

**Заключение диссертационного совета Д 01.019.03
на базе ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики
по диссертации на соискание учёной степени доктора наук**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета Д 01.019.03

от 19 декабря 2019 г., протокол № 5

О ПРИСУЖДЕНИИ

**КУЗИНУ Андрею Викторовичу
учёной степени доктора технических наук**

Диссертация «Развитие научных основ и технологии доменной плавки с использованием подготовленного по фракционному составу кокса» по специальности 05.16.02 – «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов» принята к защите 12 сентября 2019 г., протокол № 4 диссертационным советом Д 01.019.03 на базе ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики, 283001, г. Донецк, ул. Артема, 58, приказ о создании диссертационного совета № 593 от 02.06.2016 г. и № 775 от 24.07.2017 г.

Соискатель Кузин Андрей Викторович 1972 года рождения. Диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук «Совершенствование технологии доменной плавки с использованием мелкофракционного кокса» защитил в 2006 году, в диссертационном совете, созданном на базе Государственного высшего учебного заведения «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ».

Работает в должности доцента кафедры «Руднотермические процессы и ма-

лоотходные технологии» в ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики.

Диссертация выполнена на кафедре «Руднотермические процессы и малоотходные технологии» ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики.

Научный консультант отсутствует (письмом № 71 от 28.03.2019 г., подписанным Председателем ВАК при МОН ДНР Г.А. Игнатенко, получено разрешение диссертационному совету Д 01.019.03 принять докторскую диссертацию к рассмотрению без назначения научного консультанта).

Официальные оппоненты:

1) Фролов Юрий Андреевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник, ООО Научно-производственного предприятия «Уралэлектра» (г. Екатеринбург), консультант-металлург отдела систем регулирования и метрологии;

2) Загайнов Сергей Александрович, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург), профессор кафедры металлургии железа и сплавов;

3) Сафонов Владимир Михайлович, доктор технических наук, доцент, Выксунский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов» (г. Выкса), профессор кафедры электрометаллургии;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ГОУ ВПО ЛНР «Донбасский государственный технический университет» (г. Алчевск), в своем положительном заключении, подписанном на основании обсуждения и одобрения на заседании кафедры «Металлур-

гия чёрных металлов» (протокол № 10 от 17.10.2019 г.) Куберским Сергеем Владимировичем, кандидатом технических наук, профессором, проректором по научной работе, заведующим кафедрой «Металлургия чёрных металлов», утвержденном 17.10.2019 г. ректором ГОУ ВПО ЛНР «Донбасский государственный технический университет», кандидатом экономических наук, доцентом А.М. Зинченко указала, что диссертация отвечает требованиям п. 2.1 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области научно-практических исследований технологии производства чёрных металлов и наличием публикаций в соответствующих сферах исследований.

Соискатель имеет по теме диссертации 36 опубликованных работ (680 стр.), в том числе 27 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, из них 21 статья – в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ, ДНР и Украины, 6 – в изданиях, входящих в наукометрическую базу данных SCOPUS. Из общего числа опубликованных работ: 2 монографии, 3 патента на полезную модель, 4 работы в материалах конференций. Из всех работ – 8 опубликовано единолично, остальные в соавторстве (доля автора – 320 стр.).

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

перечень ВАК РФ и Украины:

1. Кузин, А.В. Влияние введения твердого восстановителя в железорудный слой на восстановление оксидов железа // *Металл и литье Украины*. – 2013. – № 1. – С. 3-9.

2. Кузин, А.В. Оценка газопроницаемости зоны когезии в доменной печи / А.В. Кузин, Н.С. Хлапонин // *Сталь*. – 2019. – № 3. – С. 6-12. (*развито научное представление о газопроницаемости зоны когезии при введении коксового орешка в железорудную часть шихты*).

перечень ВАК ДНР:

3. Кузин, А.В. Оценка газопроницаемости рудной части шихты при введении в неё коксового орешка / А.В. Кузин, Н.С. Хлапонин // Вестник Донецкого национального технического университета. – 2019. – № 1. – С. 66-72. (*усовершенствованы представления о газопроницаемости рудной части шихты в «сухой» зоне доменной печи*).

