



**Уральский
федеральный
университет**

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ)

ул. Мира, 19, Екатеринбург, 620062, тел.: +7 (343) 375-45-07
контакт-центр: +7 (343) 375-44-44, 8-800-100-50-44 (звонок бесплатный)
e-mail: rector@urfu.ru, www.urfu.ru
ОКПО 02069208, ОГРН 1026604939855, ИНН/КПП 6660003190/667001001

УТВЕРЖДАЮ

11.08.2026 № 01.01-07/740
На № _____ от _____

Первый проректор ФГАОУ ВО
«Уральский федеральный
университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина»
(УрФУ),

доктор экономических наук; кандидат
физико-математических наук, доцент

С.В. Кортков.
2026 г.



О Т З Ы В

ведущей организации на диссертацию Чан Дык Хиеу на тему: «Цифровые автоматизированные системы для литья и прокатки алюминиевых сплавов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

1. Актуальность темы диссертации.

Диссертационная работа Чан Дык Хиеу посвящена актуальной научно-технической задаче повышения эффективности совмещенного процесса литья и прокатки алюминиевых сплавов путем разработки цифровых автоматизированных систем контроля и управления температурным режимом и химическим составом расплава.

Актуальность исследования обусловлена тем, что качество листовой заготовки, стабильность структуры и энергоэффективность производства во многом зависят от точности

управления тепловыми и технологическими параметрами при бесслитковой прокатке. Данный процесс является перспективной альтернативой традиционной прокатке из слитка, однако его реализация осложняется нестационарным теплопереносом, высокой скоростью кристаллизации, изменением состава расплава и чувствительностью заготовки к температурным градиентам.

Существующие системы управления основаны на статических моделях и экспертных настройках, недостаточно учитывающих фазовые превращения, скрытую теплоту кристаллизации, инерционность процесса теплообмена и запаздывание сигналов. В связи с этим разработка цифровой платформы с дополнительными точками контроля, математической моделью теплового состояния и алгоритмами прогнозирующего регулирования является обоснованной и своевременной.

2. Научная новизна диссертации.

Научная новизна работы заключается в разработке цифровых методов контроля и управления совмещенным процессом литья и прокатки алюминиевых сплавов, основанных на математическом моделировании нестационарных тепловых процессов и согласовании температурного режима с изменением химического состава расплава. Эти методы позволяют прогнозировать оптимальные управляющие воздействия с учетом инерционности теплового объекта и запаздывания сигналов, обеспечивая более точное формирование структуры и качества листовой заготовки.

Особое значение имеют обоснованные критические зоны температурных градиентов, согласование контроля химического состава сплавов Al-Fe-Si-Mn с режимами литья и прокатки, а также предложенная структура цифровой автоматизированной системы с модулями мониторинга, оптимизации и управления. Все это расширяет функциональность существующих АСУ ТП, повышает энергоэффективность, стабильность и механические свойства продукции, переходя от описательного анализа к расчетному и прогнозирующему управлению технологическим процессом.

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

Обоснованность выводов и рекомендаций диссертации обеспечивается ясной постановкой целей и задач исследования, логической последовательностью анализа и использованием современных методов: сравнительного анализа, математического моделирования, численных экспериментов и промышленной проверки. Рассмотрены

существующие технологии литья и прокатки алюминиевых сплавов, ограничения применяемых АСУ ТП, тенденции развития цифровых систем управления, а также особенности кристаллизации и формирования структуры заготовки, что обеспечивает соответствие методологии предмету исследования.

Математическая модель температурного режима учитывает нестационарную теплопроводность, скрытую теплоту кристаллизации, изменение теплоемкости и теплопроводности в двухфазной зоне, контактный и конвективный теплообмен между расплавом, полосой и валками-кристаллизаторами. Достоверность результатов подтверждена промышленными измерениями, данными термопар, сравнением расчетных и экспериментальных температур, а также апробацией алгоритмов и программных модулей, что подтверждает применимость модели для инженерного анализа и настройки автоматизированной системы управления.

4. Научные результаты, их ценность.

По результатам диссертационной работы получены ключевые научные и практические результаты. Выполнен анализ технологий литья и прокатки алюминиевых сплавов, выявлены ограничения традиционных схем управления и показана необходимость цифровых моделей контроля. Разработана математическая модель температурного режима зоны контакта «расплав – валки-кристаллизаторы», учитывающая фазовые превращения, скрытую теплоту кристаллизации и температурную зависимость свойств сплавов, а также предложены дополнительные точки контроля и алгоритм прогнозируемого управления процессом.

