

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 31.1.007.02

созданного на базе Государственного научного центра Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина», о присуждении Виноградову Евгению Николаевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОКСОАГЛОДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА», в виде рукописи, по специальности 2.6.2 «Металлургия черных, цветных и редких металлов» принята к защите 14 июля 2026 г. (протокол № 2/2026), диссертационным советом 31.1.007.02, на базе Государственного научного центра Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина», 105005, г. Москва, ул. Радио 23/9, стр. 2, приказ Минобрнауки РФ №238/нк от 14.02. 2023 г.

Соискатель Виноградов Евгений Николаевич родился в 1979 году. В 2002 году окончил с отличием Санкт-Петербургский государственный технический университет по специальности «Металлургия черных металлов», квалификация инженер-металлург. Диплом БВС № 0139160 выдан 26 февраля 2002г.

Выполняемая работа с начала трудовой деятельности:

Число, месяц и год		Должность с указанием организации и структурного подразделения	Адрес организации (в том числе за границей)
поступлени я	ухода		
01.09.1996	26.02.2002	Санкт-Петербургский государственный технический университет; учеба	195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29
20.03.2002	08.09.2002	ОАО "Северсталь" Должность: Газовщик доменной печи 5р; Доменный цех	162608, Вологодская обл., г. Череповец, ул. Мира, д. 30
09.09.2002	31.12.2002	ОАО "Северсталь" Должность: инженер по ремонту (КАП-ЭКС) 2 категории технического отдела; Доменный цех	162608, Вологодская обл., г. Череповец, ул. Мира, д. 30

01.01.2003	30.03.2003	ОАО "Северсталь" Должность: Специалист (по КАП-ЭКС) 2 категории; Доменный цех	162608, Вологодская обл., г. Череповец, ул. Мира, д. 30
31.03.2003	13.01.2008	ОАО "Северсталь" Должность: менеджер по проектам; Доменный цех	162608, Вологодская обл., г. Череповец, ул. Мира, д. 30
14.01.2008	24.06.2010	ОАО "Северсталь" Должность: Начальник отделения разливки и подготовки производства; Доменный цех	162608, Вологодская обл., г. Череповец, ул. Мира, д. 30
25.06.2010	15.05.2011	ОАО "Северсталь" Должность: Заместитель начальника цеха по развитию; Доменный цех	162608, Вологодская обл., г. Череповец, ул. Мира, д. 30
16.05.2011	13.10.2013	ОАО "Северсталь" Должность: Старший менеджер (куратор) Центра развития Бизнес Системы Северстали	162608, Вологодская обл., г. Череповец, ул. Мира, д. 30
14.10.2013	31.01.2014	ОАО "Северсталь" Должность: Начальник доменного производства	162608, Вологодская обл., г. Череповец, ул. Мира, д. 30
01.02.2014	31.12.2014	ПАО "Северсталь" Должность: Директор по производству чугуна	162608, Вологодская обл., г. Череповец, ул. Мира, д. 30
01.01.2015	31.10.2019	АО "Северсталь Менеджмент" Должность: Директор по производству чугуна	162608, Вологодская обл., г. Череповец, ул. Мира, д. 30
01.11.2019	01.06.2020	АО "Северсталь Менеджмент" Должность: Генеральный директор дивизиона «Северсталь Российская сталь»	162608, Вологодская обл., г. Череповец, ул. Мира, д. 30
02.06.2020	20.04.2023	АО "Северсталь Менеджмент" Должность: Генеральный директор дивизиона «Северсталь Российская сталь» и ресурсных активов	162608, Вологодская обл., г. Череповец, ул. Мира, д. 30

21.04.2023	Наст. время	АО "Северсталь Менеджмент" Должность: Заместитель генерального директора по производству -генеральный директор дивизиона «Северсталь Российская сталь» и ресурсных активов	162608, Вологодская обл., г. Череповец, ул. Мира, д. 30
------------	-------------	--	--

В период подготовки диссертации соискатель Виноградов Евгений Николаевич работал начальником доменного производства в ПАО «Северсталь», в настоящее время работает в АО «Северсталь Менеджмент» заместителем генерального директора по производству - генеральным директором дивизиона «Северсталь Российская сталь» и ресурсных активов.

Научный руководитель – Леонтьев Леопольд Игоревич доктор технических наук, академик РАН, советник генерального директора, Государственный научный центр ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина».

