

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.111.03,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МАГНИТОГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. Г.И. НОСОВА», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 24.06.2021 г. № 10

О присуждении Дёма Роману Рафаэлевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Развитие методологии комплексного совершенствования технологии и оборудования для смазывания и охлаждения валков листовых станов горячей прокатки» по специальности 05.02.09 - Технологии и машины обработки давлением принята к защите 16.03.2021 г. (протокол заседания №4) диссертационным советом Д 212.111.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, приказ № 717/нк от 09.11.2012 г.

Соискатель Дёма Роман Рафаэлевич, 1978 года рождения, диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук на тему «Продление ресурса сменного оборудования метизных агрегатов на основе моделирования процесса изнашивания и применения плакирования рабочих поверхностей» по специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (Металлургическое машиностроение) защитил в 2005 году в диссертационном совете, созданном на базе Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова.

Работает доцентом кафедры машин и технологий обработки давлением и машиностроения в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре машин и технологий обработки давлением и машиностроения в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант - доктор технических наук, профессор Платов Сергей Иосифович, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», заведующий кафедрой машин и технологий обработки давлением и машиностроения.

Официальные оппоненты:

1. АРТЮХ Виктор Геннадиевич, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», профессор Высшей школы «Механика и процессы управления», г. Санкт-Петербург;

2. ГОРБАТЮК Сергей Михайлович, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», заведующий кафедрой инжиниринга технологического оборудования, г. Москва;

3. ШАТАЛОВ Роман Львович, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», профессор кафедры «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии», г. Москва,

дали положительные отзывы на диссертацию

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Колесниковым Александром Григорьевичем, доктором технических наук, профессором, руководителем научно-учебного комплекса «Машиностроительные технологии», заведующим кафедрой «Оборудование и технологии прокатки» и Лавриненко Вадимом Юрьевичем, доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Технологии обработки материалов» указала, что диссертация Дёма Романа Рафаэлевича, является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решены и изложены комплексные научно-технические и технологические решения, направленные на снижение энергосиловых и фрикционных параметров процесса прокатки, а также повышение эксплуатационной стойкости рабочих валков, заключающиеся в развитии методологии комплексного совершенствования технологии и оборудования для смазывания и охлаждения валков листовых станов горячей прокатки, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие металлургической промышленности. Диссертационная работа актуальна, обладает научной новизной и достоверностью полученных результатов, теоретической и практической значимостью, соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (№ 842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор, Дёма Роман Рафаэлевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.09 – Машины и технологии обработки давлением.

Соискатель имеет более 200 опубликованных работ, в том числе по материалам диссертации опубликовано 39 работ, в числе которых 19 работ опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, 7 статей в журналах, индексируемых в международных наукометрических базах Scopus и Web of Science, 1 монография, 2 патента РФ на изобретения, 2 патента РФ на полезные модели, 6 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

К наиболее значимым публикациям относятся:

1. Дёма, Р.Р. Исследование энергоэффективности горячей прокатки методами статистического моделирования на примере НШСГП 2000 ПАО ММК / Р.Р. Дёма // Сталь. – 2018. – № 12. – С. 31-34.
2. Дёма, Р.Р. Совершенствование системы охлаждения прокатных валков черновой группы клетей на листовом стане горячей прокатки/ Р.Р. Дёма // Производство проката.– 2018.– № 12. – С. 15-21.
3. Dema, R.R. Determining the parameters effecting the work of the lubricants supplying system at wide-strip hot rolling / R.R. Dema, R.N. Amirov, O.V. Kalugina // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2019. – P. 929-937. (Scopus Q3).
4. Levantsevich, M.A. Study of the conditions for the formation of an adsorption lubrication mode of heavily loaded friction couples with modeling in a laboratory setup / M.A. Levantsevich, M.V. Kharchenko, R.R. Dema // Journal of Friction and Wear. – 2019. – Vol. 40. – № 4. – P. 277-283 (WOS, Scopus Q2).

