

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.252.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 24 декабря 2018 г. протокол № 144

О присуждении Рыбенко Инне Анатольевне, гражданке РФ, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Развитие теоретических основ и разработка ресурсосберегающих технологий прямого восстановления металлов с использованием метода и инструментальной системы моделирования и оптимизации» по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов принята к защите 21 сентября 2018 г. (протокол № 140) диссертационным советом Д 212.252.01 на базе ФГБОУ ВО «СибГИУ», Министерство науки и высшего образования РФ, 654007, РФ, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Рыбенко Инна Анатольевна, 1964 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Разработка методики и системы расчета вариантов технологий непрерывного получения металла в агрегатах струйно-эмульсионного типа» защитила в 2000 году в диссертационном совете Д 063.99.01, созданном на базе Сибирского государственного индустриального университета (диплом кандидата технических наук КН № 025239 от 14 июля 2000 г.), Министерство образования Российской Федерации. В 2015 году окончила докторантуру.

Работает в ФГБОУ ВО «СибГИУ», Министерство науки и высшего образования РФ, с 1986 г.

Диссертация выполнена на кафедрах прикладных информационных технологий и программирования, металлургии черных металлов в ФГБОУ ВО «СибГИУ», Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор Цымбал Валентин Павлович, ФГБОУ ВО «СибГИУ», кафедра прикладных информационных технологий и программирования, профессор-консультант.

Официальные оппоненты:

Дмитриев Андрей Николаевич – доктор технических наук, профессор, ФГБУН «Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук», лаборатория пирометаллургии черных металлов, главный научный сотрудник;

Кожухов Алексей Александрович – доктор технических наук, доцент, Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», заведующий кафедрой металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой;

Зиатдинов Мансур Хузиахметович – доктор технических наук, доцент, СТПОБП «Научно-исследовательский институт прикладной математики и механики» Томского государственного университета, лаборатория высокоэнергетических систем и новых технологий, ведущий научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ), г. Екатеринбург в своем положительном заключении, подписанном Загайновым Сергеем Александровичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой металлургии железа и сплавов и утвержденном Кружаевым Владимиром Венедиктовичем, кандидатом физико-математических наук, проректором по науке указала, что диссертация Рыбенко И.А. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема системного подхода к моделированию и оптимизации металлургических процессов путем создания метода и инструментальных средств, имеющая важное хозяйственное значение, а также

изложены новые научно обоснованные технологические решения реализации процессов прямого восстановления металла в агрегате струйно-эмульсионного типа и прямого легирования металла с использованием оксидных материалов, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, соответствует паспорту специальности 05.16.02. – Metallurgy черных, цветных и редких металлов по следующим пунктам: п. 4 «Термодинамика и кинетика металлургических процессов», п. 5 «Металлургические системы и коллективное поведение в них различных элементов», п. 17 «Материало- и энергосбережение при получении металлов и сплавов», п. 20 «Математические модели процессов производства черных, цветных и редких металлов» и соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

Соискатель имеет 235 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 111 работ, опубликованных в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК – 17, в изданиях, индексируемых базами Scopus и Web of Science – 12, монографий – 4, патент Российской Федерации – 1 и свидетельство о регистрации программы для ЭВМ – 1.

Основные идеи, результаты теоретических и экспериментальных исследований, интерпретация полученных результатов и выводы по ним принадлежат Рыбенко И.А. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 89,5 печатных листов. В публикациях отражены основные научные результаты, полученные в ходе выполнения работы. В публикациях, включенных в список основных трудов по теме диссертации и подготовленных в соавторстве, вклад соискателя составляет 64,7 %. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые работы по теме диссертации: 1) Цымбал, В. П. Нетрадиционный подход к переработке титано-магнетитовых и железомарганцевых руд / В. П. Цымбал, И. А. Рыбенко, В. В. Павлов // Бюл. Черная металлургия. – 2015. - № 10. – С. 90 – 94 (0,23/0,58 п.л.); 2) Разработка ресурсосберегающих технологий прямого легирования стали на основе методов термодинамического моделирования