Официальные оппоненты:

Загайнов Сергей Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Металлургия железа и сплавов» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»;

Харченко Елена Олеговна, кандидат технических наук, доцент кафедры металлургии и химических технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова»

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»», ведомственная принадлежность: Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, в своем положительном заключении, составленном на заседании кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСиС» «08» сентября 2026 года. (Протокол № 2 от «08» сентября 2026 года), подписанном заведующим кафедрой функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСИС, кандидатом технических наук, доцентом Кузнецовым Денисом Викторовичем и утвержденным проректором по науке и инновациям НИТУ МИСИС, доктором технических наук, профессором Михаилом Рудольфовичем Филоновым, отмечает, что диссертационная работа, выполненная Виноградовым Евгением Николаевичем, представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные решения и предложены новые подходы к технологическим и организационным мероприятиям в

коксоаглодоменном производстве металлургического завода полного цикла. Подчеркивается, что диссертационная работа Виноградова Евгения Николаевича на тему: «Разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий повышения эффективности коксоаглодоменного производства» по актуальности тематики, объему полученного экспериментального материала, его новизне, научной и практической значимости соответствует критериям п. 9-14 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Отмечая, что автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. – Металлургия черных, цветных, и редких металлов, ведущая организация делает следующие замечания:

1. В главе 5.4 при описании освоения технологии с повышенной долей окатышей, на представлены сравнительные характеристики базовых и экспериментальных окатышей, что затрудняет для стороннего наблюдателя оценку влияния качественных показателей окатышей на изменение железорудной части доменной шихты и ход доменной плавки.

2. По тексту диссертации встречаются мелкие замечания к оформлению рисунков, например, рисунки 2.11, 2.12, где за счет крупных знаков сливаются различные показатели, хотя, в целом, позволяют согласиться с выводами.

3. Можно признать спорным вывод о том, что малошлаковая плавка с повышенной долей MgO в конечном шлаке в отечественной практике отработана впервые, но для условий ОАО «Северсталь» — это утверждение, безусловно, справедливо, предложенные решения отражают экономически и экологически обоснованное развитие данной технологии в масштабах РФ.

По материалам диссертации опубликовано в 15 научных работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых научных журналах и изданиях, определённых ВАК РФ, получено 8 патентов РФ на изобретение.

Общий объем опубликованных работ 8,0 печатных листа; авторский вклад диссертанта составляет 65 %. Содержание диссертации достаточно полно отражено в опубликованных работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации и личный вклад автора:

а) Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определённых ВАК РФ:

1. Разработка и внедрение технологии замещения кокса природным газом для снижения расхода твердого топлива на классических доменных печах ПАО «Северсталь» /Е.Н. Виноградов и др. // Металлург. – 2024. - №1. – С. 11-16.

Vinogradov E.N., Kal'ko A.A., Chikinov S.V., Volkov E.A., Kal'ko O. A. Development and implementation of technology for replacing coke with natural gas to reduce solid fuel consumption in classic blast furnaces of the severstal company // Metallurgist, 2024, 68(1), pp. 1–9.

2. Калько А.А., Виноградов Е.Н., Волков Е.А. и др. Опыт проведения предпусковых исследований на доменных печах ПАО «Северсталь» во время капитальных ремонтов I разряда // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2025. Т. 81. № 12. - С.14-24. DOI: 10.32339/0135-5910-2025-12-14-24
3. Виноградов Е.Н, Калько А.А, Волков Е.А. Определение фактического коэффициента замены кокса природным газом при выплавке чугуна в доменных печах. Практический опыт ПАО «Северсталь» // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2025. Т. 81. № 12. -С.5-13. DOI: 10.32339/0135-5910-2025-12-5-13
4. Виноградов Е.Н., Леонтьев Л.И., Калько А.А. Достижения и перспективы развития аглодоменного подразделения ПАО «СЕВЕРСТАЛЬ» // Известия вузов. Черная металлургия. 2026;69(1):6-13. DOI:10.17073/0368-0797-2026-1-6-13
 Vinogradov E.N., Leont'ev L.I., Kal'ko A/A. Achievements and development prospects of sintering and blast furnace division of PJSC Severstal // Izvestiya Ferrous Metallurgy, 2026, 69(1), pp. 6–13.
- б) патенты
5. Патент № 2518880 РФ. Способ загрузки доменной печи: № 2013100318 :заявл.09.01.2013: опубл. 10.06.2014. Бюл. №16/ Суханов М.Ю., Гуркин М.А., Каримов М.М., Виноградов Е.Н. и др. – 7с.
6. Патент №2 621206 РФ. Способ малошлаковой доменной плавки на магниезиальных шлаках: №2015150801: заявл. 2015.11.26: опубл. 01.06.2017. Бюл. № 16/ Виноградов Е.Н. и др. – 6 с.
7. Патент № 2 608524 С1 РФ. Способ формирования шихты для получения металлургического кокса с заданным показателем горячей прочности CSR: №2015150495: заявл. 24.11.2015: опубл. 19.01.2017. Бюл. №2 / Виноградов Е.Н. и др. – 10 с.
8. Патент 2 673898 РФ. Способ загрузки доменной печи: №2017139370: заявл. 13.11.2017, опубл. 03.12.2018 /Суханов М.Ю., Гуркин М.А., Виноградов Е. Н. и др. – 7 с.
9. Патент №2733610 РФ. Инновационный продукт углеродсодержащий и способ его получения: №2019134518: заявл. 28.10.2019.: опубл. 05.10.2020. Бюл. № 28/ Виноградов Е.Н., Карунова Е.В., Калько А.А., Гороховский В.В. – 6с.
10. Патент 2745787 С1 РФ. Способ получения кокса для доменного производства: № 2020120374: заявл. 15.06.2020: опубл. 31.03.2021. Бюл. №10 / Виноградов Е.Н. и др. - 6с.
11. Патент № 2813432 РФ. Способ выплавки чугуна: №2023130327; заявл. 22.11.2023; опубл. 12.02.2024. Бюл. № 5/ Виноградов Е.Н. и др.-13с.
12. Патент № 2814184 РФ. Способ получения металлургического кокса: № 2023117825; заявл. 06.07.2023; опубл. 26.02.2024. Бюл. № 6/ Виноградов Е.Н., Калько А.А., Карунова Е.В. – 6с.
- в) другие публикации
13. О потерях дутья в доменном производстве / А.В. Лычев, Е. Н. Виноградов, И.В. Логинов // Черные металлы. – 2010. –№4. – С. 8-13.