Сведения об опубликованных работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны. Авторский вклад соискателя составляет 3,8 п.л. в опубликованных работах общим объемом 8,3 п.л.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все отзывы положительные):

1. ФГБОУ ВО СибГИУ, г. Новокузнецк, д.т.н. Фастыковский А.Р.;
2. АО АВТОВАЗ, г. Тольятти, д.т.н. Болдырев Д.А.;
3. АО Уральская Сталь, г. Новотроицк, д.т.н. Куницын Г.А.;
4. ПАО Челябинский трубопрокатный завод, г. Челябинск, Гизатуллин А.Б.;
5. ФГБОУ ВО МГТУ СТАНКИН, г. Москва, д.т.н. Сосёнушкин Е.Н.;
6. ГНУ Институт технической акустики Национальной академии Беларуси, г. Витебск, д.т.н. Рубаник В.В.;
7. ОАО Уральский трубный завод, г. Первоуральск, к.т.н. Шевелев. М.М.;
8. ФГБОУ ВО СибАДИ г. Омск, д.т.н. Кузнецова В.Н.;
9. НИТУ МИСиС, г. Москва, д.т.н. Зиновьев А.В.;
10. ФГБОУ ВО Северо-Кавказская государственная академия, г. Черкесск, д.т.н. Боташев А.Ю.;
11. ФГБОУ ВО Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти, д.т.н. Драчев О.И.;
12. ПАО Новолипецкий металлургический комбинат, г. Липец, к.т.н. Борисов С.С.;
13. АО АХК ВНИИМЕТМАШ имени академика Целикова, к.т.н. Сивак Б.А.;
14. ФГБУН Институт металлургии Уральского отделения РАН, д.ф.-м.н. Ремпель А.А., д. ф.-м. н. Гельчинский Б.Р.;
15. ФГБУН Институт физики металлов имени М.Н. Михеева, г. Екатеринбург, д.т.н. Макаров. А.В.;
16. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург, д.т.н. Мишин В.В., к.т.н. Шишов И.А.;
17. Белорусский национальный технический университет, г. Минск, д.т.н. Константинов В.М.;
18. Старооскольский технологический институт им. А.А. Уга-

рова, г. Старый Оскол, д.т.н. Смирнов Е.Н.; 19. ФГАОУ ВО УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург д.т.н. Лобанов М.Л.; 20. АО Выксунский металлургический завод, г. Выкса, к.т.н. Мунтин А.В.

В отзывах на автореферат содержатся следующие замечания:

– Из автореферата не ясно, каким образом определяли износ бочки рабочего валка стана 2000 с точностью  $\pm 10$  грамм (стр. 21); – Не совсем понятен механизм влияния на коэффициент положения плеча равнодействующей сил в очаге деформации при подаче смазочно-охлаждающей жидкости на опорный валок; – В формуле 5. стр. 14 автореферата приведена переменная, учитывающая величину адгезировавшегося слоя смазочного материала при базовой шероховатости поверхности (в мкм). Из текста автореферата не совсем понятно, какая величина  $h_{\text{баз}}$  (мкм) была заложена при моделировании процесса формирования смазочного слоя на контакте «опорный валок - рабочий валок»; – В тексте автореферата на рисунке 7 приведены результаты расчета теплового состояния прокатываемой марки Сталь 10 с учетом системы гидросбива, из текста автореферата не совсем понятно, за счет чего наблюдается всплеск температуры в среднем слое прокатываемой полосы; – В формуле 3 используется переменная ( $\mu_0, \text{Па} \times \text{с}$ ) - динамическая вязкость СМ при температуре масла на входе в контакт. Из текста автореферата не совсем понятно, при какой температуре была определена данная переменная; – В тексте автореферата не отражено, существуют ли за рубежом практика применения технологии подачи смазочного материала на поверхность валков при листовой горячей прокатке; – Из текста автореферата не достаточно понятно, влияют ли внедренные соискателем технические и технологические решения на изменения параметров качества для производимой листопрокатной продукции; – На наш взгляд для моделирования НДС системы «опорный валок-рабочий валок» программный комплекс DEFORM, опирающийся на вязкопластические модели, не совсем подходит для решения упругих задач; – Требуется пояснения, что автор вкладывает в понятие «износ валка», т.к. механизм износа зависит от его вида. Также непонятны различия «износа» и «изнашивания» табл. 3, стр. 22; – Не совсем понятно, каким образом реализуется процесс подачи смазочного материала на поверхность опорного валка, а также какая доля смазочного материала, переходит на поверхность рабочего валка и попадает в очаг деформации?; – Соискателем разработана комплексная методология совершенствования технологии и оборудования для смазывания и охлаждения валков на станах листовой горячей прокатки. Однако, из автореферата не понятно, возможно ли использовать предложенную методологию на других металлургических предприятиях?; – Осталось неясным, какие граничные условия приняты автором диссертации при моделировании контактного взаимодействия в системе «опорный валок-рабочий валок» с наличием смазочного материала; – Не приведены направления и перспективы дальнейших исследований автора по теме диссертации; – В названии диссертационной работы в недостаточной сте-