процессов восстановления металлов в элементарных системах / И. А. Рыбенко [и др.] // Изв. вуз. Черная металлургия. – 2017. - Т. 60, № 2. – С. 91 – 98; 3) Рыбенко, И. А. Применение инструментальной системы моделирования и оптимизации для разработки теоретических основ технологий легирования и модифицирования стали / И. А. Рыбенко // Бюл. Черная металлургия. – 2017. - № 2. – С. 37 – 43; 4) Рыбенко, И. А. Оптимизация технологий в струйно-эмульсионном металлургическом агрегате с использованием методики и инструментальной системы моделирования / И. А. Рыбенко // Бюл. Черная металлургия. – 2017. - № 3. – С. 60 – 65; 5) Рыбенко, И. А. Разработка оптимальных технологических режимов получения металлов с использованием методов математического моделирования и инструментальных систем / И. А. Рыбенко // Бюл. Черная металлургия. – 2018. - № 2. – С. 57 – 61; 6) Рыбенко, И. А. Решение задач оптимизации металлургических процессов с использованием инструментальной системы «Инжиниринг-Металлургия» / И. А. Рыбенко // Бюл. Черная металлургия. – 2018. - № 3. – С. 42 – 47.

На диссертацию и автореферат поступило 13 отзывов. Все отзывы положительные, в них отмечена новизна и научно-практическая значимость работы.

Отзывы без замечаний: 1) Смирнова Леонида Андреевича, д.т.н., профессора, академика РАН, научного руководителя ОАО «Уральский институт металлов».

Отзывы с замечаниями: 1) Меркера Эдуарда Эдгаровича, д.т.н., профессора, профессора кафедры металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой Старооскольского технологического института им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»: При создании оптимальных технологических условий ресурсосберегающих технологий в действующих конверторных и электросталеплавильных цехах не указаны возможности внедрения в цехах агрегатов СЭР, т.е. возможна ли их успешная адаптация с учетом применения технологии прямого получения железа в печах или агрегатах ковш-печь; 2) Агапитова Евгения Борисовича, д.т.н., доцента, заведующего кафедрой теплотехнических и энергетических систем ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»: 1. Масштаб работы предполагает четко выделенную новизну выдвигаемых и защищаемых положений и результатов, однако, автор на стр. 7 в разделе положений, которые выносятся на защиту (п. 1–4), фактически перечисляет приемы, которые использовались при выполнении работы: методы, методики, математические модели и «прячет» новизну за обтекаемыми фразами типа «особенностью которого является решение комплекса взаимосвязанных оптимизационных задач». Каждый пункт должен заканчиваться фразой: «Впервые решена...», «Впервые обоснована...», «Впервые предложена...»; 2. На стр. 17 автореферата автор ссылается на лабораторные эксперименты «по определению оптимальных условий восстановления металлов из оксидных систем», однако, в тексте нет четкого обоснования оптимальности их проведения. На стр. 19 говорится об окислительно-восстановительном потенциале Z и «оптимальном в энергетическом плане» диапазоне его изменения без ссылки на критерий оптимальности, ниже – уже рассматривается расход метана с «максимальной степенью конверсии» – при котором «достигается заданный температурный режим». При этом не комментируется – из каких условий и почему он задается, и что при этом оптимизируется. На стр.

20 автор предлагает рассмотреть в качестве критерия оптимальности «минимальный расход метана, кислорода и суммарного углерода», но почему выбираются только эти параметры (например, не рассматривается давление в системе, скорость протекания реакций, условия взаимодействия компонентов); 3. На стр. 22 автор приводит результаты расчетов, при этом остается открытым вопрос – что нового привнесла автор в эти термодинамические расчеты. Чем подтверждено, что «согласование термодинамических расчетов путем экспериментов с изотермической выдержкой брикетов» является новым методом обоснования теоретических результатов? Тогда – в чем суть этого «созданного метода?» Насколько процессы, протекающие в брикете, моделируют работу, например, СЭР; 4. На стр. 25-26 приводятся результаты промышленных исследований по технологиям СЭР и расчеты в инструментальной системе, однако – протекание реакций в струйно-эмульсионном процессе иные, чем в теоретической модели и брикете, подвергнутом изотермической выдержке – как и насколько корректно это учитывалось при сопоставлении теоретических и экспериментальных результатов; 5. На стр. 27 – «решена задача оптимизации», которая позволила «значительно улучшить показатели процесса: снизить удельные расходы материалов...значительно уменьшить энергоемкость», но оптимизационные задачи – это нахождение предельно возможных показателей в данных условиях, которые выражаются предельными цифрами. Являются ли пределами данные по переработке марганцевых руд (табл. 1. стр. 28), при каких условиях? Учитывалась ли кинетика протекания процессов.

