

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.324.01,
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 КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 14.12.2021 № 12

О присуждении Харченко Елене Олеговне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Научное и технологическое обоснование эффективного использования некондиционного агломерата в доменных печах» по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов принята к защите 12.10.2021 г. (протокол заседания №11) диссертационным советом 24.2.324.01, созданном 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 № 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель Харченко Елена Олеговна, 10 января 1987 года рождения.

В 2009 году с отличием окончила государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» по специальности «Безопасность жизнедеятельности в техносфере». В 2017 году с отличием окончила магистратуру в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» по направлению 22.04.02 Metallургия, профиль «Metallургия черных металлов». Окончила аспирантуру, профиль «Metallургия черных, цветных и редких металлов» при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

Работает учебным мастером кафедры металлургии и химических технологий 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 металлургии и химических технологий в ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент, Сибгатуллин Салават Камирович, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», профессор кафедры металлургии и химических технологий.

Официальные оппоненты:

Дмитриев Андрей Николаевич, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории пирометаллургии черных металлов ФГБУН «Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург,

Шаповалов Алексей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по инновациям и развитию, заведующий кафедрой металлургических технологий и оборудования Новотроицкого филиала ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Новотроицк

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, в своем положительном отзыве, подписанном Коржовым Антоном Вениаминовичем, доктором технических наук, доцентом, проректором по научной работе, Рошиным Василием Ефимовичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры пирометаллургических и литейных технологий, Гамовым Павлом Александровичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой пирометаллургических и литейных технологий, указали, что диссертация Харченко Елены Олеговны ... «выполнена на высоком научном уровне и представляет собой самостоятельную законченную научно-квалификационную работу». Ее выводы и рекомендации достаточно обоснованы, имеют научное и практическое значение. Сформулированные в диссертации научные выводы полностью отвечают ее содержанию и непосредственно следуют из основных результатов. Она соответствует требованиям, предъявляемым к

кандидатским диссертациям в пп. 9-11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. В ней содержатся научное и технологическое обоснование эффективного использования некондиционного агломерата в доменных печах. Харченко Елена Олеговна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Соискатель имеет 26 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 26 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ (5 статей – в журналах из перечня, рекомендованного ВАК РФ и 2 статьи – в журналах, индексируемых в международных базах Web of Science, Scopus), 2 патента РФ на изобретение, 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Сведения об опубликованных работах достоверны. Авторский вклад соискателя объемом 2,3 п.л. в опубликованных работах общим объемом 9,46 п.л. состоит в постановке цели и задач исследования, разработке общей концепции теоретического исследования, построении математических моделей, проведении экспериментов, научном обосновании выявленных зависимостей, обработке и обобщении полученных результатов, подготовке работ к публикации.

К наиболее значимым научным публикациям относятся:

1. Чевычелов, А.В. Влияние последовательности загрузки компонентов шихты в бункер компактного БЗУ на эффективность работы доменной печи / А.В. Чевычелов, М.Н. Евстафьев, В.А. Бегинюк, С.К. Сибатуллин, Е.О. Теплых (Е.О. Харченко), А.С. Харченко // Черные металлы. - 2012. - № 5. - С. 43-45.

2. Сибатуллин, С.К. Рациональное размещение материалов в шихтовом бункере компактного бесконусного загрузочного устройства / С.К. Сибатуллин, А.С. Харченко, Е.О. Теплых (Е.О. Харченко), В.А. Бегинюк, М.А. Семенюк, Д.Н. Гущин // Metallurgical processes and equipment. - 2014. - № 1. - С. 27-32.

3. Сибатуллин, С.К. Улучшение работы доменной печи кратковременным уменьшением расхода природного газа / С.К. Сибатуллин, А.С. Харченко, Е.О. Харченко, М.И. Сибатуллина, С.Р. Миникаев, В.А. Бегинюк // Черная металлургия. - 2017. - № 2. - С. 16-20.