пени отражён тезис о завершенности исследований с точки зрения использования результатов работы; – Необходимо пояснить утверждение, что применение смазочного материала в рекомендованных режимах смазывания позволяет уменьшить напряжения в зоне контакта на 15... 18%; – Недостаточно полно показано влияние предложенных технических и технологических решений на качество производимой листопрокатной продукции; – В тексте автореферата описывается проведение лабораторных исследований на стенде «Машина терния СМЦ-2», который воспроизводит взаимодействие в системе «опорный валок-рабочий валок». Из текста автореферата не совсем понятно, какие критерии подобия были использованы для правильной постановки условия эксперимента, а также каким образом учитывался температурный фактор; – Из текста автореферата также не совсем понятно, каким образом полученные результаты лабораторного эксперимента были использованы при дальнейшем исследовании процесса подачи смазочного материала на поверхность валков; – В тексте автореферата не отражено, какими свойствами должен обладать применяемый смазочный материал, чтобы обеспечивать заявленное снижение фрикционных и энергосиловых параметров листовой горячей прокати, которое происходит в интервале температур до 1000 градусов; – В автореферате отсутствует информация о физико-механических и эксплуатационных характеристиках прокатных валков в период исследования, способах подготовки валков и технологии эксплуатации, что затрудняет масштабирование результатов работы на другие металлургические предприятия для повышения их конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынке; – Есть разногласия в нумерации клеток непрерывной чистовой группы стана. В таблице 3 приводятся номера клеток 1... 3, в таблице 4 эти же клетки соответствуют номерам 7... 9; – Не указан материал рабочих валков, в частности материал валков, используемых на стане 2000 горячей прокатки ПАО «ММК»; – Из автореферата не ясно, каким критериями руководствовался автор при выборе смазки для проведения исследований (в частности, стр. 15 – QUAKEROL N HB1082 и РОСОЙЛ-МГП)? Также не совсем понятно, в чем заключается значимость рекомендаций по использованию форсунок фирмы Lehler? Следовало бы привести метрологическое обоснование использованных в проводимых исследованиях диагностических приборов; – Автор в работе не уделяет внимания вопросу исследования изменения плеча равнодействующей сил в очаге деформации при подаче смазочного материала, а также его изменению при различном расходе смазочного материала; – Одними из важных результатов работы являются разработанные математические модели для определения толщины смазочного слоя на контакте «опорный валок – рабочий валок» и расхода смазочного материала с учетом изменения параметров шероховатости опорных и рабочих валков; однако из автореферата не ясно, какие параметры шероховатости используются и не приведен диапазон изменений из численных значений; – В автореферате не указано, учитывает ли разработанная модель и реализованная математическая модель изнашива-