3) Гизатулина Рината Акрамовича, д.т.н., доцента, профессора отделения промышленных технологий Юргинского технологического института (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»: 1. В автореферате не отражены преимущества металлургического процесса струйно-эмульсионного типа перед другими известными непрерывными металлургическими процессами. Не приведены данные по изменению химического состава металла и шлака по ходу процесса. Нет данных, что же получается в результате, кроме проведения исследований. 2. Вывод о возможности промышленного использования никельсодержащих окатышей делается по результатам лабораторных плавов в 2 кг дуговой сталеплавильной печи. Не приведены данные, как изменится процесс производства стали 08(12)X18H10T при переходе от продувки металла газообразным кислородом (на чем основывается технология переплава высоколегированных отходов) на оксид никеля. В частности очень интересен вопрос поведения хрома, как основного легирующего элемента. 4) Смагина Валерия Ивановича, д.т.н., профессора, профессора кафедры исследования операций ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет»: 1. Не обсуждается проблема многоэкстремальности и проблема поиска глобального экстремума; 2. В диссертации решается задача многокритериальной оптимизации, при этом используется подход выбора главного критерия и перевода остальных критериев в разряд ограничений, однако не приводится обоснование метода. 5) Скуратова Александра Петровича, д.т.н., профессора, профессора кафедры теплотехники и гидрогазодинамики Политехнического института ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»: 1. Не ясно, уточнялись ли в уравнении (9) принятые (в первом приближении) значения термодинамических функций, прихода и расхода теплоты при расчете теплового состояния исследуемого процесса. 2. При оценке адекватности моделей и результатов термодинамических расчетов не приводится описание методики экспериментальных исследований, а также анализ систематических и случайных погрешностей. 6) Кабакова Зотей Константиновича, д.т.н., профессора, профессора кафедры металлургии, машиностроения и технологического оборудования ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет»: 1. Из реферата (стр. 13) непонятна необходимость введения новых показателей, таких как Z , α , α^* и γ . 2. В таблице 3 (стр. 31) неясен смысл коэффициента извлечения никеля при нулевом расходе никельсодержащих окатышей. Если извлекать нечего, то этот коэффициент должен быть равен 0. Для корректности следовало привести хим. анализ шихты на плавку. 7) Бухмирова Вячеслава Викторовича, д.т.н., профессора, профессора кафедры «Теоретические основы теплотехники» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет»: 1. В реферате отсутствует информация о методике расчета процесса теплопереноса от газа к взвешенным частицам с целью оценки времени их прогрева. 2. Необходимо обосновать применение термодинамических функций, характеризующих равновесное состояние системы для