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

1. АО «Уральская Сталь», г. Новотроицк, д.т.н. Куницын Г.А.;

2. ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический

университет», г. Иркутск, д.т.н. Немчинова Н.В.;

3. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, д.т.н. Рыбенко И.А.;

4. ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, д.т.н. Михайлов Г.Г.;

5. ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, д.т.н. Загайнов С.А.;

6. ООО «Научно-техническая производственная фирма «Эталон», г. Магнитогорск, к.т.н. Манашев И.Р.;

7. «Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины», г. Днепр, д.т.н. Меркулов А.Е.;

8. ФГБУН «Институт металлургии Уральского отделения РАН», г. Екатеринбург, к.т.н. Витькина Г.Ю., к.т.н. Алекторов Р.В.;

9. ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», г. Липецк, к.т.н. Титов В.Н.;

10. ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», г. Ярославль, д.т.н. Иванова В.А.;

11. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск, д.т.н. Зиатдинов М.Х.;

12. ООО Научно-производственное предприятие «Уралэлектра», г. Екатеринбург, д.т.н. Фролов Ю.А.;

13. ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Нижнетагильский технологический институт (филиал) УрФУ, г. Нижний Тагил, к.т.н. Метелкин А.А.;

14. ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, д.т.н. Лавров В.В.

В отзывах на автореферат содержатся следующие замечания.

1. В современных условиях мелкая фракция агломерата перед загрузкой в доменную печь отсеивается. В представленных материалах отсутствуют результаты сопоставления гранулометрического состава кондиционного и некондиционного агломератов, загружаемых в доменные печи. Непонятно отличается ли эффективность грохочения некондиционного агломерата от стандартного.

2. При описании математической модели используются малопонятные термины вместо устоявшихся. При этом, как определяются или измеряются, эти

величины не указывается.

3. Пункт 1 научной новизны сформулирован в тривиальной форме и не содержит доказательных доводов, претендующих на теоретическое обоснование методов управления.

4. В пункте 3 научной новизны положительное влияние совместной загрузки некондиционного агломерата с марганцевой рудой Ниязгуловского месторождения является следствием, причину этого эффекта необходимо сформулировать.

5. Прошу на защите пояснить механизм превращения кондиционного агломерата в некондиционный при складировании его на складах ЦПАШ. В автореферате механизм не приведен.

6. В списке трудов соискателя отсутствует информация о попытке патентной защиты результатов исследований.

7. В автореферате не приведены причины разрушения агломерата при его складировании в специализированных складах.

8. Вызывает сомнение правомерность лабораторных исследований с использованием кондиционного агломерата, который превратили в некондиционный путем его длительной выдержки (стр. 8).

9. С точки зрения математического моделирования регрессионная математическая модель с коэффициентом $R^2 = 0,55$ (стр. 9) не может считаться адекватной, так как только на 55 % отражает реальные свойства объекта.

10. Какой программный комплекс использовался автором для математического моделирования?

11. Из автореферата не совсем понятно, от чего зависит содержание некондиционного агломерата в массе железорудной части шихты для обеспечения улучшения показателей работы печи?

12. В автореферате указано на использование ГОСТ 2409-95, который в настоящее время не действует и заменен на ГОСТ 2409-2014.

13. Из содержания автореферата неясно, каким методом установлены показатели средней крупности, представленные в таблице 1.

14. Отсутствуют сведения о методах статистической обработки полученных в работе экспериментальных данных.

15. Насколько применимы предлагаемые рациональные режимы загрузки некондиционного агломерата для условий доменных печей ОА «Уральская Сталь» оснащенных конусными загрузочными устройствами?

16. На с. 9. автореферата регрессионная зависимость величины

некондиционного агломерата для условий односкипового наполнения бункера имеет относительно невысокую достоверность аппроксимации $R^2 = 0,55$. Возможно ли использование в этом случае полученного уравнения на практике?

17. В результате проведенных лабораторных исследований показано существенное изменение физико-механических и физико-химических характеристик некондиционного агломерата в результате атмосферного воздействия при хранении (глава 1). В этом случае, на наш взгляд, следовало бы оценить влияние ввода в шихту некондиционного агломерата не только на газодинамику, но и на шлаковый режим доменной плавки.

18. Как повлияло изменение гранулометрического состава шихты при использовании некондиционного агломерата до 20 % на скорость схода шихтовых материалов из бункера БЗУ и на точность распределения по станциям? Требуется ли корректировка времени открытия лотка и угла его положения?

19. Использование некондиционного агломерата до 20 % возможно только на печах оборудованных БЗУ?

20. Необходимо было указать минимальное и максимальное время продолжительности промышленных испытаний по доменным печам.

21. В автореферате отсутствуют пояснения, раскрывающие причину использования показателя «содержание фракции (-12) мм», а не «содержание фракции «(-5) мм» при построении зависимостей, представленных на рисунках 1, 2 (стр. 9 автореферата).

22. Из текста автореферата непонятно, за счет чего происходило снижение удельного расхода кокса (таблицы 2,3,5) при использовании рекомендуемых режимов загрузки некондиционного агломерата в доменные печи.

23. На стр. 8 указано: «Оставшийся агломерат превратили в некондиционный путем складирования его в помещении сроком на один месяц с последующим пересыпанием...». Не указано, какое было помещение (открытое/закрытое, отапливаемое и пр.) и были ли условия хранения агломерата приближены к реальным.

24. В автореферате нет четкого определения некондиционного агломерата и отличается ли оно для различных комбинатов?

25. На стр. 17 указано, что в результате промышленных испытаний в доменных печах ПАО «ММК» даны технологические рекомендации по его загрузке и эффективному использованию. Используются ли в настоящее время предложенные рекомендации и на каких доменных печах?

26. Увеличение доли некондиционного агломерата на периферии от 24 до

27% снизило среднюю температуру холодильников шахты на 6,5 °С. Насколько изменилась температура холодильников шахты при поступлении некондиционного агломерата до 24 %?

27. Чем обусловлен выбор некондиционной фракции агломерата в интервале 0-5мм?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновываются их известными систематическими исследованиями и научными работами, опубликованными в высокорейтинговых рецензируемых журналах по проблемам диссертационного исследования в области теории и практики агломерационного и доменного производств, в том числе математического моделирования процессов восстановления, теплообмена, газодинамики и плавления, исследованию процесса производства агломерата, его физико-механических и физико-химических свойств, влияния на ход процессов в доменной печи.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новые принципы распределения некондиционного агломерата в колошниковом пространстве печи на основе загрузки его преимущественно в зону рудного гребня и промежуточное пространство между периферией и рудным гребнем в смеси с коксовой фракцией или агломератом повышенного качества;

предложен подход к выбору печей в доменном цехе для загрузки в них некондиционного агломерата, разработанный на основе учета времени пребывания материалов в противоточной зоне печи и показателя уравнивания силы тяжести железорудного сырья подъемной силой газового потока;

доказана эффективность технологически обоснованных принципов загрузки некондиционного агломерата в смеси с коксовой фракцией в кольцевые зоны колошникового пространства доменной печи.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

доказана эффективность совместной загрузки некондиционного агломерата с марганцевой рудой в доменные печи, работающие в условиях сдерживания процесса выплавки чугуна интенсивностью его хода в нижней части;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы:** статистический анализ, методы планирования эксперимента с получением результатов, обладающих новизной;

раскрыты и выявлены проблемы, связанные с качеством сырья, поставляемого в

доменный цех;

изложены физико-механические и физико-химические свойства некондиционного агломерата, объясняющие его действие на ход процессов в доменной печи;

изучены и дополнены закономерности распределения некондиционного агломерата по крупности в колошниковом пространстве печи при загрузке его в смеси с компонентами шихты;

проведена модернизация существующих математических моделей загрузки компонентов шихты в колошниковое пространство печи.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: разработаны и внедрены эффективные режимы загрузки некондиционного агломерата в доменные печи ПАО «ММК» (акт внедрения в производство прилагается в диссертации), повышающие производительность доменных печей на 53,5 т/сутки и снижающие удельный расход кокса на 3,3 кг/т чугуна;

определены пределы и перспективы практического использования математических моделей загрузки мелких фракций агломерата в колошниковое пространство печи;

созданы четыре программы для ЭВМ, применение которых направлено на повышение технико-экономических показателей работы доменных печей;

представлены рекомендации по совершенствованию технологии загрузки некондиционного агломерата в доменные печи в виде изменения в технологическую инструкцию ПАО «ММК» ТИ 101-Д-22-2019.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

эксперименты проведены на доменных печах ПАО «ММК», оснащенных современной сертифицированной, поверенной контрольно-измерительной аппаратурой и на физической модели БЗУ с соблюдением основных критериев подобия;

теория диссертационной работы построена на базе современных достижений в области теории движения сыпучих сред, газового потока, жидкостей, горения топлива, плавления и шлакообразования, теплопередачи, массообмена;

идеи базируются на фундаментальных положениях составляющих доменного процесса и не противоречат результатам, представленным в независимых источниках;

использованы сравнения полученных автором данных с данными, представленными в независимых научных источниках;

установлен высокий уровень сходимости результатов моделирования и

промышленных испытаний;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации компьютерным способом с применением современного программного обеспечения, измерительные приборы и пакеты прикладных программ, обширный литературный материал.