научнометрическая база данных журналов SCOPUS:

4. Kuzin, A.V. On the optimal grain size of skip coke // Metallurgist. – 2013. – Vol. 57. – Issues 5-6. – P. 481-486.

монографии:

5. Теория и практика подготовки металлургического кокса к доменной плавке / В.Г. Гусак, А.М. Кузнецов, А.В. Емченко, В.Е. Попов, А.В. Кузин – Киев: Наукова думка, 2011. – 216 с. (*развиты научные основы подготовки кокса к доменной плавке, разработаны математические модели оценки газопроницаемости в «сухой» зоне и зоне когезии*).

На диссертацию поступило **3 отзыва официальных оппонентов и отзыв ведущей организации**. На автореферат поступило **16** отзывов, в том числе **6** от ученых и специалистов учебных заведений, **6** – научных организаций, **4** – промышленных предприятий. **Все отзывы положительные с замечаниями**.

В поступивших отзывах на диссертацию и автореферат отмечается актуальность темы исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов. Подчеркивается, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора технических наук.

Обзор поступивших отзывов и содержащихся в них замечаний.

1. Рябцев Анатолий Данилович, доктор технических наук по специальности 05.16.07 – Металлургия высокочистых металлов и специальных сплавов, профессор, директор центра научно-технического и инновационного развития, ПАО «Русполимет» (г. Кулебаки).

Отзыв положительный с замечанием:

1.1. При физическом моделировании процессов восстановления оксидов железа соискателю не в полной мере удалось воспроизвести условия их восстановления в реальном доменном процессе. В доменных печах процессы прямого восстановления протекают при наличии потока через слой шихты восходящего горнового газа. При этом изменяются состав, направление и скорость движения газа в зоне протекания реакции. Это влияет на термодинамические условия и кинетику реакции прямого восстановления, которая, как известно, протекает при участии газовой фазы.

2. Усачев Александр Борисович, доктор технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов, директор, ООО «Институт тепловых металлургических агрегатов и технологий «Стальпроект» (г. Москва).

Отзыв положительный с замечаниями:

2.1. Известные данные об эффективности использования коксового орешка в доменных печах сильно различаются. Так, предел загрузки коксового орешка, выше которого расход скипового кокса начинает увеличиваться (из-за ухудшения дренажной способности горна), варьируется на разных заводах в разы (10-30 кг/т чугуна). Автором разработан ряд математических моделей, которые в автореферате не приводятся. На их основе получили конкретные значения, позволяющие судить об эффективности замены части кокса подготовленным по фракционному составу коксовым орешком. Эти величины невозможно проверить. Они относятся к конкретной печи или имеют универсальный характер?

2.2. Значительная часть работы посвящена физическому моделированию газодинамического режима и восстановительной работы в характерных зонах печи. В опытах использовали коксовый орех фракции 7-1 мм (с. 8, с. 14 автореферата). Почему именно такие размеры? В лабораторных опытах получено множество конкретных результатов (с. 13-14). Как эти результаты могут быть соотнесены с реальными процессами в печи? К сожалению, об использовании теории подобия при физическом моделировании в автореферате ничего не сказано.

2.3. Аналитическое исследование газопроницаемости в зоне когезии (с. 10

автореферата) при использовании ПУТ и соответствующих компенсирующих мероприятий, автор провел, используя математическую модель А.А. Томаша. На с. 12 дана оценка изменения газопроницаемости «коксовой линзы» в зоне когезии при изменении фракционного состава скипового кокса, и тоже на основе математической модели А.А. Томаша. Что нового в приведенных формулах и расчетах? Вместе с тем, автор, говоря о собственных математических моделях (см. например, с. 10), никаких формул, кроме двух очевидных, не приводит. Почему?

2.4. Автор часто использует термины «коксовая линза» (например, с. 3), «рудная линза» (например, с.4). Эти термины не являются общепризнанными в металлургии и нуждаются в пояснении. Термином «рудная линза» в геологии называется специфическая форма залегания и выклинивания рудных тел.