14. Снижение тепловых потерь через воздушную фурму доменной печи / Е.Н. Виноградов, А.Г. Радюк, Е.А. Волков, А.Л. Теремов, Т.Ю. Сидорова //Сталь. – 2019. – № 11. – С. 9-12.
15. Исследование влияния печных газов, щелочных элементов и первичных шлаков на реакционную способность кокса/ Е.Н. Виноградов и др.// Научно-техн. прогресс в черной металлургии – 2017:III Междунар. науч. конф., Череповец: ЧГУ, 2017. – С.50-56.

Личный вклад автора состоит обосновании цели и задач исследования, планировании и выполнении экспериментов, обработке и анализе полученных результатов, обсуждении основных положений научного исследования и подготовке публикаций.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Доктора технических наук, профессора кафедры «Металлургия железа и сплавов» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» Загайнова Сергея Александровича;

кандидата технических наук, доцента кафедры металлургии и химических технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова» Харченко Елены Олеговны;

кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории пирометаллургии восстановительных процессов федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии имени академика Н.А. Ватолина Уральского отделения Российской академии наук (ИМЕТ УрО РАН) Витькиной Галины Юрьевны;

кандидата технических наук, заведующего кафедрой «Материаловедения, сварочных и аддитивных технологий», Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» Балановского Андрея Евгеньевича;

кандидата технических наук, руководителя Инновационно-технологического центра Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук Кондратьева Виктора Викторовича;

кандидата технических наук, доцента Отделения Информационных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Мартюшева Никиты Владимировича;

кандидата технических наук, первого заместителя генерального директора акционерного общества «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения» Ефимова Семена Викторовича;

кандидата технических наук, директора дирекции по разработке новых технологий процесса Публичного акционерного общества «Новолипецкий металлургический комбинат» Ковалева Дениса Анатольевича и кандидата технических наук, руководителя экспертного направления дирекции по разработке новых технологий процесса Публичного акционерного общества «Новолипецкий металлургический комбинат» Суворова Михаила Николаевича;

кандидата технических наук, директора Высшей школы физики и технологии материалов Института машиностроения, материалов и транспорта Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Ганина Сергея Владимировича, и кандидата технических наук, доцента Высшей школы физики и технологии материалов Института машиностроения, материалов и транспорта Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Ковалева Павла Валерьевича;

заместителя начальника технического управления- начальника отдела агло-коксо-доменного производства, публичного акционерного общества «ЕВРАЗ», филиал «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат» Форшева Андрея Анатольевича;

доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой металлургии, машиностроения и технологического оборудования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Череповецкий государственный университет», Болобановой Наталии Леонидовны;

кандидата технических наук, декана факультета машиностроения и технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Гамова Павла Александровича;

профессора кафедры металлургии и химических технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», доктора технических наук, профессора Сибагатуллина Салавата Камилевича и профессора кафедры металлургии и химических технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», доктора технических наук, профессора Бигеева Вахита Абдрашитовича;

заведующего кафедрой прикладных информационных технологий и программирования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Сибирский государственный индустриальный университет», доктора технических наук, доцента Рыбенко Инны Анатольевны.

Все отзывы положительные.

В отзывах содержатся критические замечания, например,:

- В диссертации предлагается использовать уравнение (1) для оперативного управления содержанием углерода в чугуна, однако коэффициент корреляции составляет всего 0,61. При таком значении коэффициент детерминации не превышает 37%, что означает значительный разброс расчетных значений относительно фактических. Представляется целесообразным уточнить границы применимости данного уравнения, т.е. при каких изменениях параметров шихты и дутья этого уравнения достаточно для оперативного управления, а в каких требуется учет дополнительных факторов?
- В автореферате приведены характеристики ИПУС с показателем CSR в диапазоне 37,5-46,4%, что существенно ниже требований, традиционно предъявляемых к металлургическому коксу для печей большого объема. Указано, что внедрение ИПУС осуществлено «без ухудшения технико-экономических показателей плавки». Поясните, за счет каких именно технологических мероприятий была скомпенсирована пониженная горячая прочность ИПУС, и каковы пределы масштабирования доли ИПУС без риска потери газопроницаемости столба шихты?
- Сам по себе факт ухудшения прочностных характеристик агломерата при увеличении доли возврата является известным с позиций физики процесса спекания. Возможно, речь идет о конкретном количественном пороге или о нелинейном характере деградации прочности при определенном уровне возврата?
- Автором разработана и обоснована технология малошлаковой плавки с содержанием MgO до 14,5%, при этом наблюдается увеличение вязкости шлака на 10-15% и снижение коэффициента распределения серы с 48 до 24-32 ед. Каким образом в условиях повышенной вязкости и малого объема шлака обеспечивалось стабильное получение чугуна с содержанием серы, удовлетворяющим требованиям последующего сталеплавильного передела?
- Проводилась ли проверка воспроизводимости эффекта проникновения калия и натрия в структуру куска кокса на уровне 2/3 высоты шахты на других печах, помимо ДП№4?
- Почему повышение содержания возврата в аглошихте, помимо снижения производительности агломашины, негативно сказывается на работе доменной печи?
- Как на ДП№5 расход дутья зависит от показателя RDI-3,15 агломерата?
- В чем заключается основная опасность чрезмерного разрыхления материалов в периферийной зоне доменной печи?

- Для чего в разработанном способе предлагается заменять часть кондиционного агломерата в головной части порции на отсев железорудных материалов?
- Какие три основные технологические цели преследуются при распределении компонентов железорудной части шихты по сечению доменной печи?
- Как учитывается разрушение агломерата при восстановительно-тепловой обработке?
- Почему периодичность загрузки подач с отсевом предлагается устанавливать обратно пропорциональной его количеству (в интервале от 1/1 до 1/5 подач)?
- Что произошло с показателями работы ДП№5 (производство и расход кокса) при значении эмпирического коэффициента $K > 0,25$?
- На сколько градусов удалось снизить температуру газа на периферии шахт доменных печей при применении разработанного способа загрузки с отсевом?
- В чем заключается риск неравномерности окружного распределения газового потока при загрузке отсева в начальной фазе выгрузки порции?
- При уменьшении содержания углерода в чугуне уменьшается выделение тепла в ходе конвертерной плавки, что может привести к переокислению металла и последующему увеличенному расходу ферросплавов на раскисление, уменьшению выхода годного по жидкому металлу. Проводилась ли оценка влияния уменьшения содержания углерода в чугуне на параметры конвертерной плавки?
- При выявлении взаимосвязи состава и количества первичного шлака с показателями процесса науглероживания чугуна (увеличение оксида железа в первичном шлаке на 1,0% от массы образца приводит к сокращению содержания углерода в промежуточном металлоуглеродистом расплаве в среднем на 0,075%) не указано как содержание углерода в промежуточном металлоуглеродистом расплаве связано с содержанием углерода в чугуне на выпуске.
- В работе было доказано положительное влияние повышенного содержания водорода в печном газе (из-за роста расхода природного газа на тонну чугуна) на восстановление агломерата и окатышей, но не было проанализировано влияние повышенного содержания H_2O в печном газе (также являющееся следствием роста расхода природного газа на тонну чугуна) на горячую прочность кокса CSR, которая на текущий момент исследуется в реакции только с CO_2 .
- Какое предельное отклонение локальных температур периферийного газового потока от среднего значения обычно считается допустимым на доменных печах с высокими показателями?
- Почему удельный расход подрешетных фракций (отсева) при выгрузке из БЗУ выше, чем у надрешетных железорудных материалов?