Личный вклад соискателя состоит в формулировании цели и задач исследования, организации и проведении лабораторных и промышленных экспериментов, анализе и интерпретации результатов исследования, разработке алгоритма выбора печи в доменном цехе для загрузки в нее некондиционного агломерата, формулировке основных положений и выводов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Некондиционный агломерат может быть по нескольким параметрам: химическому составу, крупности, прочности. В диссертационном исследовании подробно анализируется и существенно используется лишь характеристика крупности агломерата. Непонятно, как использовать агломерат, некондиционный по другим свойствам?

2. Среди задач исследования заявлена «...оценить физико-химические свойства некондиционного агломерата», но в диссертации нет результатов такой оценки и рекомендаций по использованию агломерата с отличающимися физико-химическими характеристиками.

3. Согласно результатам главы 2 некондиционный агломерат по сравнению с кондиционным имеет повышенную восстановимость. Требуется пояснения причин повышенной восстановимости и как повышенная восстановимость некондиционного агломерата отражается на работе доменной печи.

4. Среди использованных источников информации отсутствуют зарубежные работы.

5. Цель представленной диссертационной работы – разработка эффективного режима использования некондиционного агломерата в доменных печах, оснащенных однотоковым компактным БЗУ лоткового типа, для повышения их производительности и снижения удельного расхода кокса. Но есть и другой путь решения проблемы – изучение возможностей и снижение количества некондиционного агломерата. Занимались ли вы этим вопросом?

6. Соблюдались ли полностью условия хранения кондиционного агломерата при искусственном превращении его в некондиционный по сравнению с реальными условиями хранения агломерата на специализированных площадках с

целью обеспечения стабильного снабжения доменных печей сырьем в период остановок агломерационных фабрик?

7. Проводили ли химический и фазовый анализ некондиционного агломерата в процессе его образования? Возможно, сравнительный анализ кондиционного и некондиционного агломерата позволил выявить интересные закономерности по формированию качества (металлургических характеристик) агломерата. Например, объяснить, почему некондиционный агломерат имеет более высокую степень восстановления по сравнению с агломератом текущего производства (с. 40 диссертации).

8. На с. 9 автореферата и с. 69 отмечено, что «физическим и математическим моделированием установлены зависимости распределения некондиционного агломерата по станциям углового положения лотка в смеси с кондиционным агломератом». Что понимается под математическим моделированием?

9. Разработанный алгоритм выбора доменной печи для использования некондиционного агломерата как-нибудь проверялся, например, проведением опытных плавов на всех доменных печах, включая рекомендуемую печь?

10. На с. 72 диссертации для доменной печи №9 указано, что «самопроизвольное перетекание окатышей в пристеночную зону печи сопровождалось увеличением температуры холодильников шахты с 56,4 до 62,4 °С». В чем причина перетекания окатышей и сущность его влияния на изменение температуры холодильников?

11. На с. 92 диссертации для доменной печи №6 указано, что «загрузка марганцевой руды в количестве 3,34 кг на 1 % некондиционного агломерата на доменной печи, работающей с определяющей по газодинамике зоной в верхней части печи, компенсировало отрицательное влияние некондиционного агломерата на взаимное сопротивление потоков шихты и газа в шахте печи в условиях увеличения удельного расхода кокса за счет протекания реакции прямого восстановления между углеродом кокса и оксидами марганца». Однако из текста диссертации не очевидно, что определяющее влияние оказывало именно марганцевая руда.

12. Ряд выводов в заключение диссертационной работы является скорее констатацией факта, например п.4 «разработан алгоритм ...» (с.17 автореферата и с. 108 диссертации), чем формулировкой научного достижения.

13. В начале работы приведены критерии признания агломерата некондиционным (крупность, стабильность, прочность...), однако в дальнейшем

все сводиться к содержанию мелочи.

14. По тексту работы под некондиционным агломератом понимается агломерат после длительного хранения, что не совсем корректно по отношению к агломерату – скорее это «лежалый» агломерат. Кроме того, такое упрощение противоречит указанным в начале работы критериям кондиционности агломерата и не учитывает некондиционный агломерат, полученный с нарушениями технологии.

15. По тексту работы указывается, что среднегодовая доля некондиционного агломерата в условиях ПАО «ММК» составляет 15 %. Как получены эти данные и что относили к некондиционному агломерату?

16. Чем объясняется устойчивое ухудшение прочностных свойств «некондиционного» агломерата, полученное в результате лабораторных исследований?

17. При анализе производственных данных о работе доменных печей (ДП) №№ 4 и 6 ПАО «ММК» при различной доле «некондиционного» агломерата в шихте делается вывод о том, что именно исследуемый фактор определяет ухудшение ТЭП работы печей, однако не оговаривается уменьшение доли окатышей в изучаемые периоды. Кроме того, вызывает вопросы выбор недельного периода работы ДП №4 (аналогичный вопрос о выборе длительности «базового» периода и далее по тексту).

18. При анализе работы ДП №10 с различной долей «некондиционного» агломерата не рассмотрены причины резкого снижения расхода дутья в периоде IV при понижении давления дутья и колошниковога газа.

19. В работе нет данных о применяемых режимах загрузки «некондиционного» агломерата на ДП №№ 4, 6 и 10 (главы 3 и 4).

20. В работе не указана привязка «номера станции углового положения лотка» к расположению колошниковога пространства, тогда как по тексту количество станций изменяется от 3-х (рис. 3.3) до 6 (рис. 3.4), а говоря о производственных условиях, приводятся данные о том, что «для эффективного использования некондиционного агломерата следует его размещать преимущественно в зоне рудного гребня и промежуточной зоне между периферией и рудным гребнем, то есть с позиций углового положения лотка №№ 5-9» (стр. 61). Вероятно, следует разделить понятия - «номер станции», привязав его к положению лотка относительно наклонного моста (для физического моделирования), и «угол наклона лотка», определяющий траекторию движения материалов и их распределение по радиусу колошника.

21. По тексту работы (глава 4) приводятся утверждения об определяющей

газодинамические условия в зоне доменных печей, однако никакого обоснования этим утверждениям нет.

22. В разработанных режимах не оговорены пределы их использования, как количественно, так и применительно к другим доменным печам.

23. В табл. 3.3 и 3.4, 3.8, 3.11 речь идет об избыточном или абсолютном давлении дутья и колошниковога газа?

24. В выводах главы 4 и заключении говорится о том, что автором работы «разработаны, обоснованы и внедрены режимы...» загрузки некондиционного агломерата. Однако по тексту главы 4 говорится только об анализе производственных данных. Возможно, в выводах было бы уместнее ограничиться вкладом автора в обоснование рациональных режимов...?

25. По тексту работы непонятно, каким образом рассчитывали продолжительность пребывания материалов в противоточной зоне доменной печи.

28. Целесообразно в автореферате приводить пределы допустимых расходов различных материалов, загружаемых в доменную печь, а не точные цифры.

29. Непонятно как рациональное использование некондиционного агломерата приведет к выполнению Парижского соглашения по сокращению выбросов CO₂ в атмосферу планеты.

Соискатель Харченко Елена Олеговна ответила на замечания, задаваемые ей в ходе заседания вопросы, и привела собственную аргументацию:

Агломерат, некондиционный по химическому составу (содержание железа, основность, содержание MgO и др.), целесообразно использовать руководствуясь указаниями технологической инструкции (например, в ПАО «ММК» п. 2.3, п. 2.7, п. 2.13.1, п. 2.19 ТИ 101-Д-22-2019). Агломерат, некондиционный по прочности целесообразно использовать, руководствуясь величиной одновременного изменения в нём содержания мелочи, так как между ними наблюдается тесная обратная взаимосвязь, и результатами данного исследования.

В качестве физико-химических свойств агломерата исследовали степень его восстановления при температуре 500 °С и прочностные свойства после воздействия на него газов восстановителей. Основные результаты такой оценки следующие: некондиционный агломерат по сравнению с кондиционным имеет увеличенную степень восстановления при температуре 500 °С на 0,5 % абс., что обеспечило более высокое содержание FeO, равное 19,4 %, против 17,8 % у агломерата текущего производства. Основной причиной повышенной восстановимости некондиционного агломерата является более высокая доля

железа в виде оксида Fe_2O_3 , имеющего пониженную химическую прочность.

Рекомендации по использованию агломерата с отличающимися физико-химическими характеристиками согласно результатам данного исследования зависят от вида и расположения определяющих процессов и зон. Например, в условиях угрозы «подвисания» шихты в верхней части шахты целесообразно обеспечивать загрузку марганцевой руды в количестве 3,34 кг/т чугуна на 1 % роста доли такого агломерата. При определяющей роли газодинамики в нижней части печи стабильную ее работу обеспечивает загрузка марганцевой руды в количестве 1,98 кг/т чугуна на 1 % некондиционного агломерата.