3. Кузьменко Владимир Фёдорович, кандидат технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия чёрных металлов, консультант генерального директора по вопросам качества кокса и технологии доменной плавки, филиал № 12 ЗАО «Внешторгсервис» «Алчевский металлургический комбинат» (г. Алчевск).

Отзыв положительный с замечаниями:

3.1. Основная экономия кокса достигнута за счёт вдувания в печи ПУТ. Поэтому целесообразно было бы в работе добавить слово ПУТ.

3.2. Порозность столба шихты в доменной печи при сформированной работе достигает 20-30 %, поэтому небольшая добавка орешка не может заметно её увеличить. Лабораторные исследования проводились на неподвижном столбе шихты, а в доменной печи движущийся столб шихты. На стр. 24 отмечается: перепад давления газов в зоне когезии при росте CSR от 40 до 60 % снижается на 40 %, что явно завышено.

3.3. В автореферате много цифр слабо связанных с основной идеей работы.

3.4. На стр. 15 отмечается, что среднее значение показателя M10 для классов крупности 40-60 мм и 60-80 мм выше на 1,2%, чем у кокса фракции +80 мм, что неверно.

3.5. Предложение автора отсеивать и додрабливать кокс фракции +80 мм в доменном цехе резко усложнит организацию работы цеха. Доменщикам необхо-

димо требовать от коксохимиков поставлять кокс с содержанием фракции +80 мм 5-7%.

4. Хайдуков Владислав Павлович, доктор технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных металлов (г. Липецк).

Отзыв положительный с замечаниями:

4.1. В действующих доменных цехах осуществить додрабливание крупных кусков кокса (+80 мм) затруднительно, так как это потребует значительной реконструкции.

4.2. В перечне компенсационных мероприятий с применением пылеугольного топлива недостаточное внимание уделено такой мере как применение агломерата с низким содержанием мелочи.

5. Плеплер Марк Лазаревич, кандидат технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных металлов, главный специалист отдела кадров, филиал № 1 ЗАО «Внешторгсервис» «Донецкий металлургический завод» (г. Донецк).

Отзыв положительный с замечаниями:

5.1. В аналитических и лабораторных исследованиях расход коксового орешка при введении его в рудный слой составлял до 30 % при равномерном перешивании смеси. В реальных условиях доменного производства этого трудно достичь.

5.2. Получаемый в доменном цехе ДМЗ отсев кокса имел худшие показатели в сравнении с исходным металлургическим коксом (стр. 15). А какое качество имел выделяемый из этого отсева коксовый орешек?

5.3. При организации в цехе участка по выделению из отсева кокса коксового орешка, стоимость выделенного орешка может оказаться сопоставимой со стоимостью исходного металлургического кокса из-за дополнительных операций и затрат на его выделение. Как это может отразиться на себестоимости чугуна?

6. Кожухов Алексей Александрович, доктор технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов, доцент, заведующий кафедрой металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой, Староос-

кольский технологический институт им А. А. Угарова (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МИСиС» (г. Старый Оскол).

Отзыв положительный с замечаниями:

6.1. На стр. 13 автореферата соискатель приводит результаты физического моделирования процесса восстановления при введении в слой окатышей 30 % коксового орешка. Следовало бы пояснить, почему расход орешка составил 30 %.

6.2. Автором для условий Западно-Сибирского металлургического комбината были выполнены расчёты технологических режимов доменной плавки с вдуванием ПУТ, приготовленного из бурогоугольного полукокса углей Канско-Ачинского месторождения (стр. 23). Однако в автореферате, кроме общих фраз о высокой эффективности предлагаемого технологического режима доменной плавки, автор ничего не приводит.

7. Коневский Михаил Романович, доктор технических наук, старший научный сотрудник, ОА «Ленгипромез» (г. Санкт-Петербург).