математического описания струйно-эмульсионного процесса, который фактически является неравновесным. 8) Чехонадских Александра Васильевича, д.т.н., доцента, профессора кафедры алгебры и математической логики ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»: 1. Чрезмерно краткое отражение в автореферате теоретико-модельных достижений соискателя. 2. Указание на максимальность некоторых показателей (максимальную степень извлечения металлов и др.) либо не иллюстрируется численными данными (с.8, с.34), что представляется желательным, либо допускает множество значений (с.32), что не слишком вяжется с понятием максимальности. 3. Трудно отделаться от впечатления, что уравнения входных-выходных потоков (с.14-15) выглядели бы проще и яснее в матричной форме. 4. Сомнение вызывает «метод математического моделирования, основанный на поиске (?) принципа максимума энтропии» (с.11), ровно как и теоретическая обоснованность применения принципа максимума энтропии (по-видимому, реализованном в программных комплексах «Терра» и «АвтоАстра») для моделирования процессов в агрегате струйно-эмульсионного типа, который представляется открытой системой, тогда как принцип максимума энтропии постулируется только для изолированных систем. 9) Черкасовой Татьяны Григорьевны, д.х.н., профессора, профессора кафедры химии, технологии неорганических веществ и наноматериалов ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»: 1. Из реферата непонятно, что из себя физически представляет инструментальная система «Инжиниринг-Металлургия», неясно прописана процедура ее использования. 2. На рисунке 3 и по тексту непонятна связь между контурами оптимизации, а отсюда возникают сомнения в ее необходимости. 10) Сибгатуллина Салавата Камиловича, д.т.н., доцента, профессора кафедры металлургии и химических технологий ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова» и Харченко Александра Сергеевича, к.т.н., доцента, заведующего кафедрой металлургии и химических технологий ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова»: 1. Неясно как учитывали свойства исходных сырьевых материалов, кроме химического состава, при разработке технологий их переработки: физико-механические: крупность (ситовый состав, средняя величина), прочность, плотность (насыпная, средняя, истинная), порозность, пористость (общая, открытая) и характеристики пор (размер пор, размер перегородок, площадь), углы откоса сыпучих сред, углы внешнего и внутреннего трения, коэффициенты внешнего и внутреннего трения; физико-химические: восстановимость, реакционная способность, температура размягчения и плавления и др.; варьирование свойств по показателям и во времени. 2. Важно отметить, что технология прямого получения металла, представленная на стр. 26 автореферата, требует примерно в 4 раза большего расхода кокса, чем в доменной печи. 11) Дождикова Владимира Ивановича, д.т.н., профессора, заведующего кафедрой нанотехнологий Липецкого государственного технического университета: 1. Несколько абзацев текста на странице 11 практически повторяют информацию, воспроизведенную на рисунке 1 (страница 12) в виде схемы. 2. Алгоритм определения оптимальных технологических режимов в виде вербального описания на странице 17 выглядел бы лучше и понятнее в графическом виде. Представленная на странице 18 схема решения задачи оптимизации не добавляет информации для понимания, как именно реализуется методика решения и сопряжения сформулированных оптимизационных задач: задачи определения оптимальных условий протекания восстановительных процессов и задачи определения оптимальных технологических режимов. 3. На рисунках 5, 6 и 7 (страницы 20, 21 и 22) подрисуночные подписи дублируют название осей ординат с непонятной целью. 12) Черепанова Анатолия Николаевича, д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника лаборатории «Термохимия и прочность новых материалов» ФГБУН «Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского Отделения Российской Академии Наук: 1. Практически ничего не сказано об особенностях применения методов исследования пространства параметров объекта и обобщенного приведенного градиента, приведенных на рисунке 3. 2. Не отмечено конкретное использование теоретических результатов, полученных в главе 3, при решении задач прямого легирования, представленных в главе 6.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью, научной квалификацией, достижениями в области математического моделирования и разработки новых металлургических технологий прямого восстановления металлов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны метод, комплекс математических моделей и инструментальная система «Инжиниринг-Металлургия» для моделирования и оптимизации металлургических процессов;

предложен подход к решению оптимизационных задач двух видов: нахождение оптимальных условий протекания восстановительных процессов в термодинамических системах и определение оптимальных технологических режимов процессов прямого получения металлов;

доказана эффективность использования разработанных методов и средств моделирования и оптимизации для совершенствования существующих и разработки новых ресурсосберегающих металлургических технологий, направленных на прямое восстановление металлов;

введены новые показатели, отражающие окислительно-восстановительный потенциал металлургической системы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана перспективность применения созданных метода, математических моделей и инструментальной системы моделирования и оптимизации для разработки новых металлургических технологий;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования – термодинамического и математического моделирования и численных методов оптимизации;