Использованные источники информации из зарубежных работ отражены в наших публикациях, перечень которых приведен в автореферате и диссертации.

Изучением возможностей и снижением количества некондиционного агломерата занимались. В 2021 г проведены исследования в лабораториях кафедры МиХТ и на аглофабрике №5 ПАО «ММК». Имеется отчёт, в списке исполнителей которого указана Харченко Е.О.

Условия хранения при искусственном превращении агломерата в некондиционный отличались от реальных условий хранения агломерата на специализированных площадках. На производстве агломерат хранится на открытых складах в различных климатических условиях (зима, лето, весна, осень). В МГТУ хранили агломерат в закрытом помещении с целью создания одинаковых условий в различные периоды времени проведения исследований.

Химический и фазовый анализ некондиционного агломерата в процессе его образования не входил в план исследований, так как диссертационная работа имеет наименование «Научное и технологическое обоснование эффективного использования некондиционного агломерата в доменных печах». Сравнительный анализ химического состава сформировавшихся агломератов проводили. Согласно этому анализу основной причиной повышенной восстановимости некондиционного агломерата является более высокая доля железа в виде оксида Fe_2O_3 , имеющего пониженную химическую прочность.

Под математическим моделированием понимали разработку уравнений, описывающих физический процесс движения некондиционного агломерата при его загрузке на модели лоткового БЗУ в колошниковое пространство печи в смеси с кондиционным агломератом и применение полученных уравнений к загрузке промышленной печи.

Содержание некондиционного агломерата в массе железорудной части

шихты для обеспечения улучшения показателей работы печи зависит от расположения определяющей по газодинамике зоны в доменной печи, которая была выбрана по разработанному алгоритму на основе времени пребывания материалов в противоточной зоне печи, показателя уравнивания силы тяжести железорудного сырья подъёмной силой газового потока. Разработанный алгоритм выбора доменной печи для использования некондиционного агломерата проверяли по изменению производительности и удельного расхода кокса загрузкой некондиционного агломерата на отдельные доменные печи. Из проведения опытных плавов были исключены печи, работающие с угрозой «подвисания» шихты.

Основной причиной самопроизвольного перетекания окатышей в пристеночную зону печи является их низкий коэффициент внутреннего трения. Сущность основного влияния окатышей на изменение температуры холодильников в исследованиях заключалась в абразивном истирании ими части внутреннего слоя футеровки шахты, распара, заплечиков.

Причины образования некондиционного агломерата различны: складирование на открытом воздухе, нарушение технологии его производства. В результате, в большинстве случаев агломерат будет образовываться с повышенным содержанием мелких фракций.

Информация о среднегодовой доле некондиционного агломерата в составе шихты доменных печей получена на основе информации из технического отчёта доменного цеха. В нём указано количество некондиционного агломерата и его разновидность: «лежалый», «нарушение технологии».

Причина разрушения агломерата заключается во взаимодействии неусвоенной извести агломерата с влагой воздуха.

Действие доли окатышей на технико-экономические показатели отражено через крупность железорудного сырья и содержание в нём железа, что учтено в пофакторном расчете. Длительность периода, равная одной неделе, обусловлена длительностью обновления коксовой насадки в горне печи за данный промежуток времени.

Существенное уменьшение расхода дутья, уменьшения его давления и давления колошникового газа в исследуемый период были обусловлены значительным повышением доли в шихте некондиционного агломерата.

Критерием определяющей зоны по высоте доменной печи является место

расположения приближающейся к «подвисанию» шихты при увеличении интенсивности хода.

Приведенные в таблицах диссертации давления дутья и колошникового газа характеризуют их значения выше соответствующих атмосферных величин (избыточное давление).

В главе 4 приведены результаты активных экспериментов на доменных печах ПАО «ММК», в результате которых разработаны и внедрены в производство рациональные режимы локальной загрузки некондиционного агломерата в колошниковое пространство печи в смеси добавочными материалами.

При обработке результатов экспериментов использовали программу Статистика.

На заседании 14.12.2021 диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технологические решения, включающие эффективные режимы загрузки некондиционного агломерата в кольцевые зоны колошникового пространства доменной печи, имеющие существенное значение для развития металлургической отрасли присудить Харченко Елене Олеговне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по специальности 2.6.2. Металлургия черных, цветных и редких металлов, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 17, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертационного совета



Колокольцев Валерий Михайлович

Ученый секретарь
диссертационного совета
14.12.2021 г.

Мезин Игорь Юрьевич