Отзыв положительный с замечаниями:

7.1. Вызывает вопрос термин «коксовая линза в зоне когезии». По видимому здесь имеется ввиду коксовый слой в нижних зонах печи. Известно, однако, что в руднотермических печах образуется коксовый слой под жидким оксидным расплавом, тогда как в зоне полурасплавленной рудной части шихты чёткое разделение материалов по плотности не достигается.

7.2. На стр. 17, 18 в табл. 1 сравниваются базовый и опытный периоды доменной плавки. Данные таблицы истолковываются автором, как доказательство эффективности использования подготовленного по фракционному составу кокса. Но из этой же таблицы видно, что температура дутья в опытный период была на 150 градусов выше. Не этот ли фактор в наибольшей степени predetermined общее улучшение технологических показателей работы печи?

8. Дмитриева Елена Геннадиевна, кандидат технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия чёрных, цветных и редких металлов, ведущий научный сотрудник лаборатории окускования и ФМИ.

Газалеева Галина Ивановна, доктор технических наук по специальности 25.00.13 – Обогащение полезных ископаемых, заведующая отделом рудоподготовки и специальных методов исследований.

Научно-исследовательский и проектный институт обогащения и механической обработки полезных ископаемых ОАО «Уралмеханобр» (г. Екатеринбург).

Отзыв положительный с замечаниями:

8.1. Из автореферата осталось неясно, каким образом проводилось сопоставление результатов лабораторных опытов по восстановлению окатышей и железорудных материалов в реальном доменном процессе. Вызывает сомнение, что скорость процессов прогрева и восстановления лабораторных окатышей 3-5 мм будет сопоставима со скоростью восстановления доменных окатышей диаметром 16 мм. Также осталось неясным, каким образом выбиралось время процесса восстановления в лабораторных опытах.

8.2. Анализ полученных данных при опытной работе доменных печей ПАО «ММК им. Ильича» с предполагаемым способом загрузки кокса показал, что температура колошниковых газов в этом случае возрастает на 60°С или на 20 % по сравнению с базовым периодом работы. Также в газах возрастает СО и Н₂. Оба эти фактора косвенно свидетельствуют о недостаточном использовании термодинамического потенциала доменных газов. Каким образом указанные факты влияют на КПД доменного процесса?

9. Зубенко Александр Вячеславович, и.о. директора по технологии и качеству, филиал № 2 ЗАО «Внешторгсервис» «Енакиевский металлургический завод» (г. Енакиево).

Отзыв положительный с замечаниями:

9.1. Автор в автореферате (стр. 16, 18) для ряда доменных печей рекомендует оптимальные значения показателей доменной плавки. Следует отметить, что оптимальные значения показателей доменной плавки зависят от множества факторов, которые не всегда могут иметь фиксированное значение.

9.2. При анализе подготовки кокса по фракционному составу на показатели работы доменной печи с использованием пылеугольного топлива не достаточно

раскрыт марочный состав углей из которого оно произведено (стр. 20 автореферата), так как на практике пылеугольное топливо производится из углей или смеси углей различных марок, имеющих принципиально разный технический анализ. Это обстоятельство существенно влияет на показатели работы доменной печи.

10. Кабаков Зотей Константинович, доктор технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов, профессор, профессор кафедры металлургии, машиностроения и технологического оборудования, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Череповецкий государственный университет» (г. Череповец).

Отзыв положительный с замечаниями:

10.1. Недостаточно полно представлены разработанные соискателем математические модели.

10.2. В автореферате не представлены результаты проверки адекватности и вопросы адаптации этих моделей.

10.3. На с.10, предложение в последнем абзаце: «В качестве гипотезы было принято, что рудная линза в зоне когезии даже без добавки коксового орешка является газопроницаемой». Следует заметить, что гипотеза – это предположение о причине явления. Так как причины в предложении не наблюдаются, то точнее вместо гипотезы следует употребить термин «допущение».

10.4. Если соискатель развил технологию доменной плавки в результате развития научных основ, то, возможно, в названии диссертации союз «И» является лишним.

11. Шевченко Олег Игоревич, доктор технических наук по специальности 05.02.01 – Материаловедение (машиностроение), доцент, заведующий кафедрой металлургических технологий, Нижнетагильский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина» (г. Нижний Тагил).

