

УТВЕРЖДАЮ

Ректор федерального государственного
бюджетного образовательного

учреждения высшего образования
«Череповецкий государственный университет»,
кандидат педагогических наук, доцент



 О.Ю. Лягинова

« 05 » марта 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу
Климачева Сергея Александровича

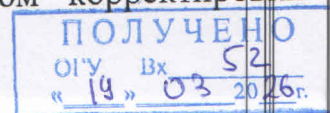
на тему: «Опτικο-электронная система контроля качества листового металлопроката со средствами интеллектуальной поддержки решений по устранению дефектов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)

1. Актуальность темы диссертации

Политика технологической независимости Российской Федерации повысила актуальность разработки цифровых решений и их внедрения в различные отрасли промышленности, в том числе в производство проката цветных металлов.

Использование цветных металлов в высокотехнологичных и критически важных производствах характеризуется повышением требований к качеству готовой продукции при уменьшении толщины проката. В этих условиях значительно возросло влияние на процесс холодной обработки металла давлением факторов внешней среды, таких как случайный характер физико-механических свойств заготовки, техническое состояние прокатного оборудования, влияние человеческого фактора, приводящих к наличию поверхностных дефектов металлопроката.

Часть дефектов, выявленных оптико-электронной системой контроля качества (ОЭСКК), может быть устранена посредством корректировки



параметров на реверсном этапе прокатки. При этом оператор прокатного стана, работающий в условиях дефицита времени, не всегда справляется с такой задачей. Таким образом, в данной диссертационной работе автор решает важную научно-техническую задачу, направленную на развитие знаний в области средств поддержки принятия решений (СППР) по изменению задающих параметров прокатки, применяемых в составе ОЭСКК, для устранения поверхностных дефектов листового металлопроката, что позволит повысить эффективность существующих систем контроля качества и избежать проблемы снижения производительности прокатного стана.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна

Достоверность научных положений работы основана на используемой методологической базе исследования и обеспечивается обоснованностью принятых ограничений при разработке математического аппарата, сходимостью результатов исследования с экспериментальными данными и использованием общепринятых методов теории систем и системного анализа, теории автоматизированного управления, теории принятия решений, методов цифровой обработки изображений, искусственного интеллекта и исследования операций.

Научная новизна результатов диссертационной работы заключается в разработке специального математического и алгоритмического обеспечения средств поддержки принятия решений по управлению процессом устранения дефектов проката, включающего:

- методику поддержки принятия решений по устранению дефектов поверхности листового материала при холодной обработке металла давлением, отличающуюся моделированием области дефектов проката с расширенным набором признаков и учетом воздействия факторов внешней среды, оказывающих влияние на качество поверхности проката и особенности типа дефектов;

- модель изменения состояний поверхности листового металла в процессе прокатки, отличающуюся учетом воздействия факторов, оказывающих влияние на качество поверхности проката: качества заготовки, технического состояния прокатного оборудования, влияния человеческого фактора;

- алгоритм поддержки принятия решений по устранению дефектов поверхности листового металлопроката, отличающийся использованием множества Парето-оптимальных альтернатив устранения дефектов и выбором лучшей альтернативы по критерию уровня дефектности, оцениваемого на основе признаков изображения области дефекта по многопараметрической модели изменения состояний поверхности металлопроката.

3. Значимость результатов, полученных автором, для науки и практики

Теоретическая значимость результатов диссертационной работы заключается в разработке методики, моделей и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений по управлению процессом устранения дефектов листового металлопроката в условиях воздействия внешней среды. Основные теоретические результаты отражены в отчетах госбюджетной НИР «Развитие цифровых технологий информационно-телекоммуникационных систем» (№ государственной регистрации АААА-А18-118102690042-6).

Практическая ценность заключается в разработанном программном средстве интеллектуальной поддержки принятия решений по управлению процессом устранения дефектов листового металлопроката, являющемся расширением специального программного обеспечения оптико-электронной системы контроля качества готовой продукции, что подтверждено свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Полученные автором результаты позволили повысить эффективность использования ОЭСКК листовых материалов при холодной обработке металла давлением, экспериментальные исследования показали, что внедрение средств поддержки принятия решений может способствовать уменьшению среднего количества дефектов типа «отпечатки» на 47 %, «царапина» – на 43 %, «риска» – на 42 %.