Создано программное обеспечение для интеграции цифровой модели в АСУ ТП, обеспечивающее визуализацию, хранение данных и поддержку принятия решений оператором. Разработан подход к контролю химического состава сплавов Al-Fe-Si-Mn с согласованием с температурным режимом, что повышает стабильность структуры, механические свойства заготовки и снижает риск дефектов. Результаты опубликованы в научных изданиях и подтверждены государственной регистрацией программ для ЭВМ, создавая единую научно-техническую основу для комплексного цифрового управления процессом литья и прокатки.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации.

Теоретическая значимость диссертации состоит в развитии научных представлений о нестационарных тепловых процессах при бесслитковой прокатке алюминиевых сплавов, в уточнении условий формирования температурных полей в зоне «расплав – валки –

кристаллизаторы» и в обосновании возможности применения прогнозируемых алгоритмов управления для тепловых объектов с запаздыванием.

Предложенная модель позволяет рассчитывать температурное состояние заготовки и валков-кристаллизаторов, выявлять критические режимы кристаллизации и оценивать влияние скорости литья, интенсивности охлаждения, температуры расплава и свойств сплава на качество формируемой полосы. Полученные результаты исследований дополняют теоретические основы автоматизации металлургических процессов, в которых фазовые превращения и теплообмен протекают в условиях высокой динамичности.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанных алгоритмов и программных модулей при модернизации АСУ ТП агрегатов бесслитковой прокатки, производстве листовой заготовки и алюминиевой фольги, а также при выборе рациональных режимов литья, охлаждения и прокатки. Разработанные решения могут использоваться для повышения стабильности процесса, снижения доли брака, повышения качества поверхности и механических свойств заготовок.

6. Рекомендации по использованию результатов работы.

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы на предприятиях алюминиевой промышленности, осуществляющих производство листовых заготовок, полосы и фольги методом совмещенного литья и прокатки, а также на предприятиях, планирующих модернизацию существующих АСУ ТП с применением цифровых моделей и прогнозируемых алгоритмов управления.

Предложенные математические модели и алгоритмы целесообразно применять при проектировании новых и реконструкции действующих агрегатов бесслитковой прокатки, выборе мест установки дополнительных температурных датчиков, настройке режимов охлаждения валков-кристаллизаторов, разработке регламентов контроля химического состава алюминиевых сплавов и создании программных модулей систем поддержки принятия решений оператора.

Отдельные положения работы могут быть использованы научно-исследовательскими организациями и вузами при проведении исследований в области цифровизации металлургических процессов, моделировании теплопереноса, разработки систем предиктивного управления и автоматизированного контроля качества заготовок. Практическое применение результатов возможно как в российских, так и во вьетнамских производственных условиях.

7. Замечания и вопросы по работе.

В целом диссертационная работа выполнена на высоком научно-техническом уровне, однако по ее содержанию можно сформулировать ряд замечаний и вопросов, требующих дополнительного пояснения или дальнейшего развития:

7.1. В разделах 2.2 и 2.3 автором разработана и верифицирована математическая модель температурного режима зоны контакта «расплав – валки-кристаллизаторы». Вместе с тем требует более четкого обозначения область применимости разработанной математической модели и программного модуля, включая диапазоны скоростей литья, расхода охлаждающей воды, температуры перегрева расплава, а также ограничения при пусковых и переходных режимах работы агрегата бесслитковой прокатки.

7.2. При описании интеграции программного модуля в действующие АСУ ТП желательно более понятно пояснить, каким образом система взаимодействует с существующим промышленным программным обеспечением.

7.3. Как осуществляется контроль качества входных данных от датчиков? Как проводится валидация результатов модели на практике?

7.4. В перспективе полезно более подробно пояснить, как результаты анализа химического состава используются в управлении процессом при наличии небольшой задержки измерений.

7.5. В разделе 4.4 приведена оценка экономической эффективности проекта. Вместе с тем требуется более подробно раскрыть исходные предпосылки расчета экономического эффекта, включая объем производства, стоимость энергоресурсов, снижение доли брака и ориентировочный срок окупаемости внедрения системы.

Указанные замечания носят уточняющий и рекомендательный характер. Они не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, ее научной новизны, теоретической значимости и практической ценности.

8. Заключение по диссертации.

Диссертация «Цифровые автоматизированные системы для литья и прокатки алюминиевых сплавов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении

