

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации

Климачева Сергея Александровича

на тему: *«Оптико-электронная система контроля качества листового металлопроката со средствами интеллектуальной поддержки решений по устранению дефектов»*,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Актуальность темы. Диссертация Климачева С. А. «Оптико-электронная система контроля качества листового металлопроката со средствами интеллектуальной поддержки решений по устранению дефектов» посвящена задаче неразрушающего контроля и дефектоскопии поверхности металлопрокатных листовых материалов. Целью работы является разработка средств интеллектуальной поддержки принятия решений для повышения эффективности оптико-электронных систем контроля качества (ОЭСКК) поверхности материала.

Качество поверхности при металлопрокате зависит от ряда факторов, таких как качество заготовки, износ оборудования, технологические параметры процесса прокатки. Существующие на сегодняшний день оптические средства контроля поверхности материала на основе систем компьютерного зрения позволяют достаточно эффективно (с надежностью 97-98%) обнаруживать известные типы дефектов поверхности, большая часть из которых может быть устранена путем перенастройки технологических параметров прокатного стана. С целью экономии материала, уменьшения брака и повышения производительности в целом необходимо оперативно реагировать на дефекты и корректировать параметры оборудования.

Задача коррекции ложится на оператора прокатного стана, что может приводить к снижению производительности. В связи с этим задача разработки

методов, моделей и алгоритмов поддержки принятия решений при изменении технологических параметров оборудования вследствие обнаружения дефектов поверхности листового металлопроката, нацеленная на сокращение времени между обнаружением дефектов и устранением, рассмотренная в диссертационной работе, является актуальной.

Краткая характеристика содержания диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и двух приложений.

Во введении обосновывается актуальность работы, формулируются цели и задачи исследования, новизна выносимых на защиту положений, обосновывается достоверность научных результатов, теоретическая и практическая значимость, апробация работы, личный вклад автора.

В первой главе работы описываются структура, классификация, принцип работы, задачи и характеристики ОЭСКК. Подробно рассмотрена система на основе использования линейной камеры как наиболее подходящей для контроля качества поверхности металлопроката.

Рассмотрены несколько существующих ОЭСКК поверхности листового металлопроката. Обоснована необходимость совершенствования средств поддержки принятия решений для оператора прокатного стана, нацеленных на своевременную корректировку параметров технологического процесса проката, и проанализирована задача поддержки принятия решений в различных технологических процессах в целом и в металлопрокате в частности.

Далее автор подробно рассматривает и классифицирует виды дефектов поверхности металлопроката и факторы, влияющие на их возникновение.

Предложена концептуальная модель системы поддержки принятия решений (СППР) для оператора прокатного стана с использованием ОЭСКК, включающая оценку влияния внешних факторов на качество металлопроката и расчет коэффициентов корректировки задающих параметров проката. Стоит отметить, что предложенная схема предлагает альтернативные варианты

коэффициентов задающих параметров с учетом различных критериев, но окончательное решение остается за оператором прокатного стана. Сужение набора альтернатив до узкого числа наилучших вариантов может существенно сократить время принятия решения операторов, снизить влияние человеческого фактора и поднять качество металлопроката в целом.

Во второй главе диссертации предлагается математическая модель изображения области дефекта, получаемого с камеры ОЭСКК. Модель описана в пространстве признаков, которое включает геометрические и яркостные признаки изображения.

С использованием модели изображения дефекта вводится критерий уровня дефектности поверхности на основе различия между описанием дефекта и эталонным описанием поверхности в пространстве признаков. Приводятся оценки уровней дефектности для нескольких видов дефектов.

Далее предложена модель состояния поверхности листового материала при холодной прокатке, включающая задающие параметры прокатки, коэффициенты корректировки параметров, значения уровней дефектности выявленных дефектов, оценки влияния внешних факторов. Параметрами прокатки являются толщина материала на выходе из клетки и скорость выхода материала. Определяется граф переходов между состояниями и вводится критерий близости состояний на основе евклидова расстояния в пространстве состояний.

С использованием описанных моделей предлагается методика поддержки принятия решений по устранению дефектов поверхности листового материала при холодной обработке металла давлением, состоящая из семи этапов, и разрабатываются оригинальные алгоритмы, реализующие этапы предложенной методики.

Третья глава посвящена разработке программного инструментария интеллектуальной поддержки принятия решений по устранению дефектов листового металлопроката на основе предложенных в предыдущей главе методики и алгоритмов. Разработаны функциональная схема, архитектура

программного обеспечения, модели базы данных, интерфейс и общий алгоритм функционирования программного средства. Выполнена верификация программного обеспечения.

В четвертой главе приводятся результаты экспериментального исследования предложенных моделей, методик и алгоритмов поддержки принятия решений. Исследование выполняется с использованием имитационной модели двухклетевого прокатного стана, в связи с чем в главе подробно описываются функциональные и структурные модели основных элементов стана с применением среды SimInTech. План эксперимента включает моделирование возникновения трех типов дефектов при холодной прокатке меди. Результаты моделирования показывают снижение частоты появления каждого из дефектов более чем на 40% при использовании рекомендаций СППР. Эффективность СППР оценена с использованием F -меры и составляет более 80%.

В заключении формулируются результаты диссертационной работы.

Список литературы включает 95 источников и содержит как российские, так и зарубежные издания, включая публикации по теме исследования последних лет, а также ряд учебных пособий и нормативных актов.

В приложениях приведены свидетельство о регистрации программы для ЭВМ и акты внедрения результатов работы в учебном процессе и на производстве.

Диссертационная работа написано структурировано, логично, содержит обоснования и выводы, подкрепленные ссылками на литературу. Оформление текста, рисунков, таблиц и формул аккуратное, выдержано в едином стиле.

Автореферат диссертации соответствует содержанию диссертационной работы, включает обоснование актуальности работы, формулировки целей и задач исследования, научной и практической значимости, основные положения, выносимые на защиту, перечень публикаций автора.

Новизна полученных результатов. В диссертации представлены результаты, обладающие научной новизной:

1) Предложена модель состояния поверхности листового металла в процессе прокатки, учитывающая факторы, оказывающие влияние на качество поверхности проката, такие как качество заготовки, состояние оборудования, человеческий фактор, а также технологические параметры прокатки и оценку дефектности поверхности листа.

2) Предложена концептуальная модель СППР по устранению дефектов поверхности листового металлопроката, взаимодействующая с ОЭСКК и предлагающая оператору прокатного стана на выбор варианты изменения задающих параметров процесса прокатки.

3) На основе предложенной концептуальной модели разработана методика поддержки принятия решений по устранению дефектов поверхности, учитывающая модель состояния поверхности материала, внешние факторы и предлагающая наилучшие варианты изменения задающих параметров.

4) Разработаны алгоритмы, реализующие основные этапы предложенной методики.

Научные результаты диссертации являются оригинальными. С формулировками автора положений, представленных к защите, можно согласиться.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов обусловлена корректным использованием математического аппарата, глубоким анализом состояния отечественных и зарубежных исследований по теме. Результаты работы неоднократно докладывались на всероссийских и международных научных конференциях.

По теме диссертации опубликованы 15 печатных работ, три из них в рецензируемых изданиях из перечня ВАК, в которых достаточно полно отражены содержание и основные результаты диссертации.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов. Предложенные автором научные результаты имеют несомненную ценность для дальнейших исследований в области создания

систем поддержки принятия решений по устранению дефектов металлопроката, а также могут быть применимы и в других задачах, как, например, в дефектоскопии изделий из композиционных материалов, создаваемых методом намотки и др. Стоит учесть, что исследование проводилось в рамках госбюджетной НИР № АААА-А18-118102690042-6.

На основе разработанных автором моделей и алгоритмов создан прототип программного обеспечения, демонстрирующий практическую применимость результатов исследования.

Практическую значимость диссертации подтверждают полученные акты внедрения, отмечающие использование результатов работы в учебном процессе ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» и в составе информационных процессов поддержки принятия решений по устранению дефектов металлопроката ООО «ГЗОЦМ» Гайская медь».

Замечания по диссертации. Следует отметить несколько замечаний к работе:

1) В выражении (8) на стр. 48 в качестве меры близости состояний используется евклидово расстояние, при вычислении которого учитывается квадрат разницы между текущим и минимально допустимым уровнями дефектности поверхности листового металла. В таком варианте одинаково плохи оказываются значения уровня дефектности как больше, так и меньше допустимого, хотя значения, меньшие допустимого уровня, более предпочтительны. Возможно, целесообразно было бы учесть это при выборе альтернатив.

2) На стр. 58 описан алгоритм построения Парето-оптимального множества альтернатив коэффициентов корректировки задающих технологических параметров прокатки. Далее из данного множества предлагается выбирать альтернативу, при которой разница между допустимым изменением задающего значения толщины листа проката и соответствующим коэффициентом изменения толщины будет стремиться к нулю. Возможно, является целесообразным добавить это условие в критерий

отбора альтернатив коэффициентов корректировки и в таком случае не отбирать Парето-оптимальное множество альтернатив, а выбирать одну оптимальную альтернативу.

3) На стр. 59-61 описан алгоритм оценки влияния внешних факторов на качество металлопроката. Основой оценки степени влияния внешних факторов на различные типы дефектов указывается база производственных правил. Однако не уточняется, откуда берутся эти правила, например, являются ли они результатом работы экспертов, получены на основе статистической обработки данных в процессе эксплуатации металлопрокатных станков на производстве или другие источники.

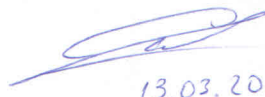
4) В главе 4 на стр. 87-92 описана имитационная модель в среде SimInTech для моделирования прокатного стана, используемая для экспериментальной оценки эффективности предложенных решений. Представлена структура модели и реализация основных узлов прокатного стана, таких как нажимное устройство, системы регулирования натяжения и нажима. Однако не описывается, как в модельном эксперименте реализовано возникновение дефектов при металлопрокате, как моделируются параметры этих дефектов, как в эксперименте моделируются факторы, влияющие на возникновение этих дефектов. В связи с этим сложно оценить, насколько этот модельный эксперимент является адекватным реальным условиям промышленного производства.

Указанные замечания не снижают общего качества работы, научной ценности проведенного исследования и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Заключение. Диссертация написана на высоком уровне, содержит новые научные результаты, имеющие теоретическую и практическую значимость, соответствует критериям пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и пп. 2-5 паспорта специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика», 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».

Официальный оппонент,
доцент кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники»
ФГБОУ ВО «ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова»,
кандидат технических наук



Р.М. Синецкий

13.03.2026г.

ФИО: Синецкий Роман Михайлович

Адрес (рабочий): 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск,
ул. Просвещения, д. 132.

Контактная информация: тел.: + 7 (863) 525-52-95, e-mail: rmsin@npi-tu.ru

Организация, должность: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», доцент кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники».

Научная специальность диссертации: 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям).

Подпись доцента кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», кандидата технических наук Синецкого Романа Михайловича заверяю:

Ученый секретарь ученого совета
ЮРГПУ (НПИ)



Н. Н. Холодкова