданиях, индексируемых в Scopus; ведущая организация – 5 публикаций в изданиях из перечня ВАК, 10 публикаций в изданиях, индексируемых в Scopus. Сотрудниками ведущей организации являются ученые и специалисты, научная деятельность которых проходит в области электротехнических систем прокатных станов: кандидат технических наук, доцент Костылев А.В., доктор технических наук, профессор Зюзев А.М. и др.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан новый способ ограничения динамических нагрузок электроприводов горизонтальной клетки, согласно которому величина зазора валков до захвата устанавливается на уровне, близком к толщине головной части раската, а после захвата возвращается в положение, заданное программой обжатий,

предложена имитационная модель взаимосвязанных электромеханических систем клеток стана 5000 и гидравлических нажимных устройств горизонтальной клетки в структуре системы автоматического регулирования толщины;

доказана экспериментальными результатами и внедрением в программное обеспечение АСУ ТП реверсивной клетки стана 5000 ПАО «ММК» перспективность

использования разработанного алгоритма ограничения динамических нагрузок, снижающего перерегулирование и колебания момента на валу двигателя;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что прокатка с профилированием широких граней раската горизонтальными валками является эффективным способом улучшения геометрии листового проката;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы оптимизации функций, методы математического моделирования, испытания на оборудовании толстолиствого прокатного стана;

изложена идея реализации средствами гидро- и электропривода формирования двойного конического профиля толщины «собачья кость», что позволяет компенсировать отклонение формы раската от прямоугольной;

раскрыты особенности воздействия на электроприводы горизонтальной клетки при прокатке в приводных валках постоянного радиуса с изменяющимся межвалковым зазором в процессе деформирования металла;

изучены аналитические зависимости для расчета энергосиловых параметров и опережения в проходах с профилированной прокаткой;

проведена модернизация алгоритмов ограничения силового взаимодействия электромеханических систем горизонтальной и вертикальной клеток прокатного стана, суть которого заключается в согласовании скоростей электроприводов за счет динамической компенсации управляющих и возмущающих воздействий с передачей регулирующего воздействия против направления прокатки.

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

разработаны и внедрены новые алгоритмы управления зазором между валками до и после захвата на стане 5000 ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат», что позволило повысить долговечность оборудования главной линии горизонтальной клетки за счет сокращения количества аварий;

определены перспективы использования результатов исследования по расчету энергосиловых параметров прокатки и опережения в проходах с профилированием, способы управления электрическими и гидравлическими приводами для внедрения на действующих толстолистных прокатных станах;

создан перечень практических рекомендаций для толстолистовых станов в виде уточненных аналитических зависимостей для расчета энергосиловых параметров прокатки и опережения в проходах с профилированием раскатов горизонтальными валками;

представлены практические результаты, подтверждающие повышение точности и увеличение быстродействия регулирования толщины в режиме перемещения нажимных устройств при реализации разработанного алгоритма с предупредлением.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на толстолистовом прокатном стане 5000 ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат»;

теория построена на известных проверяемых результатах и согласуется с опубликованными данными, представленными в работах российских и зарубежных ученых;

идея базируется на комплексе технических решений, обеспечивающих совершенствование концепции профилированной прокатки за счет алгоритмов управления, т.е. без капитальных затрат;

использованы авторские данные и данные, полученные в трудах В.Р. Гасиярова, А.С. Карандаева, Б.М. Логинова, а именно, – алгоритмы регулирования толщины и профиля зазора валков реверсивной клетки толстолистового прокатного стана;

установлено качественное совпадение результатов моделирования и экспериментальных испытаний способа упреждающего регулирования зазора валков, обеспечивающего ограничение динамических моментов в валопроводах горизонтальной клетки за счет увеличения зазора валков перед захватом с последующим возвращением в заданную позицию;

использованы современные компьютерные программы для расчёта и моделирования электротехнических систем толстолистового прокатного стана, средства и методы измерения для снятия осциллограмм с электро- и гидроприводов горизонтальной клетки стана 5000.

Личный вклад соискателя состоит в:

в получении исходных данных и проведении научных экспериментов; разработке системы автоматического регулирования толщины с упреждающим регулированием; обосновании аналитических зависимостей для расчета энергосиловых параметров и опережения при профилированной прокатке; создании имитационной модели электромеханических систем клеток стана, включающей электроприводы, гидравлические нажимные устройства, а также контуров регулирования положения приводов; поиске

способа ограничения динамических нагрузок при захвате металла валками. Все результаты, приведенные в диссертации, получены либо самим автором, либо при его непосредственном участии.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. В разработанной системе автоматического регулирования толщины листа некорректно использован термин «положительная обратная связь по задающему сигналу»;

2. Не представлено доказательство работоспособности системы регулирования толщины при разных скоростях прокатки и толщины листа, кроме этого, нет обоснования использования коэффициентов, введенных в блок «предуправления заданием зазора»;

3. В разработанных соискателем моделях следовало бы учитывать свойства металла, например, его упругость;

4. В работе используется классическая модель двигателя, которая не позволяет корректно осуществить моделирование синхронных приводов, установленных на стане.

Соискатель Воронин Станислав Сергеевич ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Согласен, в терминологии была допущена неточность. В зарубежной литературе можно встретить термин «Feedforward», дословно, «прямая связь», который употребляется довольно часто. В работе предложена замкнутая система автоматического регулирования с прямой связью по сигналу задания толщины. Термин «обратная связь» следовало бы заменить на «прямая связь»;

2. Формирование профиля листа выполняется только в одном проходе при протяжке или разбивке ширины, поэтому для чистовых проходов, где толщина металла меньше, а скорости электроприводов выше, моделирование не проводилось. Исследование системы регулирования толщины при профилированной прокатке выполнялось для всех требуемых диапазонов скоростей и толщин. Коэффициент, описывающий отношение изменения зазора от изменения толщины, зависит от модулей жесткости клетки и полосы. При формировании задания на регулятор зазора (положения нажимных устройств) заданное отклонение толщины умножается на этот коэффициент;

3. Свойства металла учитываются в системе автоматического регулирования зазора, например, сигнал задания на регулятор перекося формируется с учетом модуля упругости полосы, а фактический раствор валков во время прокатки рассчитывается с учетом модуля жесткости клетки и модуля жесткости полосы;

4. На стане используется частотное регулирование электроприводами, быстродействие при таком управлении такое же, как и в системах с коллекторным

двигателем постоянного тока. Такое регулирование осуществляется на стане за счет использования современных преобразователей частоты. Поэтому выбранная модель электродвигателя подходит для исследований в рамках поставленных в работе задач.

На заседании 03 февраля 2022 г. диссертационный совет принял решение за совершенствование электротехнических систем клетки толстолистового прокатного стана в режиме регулируемого изменения формы раската присудить Воронину Станиславу Сергеевичу учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 5 – докторов наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы», участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту **НЕТ** человек, проголосовали: за – 14, против – 1.

Заместитель председателя
диссертационного совета

И.о. ученого секретаря
диссертационного совета
03.02.2022 г.



Сидоров Александр Иванович

Богданов Андрей Владимирович