- Какую цель преследует разработка способа загрузки, учитывающего разницу в истечении подрешетных фракций из бункера БЗУ?
- Как изменились температуры начала фильтрации жидких фаз через коксовую насадку и полной потери газопроницаемости слоя низкокремнистых окатышей по сравнению с рядовыми?
- Какие регрессионные зависимости были получены для оценки содержания углерода в чугуне?
- Какие технологические условия нужны, чтобы снизить расход кокса до 270 кг/т без потери производительности и устойчивости хода печи (качество кокса, качество и состав железорудных материалов, обогащение дутья кислородом)?
- В разделе «Научная новизна» перечислены установленные зависимости и разработанные технологии. Однако некоторые формулировки носят декларативный характер и не содержат четкого выделения выявленных физических закономерностей. Например, указано, что «установлены пределы возможного снижения выхода шлака» и «впервые установлено различие в распределении щелочных элементов», но не раскрыт механизм влияния этих факторов на технологические показатели. Новизна работы была бы более убедительной при формулировке именно физических закономерностей, а не констатации результатов измерений.
- В работе приведены результаты лабораторных исследований влияния водорода на восстановление агломерата и окатышей, однако не обоснован выбор составов и соотношение газов в восстановительных смесях. Неясно, моделируют ли они реальные условия доменной печи при различных расходах природного газа, и насколько результаты лабораторных экспериментов масштабируются на промышленные условия при расходах природного газа до 250 м³/т чугуна.
- В чем суть разработанного способа загрузки для неофлюсованных окатышей?
- Как распределяются ионы калия и натрия в структуре куска кокса?
- В автореферате не представлен блок математического моделирования.
- Диссертант в качестве научной новизны оценивает значение коэффициента влияния снижения выхода шлака на 10 кг на тонну чугуна. Данное положение относится скорее к новым знаниям для условий ПАО «Северсталь», так как коэффициент распределения серы зависит от конструкции горна печи, длины чугунной летки, графика выпусков и вязкости шлака.
- Представленные на рисунках 2.7 и 2.8. данные показывают, что зависимости $S_f/S_{насыщ}$ от температуры чугуна и основности шлака носят экстремальный характер, однако, диссертант делает вывод о том, что увеличением степени насыщения чугуна углеродом можно

управлять с помощью повышения суммарной основности шлака и снижением температуры чугуна. Кроме того, диапазон изменения $S_f/S_{насыщ}$ приведенные на рисунках 2.7 и 2.8. отличаются.

- В диссертации отсутствует описание методики получения проб для определения содержания оксидов по сечению куска.
- При определении коэффициента замены кокса природным газом диссертант использовал уравнение, учитывающее тепловые эффекты окисления углерода и водорода природного газа. При этом влияние расхода природного газа на коэффициент замены. Еще в 1960 годах З.И. Некрасов показал, что при увеличении расхода природного газа коэффициент замены кокса природным газом сокращается. Результаты моделирования не противоречат существующим представлениям, однако, к количественным зависимостям, приведенных на рисунках 5.8-5.11 следует относиться с серьезной долей скептицизма.
- В таблице 5.6. имеется опечатка. Удельный расход суммарного топлива 212 кг/т чугуна.
- В названии второй главы заявлено совершенствование технологии доменной плавки с высокой долей окатышей в железорудной части шихты. Из текста этой главы не следует, как и где это было реализовано. В опытные периоды доменные печи работали с долей окатышей не превышающей 35 %. В частности, это подтверждается таблицей 2.4. в которой указано, что на доменной печи № 4 доля окатышей от массы железорудного сырья составляла 34,2 %. Такое их содержание в шихте нельзя назвать повышенным. Таким образом, название главы частично соответствует ее содержанию.
- На странице 54 диссертации приведен текст «...Влияние оксида магния на вязкость конечных шлаков в температурном диапазоне 1300 – 1600 °С представлено данными таблицы 2.5 и на рисунке 2.3. Повышение содержания MgO в конечном доменном шлаке с 11,5 % до 14,5 % приводит к повышению его вязкости в среднем на 10 – 15 %». При этом на рисунке 2.3. приведено изменение вязкости шлака от температуры при различном содержании MgO от 12 до 14,5 % при условии постоянства остальных оксидов, а в таблице 2.6. приведены свойства шлаковых расплавов в опытный период работы доменной печи. В частности, в периоде с содержанием MgO 14,5 % по сравнению с периодом (MgO 13 %) уменьшилась основность по CaO/SiO_2 на 5 % отн., что действовало в направлении уменьшения вязкости шлака и компенсирования увеличения вязкости от роста MgO согласно рисунку 2.3. Целесообразнее было привести на данном графике изменение вязкости от основности при различном содержании MgO в шлаке для разных уровней температуры.
- В пункте 4.2. представлена запатентованная автором технология загрузки мелкой фракции агломерата в доменные печи с лотковым загрузочным устройством. Широко описаны

режимы их подачи в колошниковое пространство печи. Однако, много описательного текста без конкретных результатов и условий.

- Не приведено ни одной таблицы по результатам работы печи и условий их работы. В том числе не указана определяющая зона по силовому взаимодействию потоков шихты и газа в печи в исследуемые периоды, нет оценки газодинамики работы верхней зоны печи.
- На стр. 108 диссертации «...На рисунке 4.6 приведено типичное распределение основных железорудных компонентов по радиусу колошника ДП №5, полученное методом математического моделирования процесса загрузки этой печи...» Какой метод математического моделирования использовали, критерии моделирования? Проверка на адекватность данной модели также не указана.
- В главе 5 в период проведения промышленных экспериментов по увеличению расхода природного газа теоретическая температура горения понижалась до 1750 0С. Ее уменьшение обусловлено ростом расхода газа без должного компенсирования содержанием кислорода или температурой дутья. При этом в работе не отражено ее распределение по окружности горна печи в новых сформировавшихся условиях. Очевидно, что отличие расхода дутья по фурмам ввиду неравномерного образования тугоплавких масс в объеме нижней части печи и, следовательно, газопроницаемости слоя в разных секторах по окружности приводит к неравномерному распределению теоретической температуры горения по фурмам.

На все критические замечания даны подробные и исчерпывающие ответы (см. стенограмму).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетенцией, наличием публикаций и достижений в области металлургии черных, цветных и редких металлов и способностью определить научную и практическую ценность представленной в диссертационный совет диссертации.

Диссертационный совет ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

установлены:

- Пределы возможного снижения выхода конечного доменного шлака (до 180 кг шлака на тонну чугуна) для сохранения заданного содержания серы в чугуне. При основности шлака $(CaO + MgO)/SiO_2 = 1,28 - 1,32$ ед. сокращение выхода шлака на каждые 10 кг/т чугуна сопровождается увеличением содержания серы в чугуне на 0,003%.
- Пределы возможного снижения температуры выплавляемого чугуна и содержания в нем углерода при увеличении удельного расхода, вдуваемого в доменную печь природного газа в диапазоне от 110 до 220 м³/т чугуна. Снижение теоретической температуры горения, обоснованное увеличением удельного расхода вдуваемого природного газа на каждые 10

м³/т чугуна, приводит к уменьшению температуры выплавляемого чугуна на 1,0°С и сокращению содержания [С] на 0,005%.

- Впервые, практически, взаимосвязи состава и количества первичного шлака с показателями процесса науглероживания чугуна при проплавке в лабораторных условиях агломерата и окатышей с использованием кокса различного качества. Увеличение оксида железа в первичном шлаке на 1,0% от массы образца приводит к сокращению содержания углерода в промежуточном металлоуглеродистом расплаве в среднем на 0,075%.
- Впервые разработаны теоретические основы технологии производства в действующих коксовых батареях нового твердого заменителя кокса - инновационного продукта углеродсодержащего (ИПУС), произведенного из шихты, содержащей от 60 до 100% малоценных угольных концентратов. Полученный продукт использован в составе до 100% твердого топлива доменной плавки.
- Впервые, различие в распределении щелочных элементов в структуре куска кокса, отобранного на высоте 2/3 шахты печи: содержание калия максимально в центре куска и плавно уменьшается на поверхности в 1,35 раза, содержание натрия максимально на поверхности куска и плавно уменьшается к центру в 2,51 раза.

разработаны:

- Разработана и опробована в производственных условиях технология ведения малошлаковой плавки с содержанием MgO в шлаке до 14,5 % при получении чугуна с пониженным содержанием серы и кремния.
- Получена эмпирическая зависимость разупрочнения готового агломерата при низкотемпературном восстановлении (R_{-3,15}, ISO 4696-1) от количества возврата в составе агломерационной шихты. Установлено, что превышение рационального уровня количества возврата на 2% приводит к снижению горячей прочности агломерата на 3,2%. Полученные результаты могут быть использованы для выбора и обоснования параметров управления качеством агломерата путем оптимизации расхода оборотных продуктов аглопроцесса.
- Разработан и внедрен в производство способ загрузки доменной печи с использованием некондиционных фракций агломерата, что позволяет повысить производительность агломерационных машин на 2,0% (2017г.) и снизить расход кокса.
- Внедрен в производство способ снижения себестоимости чугуна за счет разработанной технологии использования углей условно пригодных для коксования в новом виде твердого топлива «ИПУС» с себестоимостью, составляющей 65-70% от себестоимости металлургического кокса, и способов ведения доменной плавки с его использованием.
- Разработан и внедрен в производство способ ведения доменной плавки с расходом природного газа в диапазоне 151 - 200 м³/т чугуна. За период 2021 - 2023 гг. удельный расход природного газа в целом по цеху производства чугуна КАДП ПАО «Северсталь» составил более 190 м³/т

чугуна при расходе твёрдого топлива менее 350 кг/т чугуна, с коэффициентом замены кокса природным газом - 0,704 кг/м³. Лучшие достигнутые месячные показатели в данном периоде по расходу твёрдого топлива составили 307,8 кг/т для ДП №1, 307,4 кг/т для ДП №3 и 335,6 кг/т по цеху в целом.