Отзыв положительный с замечаниями:

11.1. Условия проведения экспериментов по физическому моделированию с использованием тиглей существенно отличаются от шахтного агрегата с противотоком газов, поэтому результаты можно использовать лишь для качественной характеристики процессов протекающих в домне.

11.2. В выводах по работе (особенно п.п. 12...15, стр. 25-26) не стоим «мельчить», хотелось бы увидеть более высокий уровень обобщений. Возможно, на это стоит обратить внимание при защите работы.

12. Бухмиров Вячеслав Викторович, доктор технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных металлов, профессор, профессор кафедры теоретических основ теплотехники, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина» (г. Иваново).

Отзыв положительный с замечанием:

12.1. В автореферате отсутствует описание математических моделей газопроницаемости, разработанных диссертантом, что не позволяет выполнить анализ их качества.

13. Немчинова Нина Владимировна, доктор технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов, профессор, заведующий кафедрой металлургии цветных металлов, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (г. Иркутск).

Отзыв положительный с замечанием:

13.1. На рисунке 8 (стр. 17 автореферата) не указано, какое количество единичных данных соответствует каждой точке.

14. Дмитриев Андрей Николаевич, доктор технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов, главный научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург).

Отзыв положительный с замечаниями:

14.1. В автореферате неоднократно встречается фраза «восстановление оксидов железа», что неверно. С точки зрения современной физической химии, следует писать «восстановление железа из оксидов».

14.2. При обсуждении зоны когезии не указано, каким образом определяется её местоположение и форма, в частности, учитывается ли зависимость температур размягчения и плавления от степени восстановления железа.

15. Зайнуллин Лик Анварович, доктор технических наук по специальности 05.16.07 – Metallургия техногенных и вторичных ресурсов, профессор, генеральный директор, ОАО «Научно-исследовательский институт металлургической теплотехники» (г. Екатеринбург).

Отзыв положительный с замечанием:

15.1. Произведена ли оценка эффективности дополнительной операции по подготовке кокса к доменной плавке по фракционному составу (сортировка, дробление) с точки зрения её экономической обоснованности?

16. Исламов Сергей Романович, доктор технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика, управляющий филиалом, ООО «Сибниинуглеобогащение» (г. Красноярск).

Отзыв положительный с замечаниями:

16.1. По тексту автореферата (стр. 3, 4, 8 и др.) термин «коксый орешек» используется автором в значительно более широком смысле, чем допускает ГОСТ 8935, согласно которому коксый орешек – это кокс, как минимум, на 75% состоящий из классов крупности 8-25 или 10-25 мм. В целом ряде случаев автор обозначает как «коксый орешек» классы крупности кокса в диапазоне от 10 до 40 мм. Более корректно было бы разделить эти материалы на коксый орешек и мелкофракционный кокс, согласно устоявшейся терминологии.

16.2. На стр. 13 автореферата отмечено, что двукратное повышение значения реакционной способности (CRI) коксого орешка при введении его в слой окатышей позволяет повысить степень восстановления железорудного материала примерно в полтора раза. В дальнейшем описании результатов исследования влияния гранулометрического состава кокса небольшой крупности на процесс

восстановления оксидов железа автор, к сожалению, не поясняет, какой именно кокс (с нормальным или повышенным значением показателя CRI) использовался в экспериментах.

16.3. Как повлияет на удельный расход кокса дальнейшее повышение значения CRI углеродистого восстановителя небольшой крупности, вводимого в слой окатышей, например, до 90%?