4. Публикация основных результатов исследования, реализация результатов работы

Теоретические и прикладные результаты отражены в 14 печатных работах, в том числе в 3 работах, опубликованных в рецензируемых изданиях

из «Перечня...» ВАК. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на 83-й Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы современной науки, техники и образования» (г. Магнитогорск, 2025 г.), II Всероссийской научно-практической конференции «Программное обеспечение для цифровизации предприятий и организаций» (г. Магнитогорск, 2024 г.), VII Всероссийской научной конференции с международным участием «Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения» (г. Тольятти, 2024 г.), 82-й Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы современной науки, техники и образования» (г. Магнитогорск, 2024 г.), XIX Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления» (г. Томск, 2023 г.), Всероссийской научно-технической конференции «Современные научно-исследовательские и технологические аспекты программной инженерии» (г. Оренбург, 2023 г.), Международной научно-технической конференции «Научная сессия ТУСУР-2022» (г. Томск, 2022 г.), Всероссийской научно-практической конференции «Наука и образование – 2021» (г. Мурманск, 2021 г.), VI Всероссийской научно-практической конференции «Инженерные технологии: традиции, инновации, векторы развития» (г. Абакан, 2020 г.), Всероссийской научно-практической конференции «Университетская наука: решения и инновации» (г. Оренбург, 2018 г.).

Результаты диссертации внедрены в практику ООО «ГЗОЦМ «Гайская медь» и учебный процесс ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет».

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Предложенную в диссертации методику и алгоритм поддержки принятия решений по устранению дефектов поверхности листового материала при холодной обработке металла давлением, модель изменения состояний поверхности листового металла в процессе прокатки рекомендуется использовать:

– на предприятиях по производству листовых материалов АО «Русская медная компания», АО «Русский Алюминий» и др. для повышения эффективности автоматизированного контроля качества продукции;

– в научных организациях для проведения исследований в области развития методов поддержки принятия решений и неразрушающего контроля качества листовых материалов;

– в образовательных учреждениях для изучения дисциплин «Автоматизация технологии разработки программного обеспечения», «Исследование операций», «Теория систем и системный анализ» направления 09.04.04 Программная инженерия.

6. Содержание диссертации и ее завершенность

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 95 наименований, двух приложений и содержит 111 страниц текста, 47 рисунков и 11 таблиц. Структура диссертации отражает решение поставленных в диссертационной работе задач, обеспечивая достижение цели диссертационного исследования.

Области исследования соответствуют паспорту специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»:

п. 2 – формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта; п. 3 – разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта; п. 4 – разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта; п. 5 – разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

Во введении обоснованы актуальность и значимость диссертационной работы, дана характеристика степени изученности исследуемой проблемы и подходов к её решению, определены объект, предмет, цель и задачи исследования, отражены научная новизна и практическая ценность полученных результатов, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен анализ существующей структуры и характеристик ОЭСКК поверхности листового проката цветных металлов. Рассмотрены разработки ОЭСКК поверхности листового металлопроката и примеры использования средств поддержки принятия решений в системах контроля качества. Выполнен обзор дефектов холоднокатаных листов и полос, причин их возникновения, на основе которого выделены группы факторов, оказывающих влияние на качество поверхности листового проката в процессе холодной обработки металла давлением. Выдвинута гипотеза разрешения выявленной проблемной ситуации, выполнено научное обоснование гипотезы.

Во второй главе разработаны модель области дефекта проката на основе признаков изображения поверхности листового материала, критерий уровня дефектности, модель изменения состояний поверхности листового металла в процессе прокатки в условиях воздействия факторов внешней среды, определена целевая функция поддержки принятия решений, методика поддержки принятия решений по устранению дефектов поверхности листового материала при холодной обработке металла давлением, алгоритм оценки коэффициентов корректировки значений задающих параметров прокатки для устранимых типов дефектов, алгоритм построения Парето-оптимального множества альтернатив коэффициентов корректировки задающих параметров прокатки, алгоритм оценки влияния внешних факторов на качество поверхности листа.

В третьей главе представлено описание прототипа программного средства интеллектуальной поддержки принятия решений в ОЭСКК в составе функционального назначения, архитектуры, информационного обеспечения, обобщенного алгоритма работы и верификации разработанных программных компонент.

В четвертой главе дано описание имитационной модели исследования закономерностей устранения дефектов листового металлопроката, выполнено планирование эксперимента, приведены результаты экспериментального исследования средств поддержки принятия решений по устранению поверхностных дефектов, установлено, что использование СППР может значительно уменьшить количество дефектов типа «отпечатки», «царапина», «риска».