- Разработан и внедрен в производство комплекс мероприятий, связанных с повышением качества железорудных материалов и кокса, увеличением коэффициента замены кокса природным газом, позволяющий сократить выбросы углеродсодержащих газов (CO, CO₂) в доменном и сталеплавильном производстве за счет снижения содержания углерода в чугуне на 0,10 % и уменьшения расхода углерода при выплавке чугуна на 12,4 кг/т чугуна за период с 2014 по 2023гг.

предложено:

внести в технологические инструкции ПАО «Северсталь» следующие технологические мероприятия, позволяющие:

- Сокращать затраты на производство чугуна за счет технологии использования углей условно пригодных для коксования в новом виде твердого топлива - инновационном продукте углеродсодержащем (ИПУС), произведенном из шихты, содержащей от 60 до 100% малоценных угольных концентратов, с себестоимостью, составляющей 65-70% от себестоимости металлургического кокса. Патент №2733610 РФ. Инновационный продукт углерод, содержащий и способ его получения: №2019134518: заявл. 28.10.2019.: опубл. 05.10.2020. Бюл. № 28. Внесены изменения в технологическую инструкцию: ТИ Д-10-2024* п.4.1.10 (стр.27-28).
- Вести малошлаковую (180-250 кг шлака/т чугуна) доменную плавку с содержанием MgO в шлаке от 11,5% до 14,5 % при получении чугуна с пониженным содержанием серы и кремния, что позволяет расширить диапазон доли применения в шихте железорудного сырья с магнезиальной пустой породой. Патент №2621206 РФ. Способ малошлаковой доменной плавки на магнезиальных шлаках: №2015150801: заявл. 2015.11.26: опубл. 01.06.2017. Бюл. № 16. Внесены изменения в технологическую инструкцию: ТИ Д-10-2024* п.4.1.6 (стр.24).
- Осуществлять загрузку доменных печей железорудным сырьем с использованием некондиционных фракций агломерата, что позволяет повысить производительность агломерационных машин за счет снижения отсева агломерата и снизить расход топлива. Патент 2673898 РФ. Способ загрузки доменной печи: №2017139370: заявл. 13.11.2017, опубл. 03.12.2018. Бюл. №34– 7 с. Внесены изменения в технологическую инструкцию: ТИ Д-10-2024* п.4.1.5 (стр.23). Максимальное фактическое использование фракции 3-5 мм агломерата для выплавки чугуна составило 204 тыс.т /год или 22,3 кг/ чугуна в 2017г.

- Вести доменную плавку с использованием двух видов кокса, различающихся горячей прочностью (CSR) на величину более 5%. Патент № 2608004 РФ. Способ ведения доменной плавки: № 2015132412, заявл. 03.08.2015; опубл. 11.01.2017. Бюл. № 2. Внесены изменения в технологическую инструкцию: ТИ Д-01-2022** п.4.7.3.22 (стр.58), и Приложение «Р» к данной ТИ (стр.162).

Обозначения технологических инструкций ПАО «Северсталь»:

* ТИ Д10-2024 – технологическая инструкция ПАО «Северсталь» «Специальные режимы работы по выплавке чугуна на доменных печах №№1-5 коксоаглодоменного производства».

** ТИ Д-01-2022 – технологическая инструкция ПАО «Северсталь» «Ведение процесса выплавки чугуна на доменных печах №№1-5 коксоаглодоменного производства».

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

- Внедрение запатентованных технологических решений в коксоаглодоменном производстве ПАО «Северсталь» позволили за период 2019-2025 гг. произведено и использовано при выплавке чугуна 2,3 млн т ИПУС, произведенного из шихты, содержащей от 60 до 100% малоценных угольных концентратов.
- Максимальное фактическое использование фракции отсева 3-5 мм агломерата для выплавки чугуна составило 204 тыс. т /год или 22,3 кг/ чугуна в 2017г.

Оценка **достоверности** результатов исследования выявила:

основные положения и результаты диссертации подтверждается их получением на основе экспериментов, проведенных с использованием сертифицированного лабораторного оборудования ЦТР Upstream ПАО «Северсталь», практическим применением на действующих доменных печах ПАО «Северсталь», докладами на международных научно- технических конференциях и публикациями в рецензируемых журналах.