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- получило дальнейшее развитие представление о газопроницаемости рудного слоя при введении в него коксового орешка в «сухой» зоне доменной печи;
- установлено количественное влияние на газопроницаемость зоны когезии введение коксового орешка в рудный слой;
- установлено количественное влияние компенсирующих мероприятий на газопроницаемость зоны когезии при использовании технологии доменной плавки с высоким расходом пылеугольного топлива;
- получило дальнейшее развитие представление о газопроницаемости коксовой линзы в зоне когезии при использовании скипового кокса различного фракционного состава;
- получило дальнейшее развитие представление о степени восстановления оксидов железа при введении коксового орешка различной крупности в железорудный материал;
- получило дальнейшее развитие представление о размягчении железорудных материалов при введении в них коксового орешка.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- установлена зависимость изменения газопроницаемости рудной части шихты в «сухой» зоне при введении в железорудный слой коксового орешка с учётом расходования части его углерода в реакциях прямого восстановления FeO;
- установлено, что рудная линза в зоне когезии даже без добавки коксового орешка является газопроницаемой;
- получило дальнейшее развитие представление о перераспределении уча-

ствия углерода кокса в реакциях прямого восстановления оксидов железа при использовании технологии пылевдувания;

- установлено количественное влияние параметров ряда компенсирующих мероприятий на газопроницаемость зоны когезии при использовании технологии пылевдувания;

- усовершенствовано представление о влиянии фракционного состава скипового кокса на газопроницаемость коксовой линзы в зоне когезии;

- усовершенствовано представление о гранулометрическом составе кокса в нижней части доменной печи с использованием показателя CSR.

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

- усовершенствованы способы загрузки доменной печи за счёт разделения рудной части на две порции, составляющие от 30 до 70 % от её общей массы в скипе, и укладки между ними коксового орешка крупностью 8-40 мм и кокса фракции крупнее 80 мм или металлургического кокса. Данные способы загрузки защищены двумя патентами на полезную модель;

- на доменных печах металлургических предприятий были использованы рекомендации по подготовке кокса к доменной плавке по фракционному составу: снижение содержания фракции крупнее 80 мм в скиповом коксе, увеличение нижнего размера скипового кокса до 35-40 мм, введение коксового орешка в смеси с железорудной частью шихты. Внедрение данных мероприятий по подготовке кокса к доменной плавке по фракционному составу позволили снизить расход кокса и повысить производительность доменных печей;

- освоена технология доменной плавки с вдуванием ПУТ в количестве 120-171,3 кг/т чугуна при использовании рекомендаций по подготовке кокса к доменной плавке по фракционному составу;

- обоснована возможность замены кокса до 50 % в доменной плавке при вдувании пылеугольного топлива в количестве до 205-235 кг/т чугуна с использованием компенсирующих мероприятий, в том числе и рациональной подготовки кокса по фракционному составу;

- материалы диссертации используются в учебном процессе ГОУВПО «ДОННТУ».

Оценка достоверности результатов исследования выявила следующее: достоверность научных и технологических решений, обоснованность выводов и рекомендаций работы подтверждаются корректным использованием основных положений современной теории металлургии чугуна, методов статистической обработки, проведением лабораторных опытов и опытно-промышленных плавов, расчётом материально-теплового и зонального теплового балансов, сопоставлением расчётных показателей с экспериментальными.

Личный вклад соискателя. Основные научные результаты диссертации получены соискателем лично. Основные идеи исследований принадлежат автору диссертации. Отдельные составляющие исследований, выполненных теоретически и экспериментально, получены совместно с соавторами научных работ, которые указаны в перечне научных публикаций. Личный вклад соискателя включает: постановку цели и задач исследования; установление закономерностей газодинамических и восстановительных процессов, усовершенствование и разработку математических моделей влияния введения коксового орешка в железорудную часть шихты на газопроницаемость шихты в «сухой» зоне и в зоне когезии; установление особенностей влияния введения коксового орешка в железорудный слой на степень восстановления оксидов железа и поведение материалов в зоне пластического состояния; усовершенствование технологии доменной плавки и подготовки кокса по фракционному составу; разработку технологических режимов доменной плавки, обеспечивающих повышение доли замены кокса до 50 % пылеугольным топливом.

В диссертационной работе **решена имеющая важное хозяйственное значение научно-техническая проблема** повышения эффективности использования дополнительных видов топлива, снижения удельного расхода кокса и увеличения производительности доменных печей на основе установленных закономерностей газодинамических и восстановительных процессов, усовершенствования технологии доменной плавки и подготовки кокса.