изложены доказательства эффективности метода моделирования и оптимизации, методик исследования, математических моделей и инструментальной системы «Инжиниринг-Металлургия» для термодинамического моделирования процессов восстановления металлов в модельных системах, определения оптимальных

технологических режимов нового непрерывного металлургического процесса струйно-эмульсионного типа и прямого легирования металлов с использованием оксидных материалов;

раскрыты основные закономерности процессов восстановления металлов в модельных системах $Fe-O-C$, $Fe-O-C-H$, $Fe-Mn-O-C$, $Fe-Ti-O-C-Si-Al$, $Fe-Ni-O-C$, $Fe-V-O-C-Si$ и процессов восстановления металлов из оксидных систем: железа из пылевидных руд и железосодержащих техногенных материалов, никеля из никелевого концентрата, ванадия из конвертерного ванадиевого шлака, марганца из оксидных и карбонатных марганцевых руд;

изучены факторы и причинно-следственные связи, влияющие на восстановительные процессы;

проведена модернизация существующих математических моделей на основе фундаментальных законов термодинамики для описания взаимосвязи параметров входных-выходных потоков и физико-химических процессов применительно к струйно-эмульсионному агрегату, представленному как реактор текущего равновесия, обеспечивающая получение новых результатов по теме диссертации;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: разработаны и апробированы на созданной на АО «ЕВРАЗ ЗСМК» опытной установке агрегата струйно-эмульсионного типа технологии получения металла из чугуна и окалины, из железосодержащих материалов, марганцевых сплавов из бедных мелкофракционных марганцевых руд, переработки титано-магнетитовых концентратов; разработана и апробирована на ООО УК «СГМК» технология переработки марганцевых руд Селезеньского месторождения; апробирована на ОАО «Сталь НК» технология выплавки стали 08(12)X18H10T в дуговой электропечи с использованием никелевого концентрата; разработана и внедрена на АО «ЕВРАЗ ЗСМК» технология внепечной обработки стали конвертерным ванадиевым шлаком; внедрена в учебный процесс инструментальная система «Инжиниринг-Металлургия», зарегистрированная в Федеральной службе по интеллектуальной собственности (№ 2017617445);

определены перспективы практического использования метода и инструментальной системы моделирования и оптимизации для совершенствования существующих и разработки новых ресурсосберегающих металлургических технологий;

создана система практических рекомендаций по использованию разработанных метода и инструментальной системы;

представлены методические рекомендации для решения широкого круга оптимизационных задач ряда металлургических технологий.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ сходимость результатов теоретических исследований с результатами лабораторных и промышленных экспериментов, выполненных с использованием сертифицированного оборудования;

теория построена на известных данных о термодинамических свойствах индивидуальных веществ, химических реакций и сложных многокомпонентных гетерогенных систем, фундаментальных законах термодинамики и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на анализе и обобщении подходов к созданию методов и средств моделирования и оптимизации металлургических процессов;

использовано сравнение авторских оригинальных данных автора и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике диссертации;

установлено качественное и количественное совпадение полученных в диссертации результатов численного моделирования процессов восстановления металлов с результатами, опубликованными в независимых источниках.

Личный вклад соискателя состоит в: включенном участии на всех этапах процесса, непосредственном участии соискателя в получении исходных данных и научных экспериментах, личном участии в апробации результатов исследования, обработке и интерпретации экспериментальных данных, выполненных при участии автора, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Представленная диссертация является научно-квалификационной работой, в которой решена научная проблема комплексного подхода к моделированию и оптимизации технологических режимов при разработке ресурсосберегающих металлургических технологий, имеющая важное хозяйственное значение, а также изложены новые научно обоснованные технологические решения по совершенствованию технологий прямого легирования металла с использованием оксидных материалов и разработке принципиально новых малоэнергоемких технологий в агрегате струйно-эмульсионного типа, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

На заседании 24 декабря 2018 г. диссертационный совет принял решение присудить Рыбенко И.А. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.16.02, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 18, против – 0, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертационного совета,
д.т.н., профессор




Е.В. Протопопов

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д.т.н., профессор


О.И. Нохрина

24 декабря 2018 г.