Личный вклад соискателя состоит в обосновании цели и задач исследования, планировании и выполнении экспериментов, обработке и анализе полученных результатов, обсуждении основных положений научного исследования и подготовке публикаций.

Тема диссертации, а также ее проблематика и содержание, соответствуют паспорту специальности 2.6.2 «Металлургия черных, цветных и редких металлов» (области исследований п.2,7,9,15,17,20).

Диссертация Виноградова Евгения Николаевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, обладающую внутренним единством, в которой разработаны и исследованы научно-обоснованные технические и технологические решения, обеспечивающие высокоэффективное использование и максимальную загрузку мощностей коксоаглодоменного производства в условиях высокого расхода природного газа, переменного состава угольной и железорудной части шихты и требований к снижению выбросов CO_2 .

Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Теоретически и экспериментально обоснованы зависимости процесса науглероживания чугуна от состава и количества первичного шлака в условиях использования кокса переменного качества.

2. Выявлено различие в распределении щелочных элементов в структуре куска кокса, отобранного на высоте 2/3 шахты печи: содержание калия максимально в центре куска и плавно уменьшается на поверхности в 1,35 раза, содержание натрия максимально на поверхности куска и плавно уменьшается к центру в 2,51 раза.

3. Разработана и опробована в производственных условиях технология ведения малошлаковой плавки с содержанием MgO в шлаке до 14,5 % при получении чугуна с пониженным содержанием серы и кремния.

4. Получена эмпирическая зависимость разупрочнения готового агломерата при низкотемпературном восстановлении ($R_{-3,15}$, ISO 4696-1) от количества возврата в составе агломерационной шихты. Установлено, что превышение рационального уровня количества возврата на 2% приводит к снижению горячей прочности агломерата на 3,2%. Полученные результаты могут быть использованы для выбора и обоснования параметров управления качеством агломерата путем оптимизации расхода оборотных продуктов аглопроцесса.

5. Разработан и внедрен в производство способ загрузки доменной печи с использованием некондиционных фракций агломерата, что позволяет повысить производительность агломерационных машин на 2,0% (2017г.) и снизить расход кокса.

6. Внедрен в производство способ снижения себестоимости чугуна за счет разработанной технологии использования углей условно пригодных для коксования в новом виде твердого топлива «ИПУС» с себестоимостью, составляющей 65-70% от себестоимости металлургического кокса, и способов ведения доменной плавки с его использованием.

7. Разработан и внедрен в производство способ ведения доменной плавки с расходом природного газа в диапазоне 151 - 200 $\text{м}^3/\text{т}$ чугуна. За период 2021 - 2023 гг. удельный расход природного газа в целом по цеху производства чугуна КАДП ПАО «Северсталь» составил более 190 $\text{м}^3/\text{т}$ чугуна при расходе твёрдого топлива менее 350 $\text{кг}/\text{т}$ чугуна, с коэффициентом замены кокса природным газом - 0,704 $\text{кг}/\text{м}^3$. Лучшие достигнутые месячные показатели в данном периоде

по расходу твёрдого топлива составили 307,8 кг/т для ДП №1, 307,4 кг/т для ДП №3 и 335,6 кг/т по цеху в целом.

8. Разработан и внедрен в производство комплекс мероприятий, связанных с повышением качества железорудных материалов и кокса, увеличением коэффициента замены кокса природным газом, позволяющий сократить выбросы углеродсодержащих газов (CO , CO_2) в доменном и сталеплавильном производстве за счет снижения содержания углерода в чугуне на 0,10 % и уменьшения расхода углерода при выплавке чугуна на 12,4 кг/т чугуна за период с 2014 по 2023 гг.

9. Разработаны теоретические основы технологии производства в действующих коксовых батареях нового твердого заменителя кокса - инновационного продукта углеродсодержащего (ИПУС), произведенного из шихты, содержащей от 60 до 100% малоценных угольных концентратов. Полученный продукт использован в составе до 100% твердого топлива доменной плавки.

На заседании 07 октября 2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Виноградову Евгению Николаевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 10 докторов наук специальности 2.6.2 – Metallургия черных, цветных и редких металлов, участвовавших в заседании, из 12 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 11, против присуждения учёной степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного
совета 31.1.007.02, д.т.н.

Н.А. Козырев

Ученый секретарь диссертационного
совета 31.1.007.02, к.т.н.

Я. Л. Кац

07 октября 2026 года

Подпись А.В. Куклева и Я.Л. Каца заверяю:
ученый секретарь ЦНИИЧермет, к.т.н.



Т.Н. Москвина