В заключении представлены основные результаты работы и предложены направления дальнейших исследований.

Основные научные положения разработаны, исследованы, обоснованы и освещены автором в научных публикациях. Диссертационная работа является завершённым научным исследованием. Автореферат отражает основные положения диссертации. Оформление диссертации и автореферата выполнено в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

7. Замечания и рекомендации по диссертационной работе

1. В разделе 1.3 обоснована необходимость поддержки принятия решений по изменению параметров прокатки для устранения поверхностных дефектов, возникших в результате влияния факторов внешней среды, однако, не показано в чем именно оно выражается.

2. В разделе 1.4.1 не представлены статистические оценки наиболее часто встречающихся дефектов поверхности листового проката цветных металлов "царапина", "отпечаток", "риска".

3. В разделе 1.4.2 не определено, в чем именно выражается несоответствие требований заказчика, предъявляемых к толщине металла, проектным возможностям прокатного стана.

4. В разделе 1.5 указано, что в условиях воздействия факторов внешней среды наблюдается положительная динамика роста поверхностных дефектов. При этом статистические данные, подтверждающие это не представлены.

5. В разделе 1.6 на рисунке 11 функциональные блоки 3 и 4 показаны как элементарные, при этом на рисунках 12 и 13 эти функции декомпозированы снова.

6. В разделе 2.2 утверждается, что на основе анализа изображений поверхности листового металлопроката были исследованы значения уровня дефектности для типов дефектов "царапина", "отпечатки", "риска". Однако, в работе наборы изображений не представлены.

7. В разделе 2.4 методика поддержки принятия решений представлена перечислением основных этапов без подробного их описания.

8. В разделе 2.5.1.4 не обосновано количество кластеров значений уровней дефектности в алгоритме оценки коэффициентов корректировки параметров прокатки.

9. В разделе 3.6 рисунки 33 и 34 это экранные формы средства поддержки принятия решений, но не результат проверки работоспособности всех основных функций.

10. В разделе 4.2 показаны результаты экспериментальных исследований, выполненных только на основе имитационного моделирования, без проведения натурного эксперимента на реальных образцах металла с дефектами, не обоснован объем статистической выборки для проведения имитационной прокатки - 10 рулонов, 10 прогонов, не представлены значения задающего параметра скорости прокатки.

11. Анализ зарубежных аналогов исследуемых разработок представлен ограниченным набором первоисточников.

12. Автореферат диссертации содержит описание глав 3 и 4 в объеме, значительно меньшем, чем глав 1 и 2, что ограничивает оценку выполненной работы.

Отмеченные замечания не снижают значимости полученных в диссертации результатов и не влияют на общую положительную оценку работы С.А. Климачева.

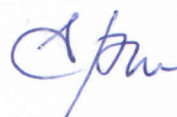
8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертационная работа Климачева С.А. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной отраслевой научной задачи развития знаний в области средств поддержки принятия решений по изменению задающих параметров прокатки, применяемых в составе оптико-электронных систем контроля качества для устранения поверхностных дефектов листового металлопроката.

Диссертация Климачева С.А. «Оптико-электронная система контроля качества листового металлопроката со средствами интеллектуальной поддержки решений по устранению дефектов» имеет научную новизну и практическую значимость, соответствует требованиям пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями от 25.01.2024), а ее автор, Климачев Сергей Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Диссертационная работа и автореферат Климачева С.А., а также отзыв на нее рассмотрены и одобрены на расширенном заседании кафедры математического и программного обеспечения ЭВМ федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Череповецкий государственный университет» (протокол № 8 от « 04 » марта 2026 г.).

Заведующий кафедрой
математического и программного
обеспечения ЭВМ Череповецкого
государственного университета,
доктор технических наук, профессор,
Заслуженный работник высшей школы РФ



Е.В. Ершов

« 4 » марта 2026 г.

ФИО: Ершов Евгений Валентинович

Научная специальность кандидатской диссертации 05.02.11 – Методы контроля и диагностика в машиностроении, научная специальность докторской диссертации 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность).

Организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Череповецкий государственный университет».

Адрес: 162602, Россия, Вологодская область, г. Череповец, проспект Луначарского, д. 5.

Тел.: +7 (8202) 55-65-97. E-mail: chsu@chsu.ru