ния бочек рабочих валков материал валков, а также структурно-фазовое, наряженное состояние и свойства их поверхностных слоев?; – Из текста автореферата не ясно, какие именно СМ использовались в исследованиях. Было ли изучено влияние вида СМ на процесс прокатки, учитывались ли автором изменения физико-химических свойств СМ в созданных моделях?; – Утверждение автора (стр.17) «... применение СМ в технологии листовой горячей прокатки позволяет достичь снижения контактных сил трения ...» выглядит несколько тривиально. Возможно, речь шла об оптимизации применения СМ при прокатке?; – При применении конечно-разностных (сеточных) методов расчета выбор размера элемента разбиения оказывает влияние на результат расчета. От параметров сетки разбиения зависит качество расчетов. В автореферате нет сведений было ли учтено влияние размера элементов разбиения конечно элементной сетки на точность компьютерного эксперимента?; – В автореферате представлена информация о том, что толщина смазочного слоя в случае эластогидродинамического режима трения находится в диапазоне 2-6 мкм. Известны ограничения численного метода в части использования элементов разбиения с «очень маленьким» размером. Исходя из микронной толщины смазывающего слоя возникает вопрос, как учитывалось влияние размера конечных элементов в компьютерной модели смазывающего слоя толщиной в несколько микрометров?; – Смазывающий материал в зоне деформации неравномерно распределяется по поверхности валков, как следствие коэффициент трения варьируется. Как учитывался в компьютерном эксперименте разброс значений коэффициента трения?; – Поскольку шероховатость поверхности также изменяется в зависимости от рассматриваемой точки и воздействует на результат обработки, то учтено ли влияния изменения шероховатости поверхности контактирующих тел на коэффициент трения. Было ли учтено в компьютерной модели значение шероховатости поверхности и его изменение?; – На рис. 3 представлены результаты расчета интенсивности напряжений в программном комплексе «Deform-3D», однако не приведено информации о размере элементов расчетной сетки. Между тем, хорошо известно, что точность расчета контактных напряжений значительно зависит от этого параметра. Проводил ли автор исследование влияние размера элемента на значения контактных напряжений? Не являются ли высокие значения контактных напряжений следствием относительно крупной расчетной сетки? Кроме этого, было бы полезно сравнивать результаты моделирования с известными теоретическими решениями расчета контактных напряжений; – На стр. 23 автореферата указано, что моделирование теплового состояния в системе «рабочий валок - полоса» было реализовано численным методом. Хотелось бы уточнить, каким конкретно методом воспользовался автор (метод конечных разностей, метод конечных элементов и др.); – На стр. 24 автореферата указано, что сравнение рассчитанных и измеренных температур показало сходимость результатов на 87%. Данная формулировка требует пояснения, поскольку непонятно, как именно этот процент

сходимости был определен; – Из автореферата следует, что решение задачи по определению местоположения коллекторов охлаждения черновой и чистой групп клетей выполнялось путем простого перебора вариантов. Уверен ли автор, что такой метод позволил найти действительно оптимальное решение? Почему не использовались специальные методы оптимизации?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их существенными и известными систематическими исследованиями и научным работам в области теории и практики производства горячекатаного листа, в том числе по разработке ресурсосберегающих технологий, математического и физического моделирования процессов температурно-деформационной обработки металлов, а также по вопросам повышения стойкости прокатного оборудования, результаты которых публикуются в высокорейтинговых рецензируемых журналах.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

– **разработана** методология комплексного совершенствования технологии и оборудования для смазывания и охлаждения рабочих валков и полосы, позволяющая повысить эксплуатационную стойкость рабочих валков листовых станов горячей прокатки;

– **предложены** принципы обоснованного выбора рациональных режимов подачи смазочного материала и охладителя для непрерывной черновой и чистой группы четырехвалковых клетей листовых станов горячей прокатки;

– **доказана** возможность использования новых решений в теории и практике получения листового горячекатаного проката при одновременном снижении уровня потребляемых ресурсов;

– **введены** показатели эффективности применения режимов смазывания и охлаждения рабочих валков, учитывающие температурно-скоростные режимы прокатки, геометрические и прочностные характеристики прокатываемых полос в чистой группе клетей листовых станов горячей прокатки.

**Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:**

– **доказана** применимость разработанного метода для определения рациональных режимов смазывания рабочих валков, основанного на зависимости толщины смазочного слоя в контакте «опорный валок-рабочий валок» от основных технологических параметров процесса прокатки и шероховатости валков;

– **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** современные методы математического моделирования, в том числе численный метод конечных элементов с применением специализированных программных комплексов, статистический анализ, опытно-промышленные экспериментальные методики с получением результатов, обладающих новизной;

- **изложена** методология для настройки и управления системой смазывания и охлаждения рабочих валков и полосы при горячей листовой прокатке;
- **получены** новые научные знания, описывающие влияние смазочного материала на эксплуатационные показатели рабочих валков, использование которых позволило повысить их стойкость в непрерывной черновой и чистовой группах клетей листовых станов горячей прокатки путем снижения энергосиловых и фрикционных параметров технологического процесса;
- на основе разработанного комплекса математических моделей, для системы «опорный валок-рабочий валок-полоса» **изучено** влияние режимов подачи смазочного материала и охладителя на изменение энергосиловых и температурных параметров процесса листовой горячей прокатки;
- **установлены** рациональные значения объемно-расходных параметров смазочного материала и охладителя, применение которых позволило снизить энергозатраты в 1,07...1,1 раз, а также повысить срок службы валков в 1,10...1,15 раз.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

- **разработаны** новые устройства и способы (патенты РФ на изобретения (№ 2457913, №2666396, патенты РФ на полезные модели № 110663, №152330), направленные на снижение энергосиловых и фрикционных параметров процесса прокатки, а также повышение эксплуатационной стойкости рабочих валков для четырехвалковых клетей листовых станов горячей прокатки;
- **создан** комплекс методик и алгоритмов, защищенных свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ (№ 2018618671, 2018615492, 2016610433, 2016610434, 2015616747, 2013612829), применение которых для четырехвалковых клетей станов горячей прокатки позволяет обоснованно определять рациональные режимы подачи смазочного материала и охладителя;
- **разработаны** усовершенствованные системы подачи охладителя на рабочие валки и определены рациональные местоположения охлаждающих коллекторов, применение которых позволило повысить эксплуатационную стойкость рабочих валков листовых станов горячей прокатки;
- результаты работы **внедрены** в условиях ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ПАО «ММК») на непрерывных широкополосных станах горячей прокатки 2000 и 2500; суммарный экономический эффект от внедренных решений составляет более 80 млн. рублей.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- **эксперименты** проведены на действующем промышленном оборудовании ПАО «ММК» (непрерывные широкополосные станы 2000 и 2500 горячей прокатки) и испыта-



тельном оборудовании в аттестованных лабораториях ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», обработка и оценка результатов исследования проведена в соответствии со стандартными методиками; полученные результаты согласуются с опубликованными данными других исследователей;

– **теория** построена на известных теоретических положениях и не противоречит основным законам физики, механики, трибологии, теплофизики;

– **идеи базируются** на обобщении передового опыта по совершенствованию технологии и оборудования для смазывания и охлаждения валков листовых станов горячей прокатки;

– **установлено**, что результаты определения толщины смазочного слоя на контакте «рабочий валок - опорный валок», а также распределение температуры в системе «рабочий валок-полоса» в процессе горячей прокатки не противоречат результатам, представленным в независимых источниках.

**Личный вклад** соискателя состоит в разработке аналитических зависимостей по определению толщины смазочного слоя на контакте «рабочий валок - опорный валок», анализе полученных данных по влиянию режимов смазывания и охлаждения на повышение эксплуатационной стойкости рабочих валков листовых станов горячей прокатки, в организации, проведении и непосредственном участии в теоретических, лабораторных и экспериментальных исследованиях, формулировке основных положений и выводов, опытно-промышленном опробовании и внедрении в производство разработанных новых технических и технологических решений, подготовке публикаций по выполненной работе.

В части исследования процесса листовой прокатки с учетом влияния режимов подачи смазочных материалов на функционирование системы «опорный валок – рабочий валок – полоса» работа проводилась в рамках реализации Постановления Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 220 (Договор № 075-15-2019-869 от 12 мая 2019 г.). Диссертационная работа Дёма Романа Рафаэлевича соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней» от 24.09.2013г. № 842, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени доктора наук.

На заседании 24.06.2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Дёма Роману Рафаэлевичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 11 докторов по специальности 05.02.09, участвующих в заседании из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 16; против 0; воздержалось 0.

Заместитель председателя  
диссертационного совета

Ученый секретарь  
диссертационного совета

24.06.2021 г.



Моллер Александр Борисович

Терентьев Дмитрий Вячеславович