

## УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор – проректор  
по научной работе ФГАОУ ВО  
«Южно-Уральский  
государственный университет  
(национальный  
исследовательский  
университет)»,

доктор технических наук, доцент



А.В. Коржов

« 25 »

02

2025 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» на диссертационную работу Закуцкой Любови Анатольевны «Научно обоснованные технологические решения комплексного использования кремниймарганцевых руд Ниязгуловского месторождения в металлургии чёрных металлов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

### *Актуальность.*

Актуальность темы диссертации Закуцкой Л.А. обусловлена тем, что для производства ферросплавов на основе марганца в настоящее время используется импортное марганецсодержащее сырье, а в условиях наложенных санкций промышленности Российской Федерации необходимо вовлечение в производство собственной минерально-сырьевые базы страны. Расширение сырьевой базы металлургических предприятий региона возможно за счет малых по размерам и бедных по содержанию марганца руд месторождений Южного Урала. Кроме того, такие руды в небольших количествах вовлекают в состав шихты доменных печей ПАО «ММК» для промывки коксовой насадки в горне. Образовавшиеся в процессе подготовки руды к доменному переделу мелкие фракции не вовлекаются в производство, что уменьшает полноту использования таких руд. А повышение эффективности использования крупных фракций кремниймарганцевой руды позволит повысить технико-экономические показатели работы доменных

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА  
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова»  
за № \_\_\_\_\_  
Дата регистрации 17.03.2025  
Фамилия регистратора \_\_\_\_\_



печей. В связи с этим необходимо разработать технологические решения комплексного использования бедной кремниймарганцевой руды в металлургическом производстве.

**Структура и объем работы.** Работа состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографического списка из 153 наименований и одного приложения. Диссертация изложена на 127 страницах текста, содержит 17 рисунков и 47 таблиц.

Во введении обоснованы актуальность, цель и задачи исследования, показана научная новизна и практическая значимость, представлены сведения об апробации, достоверности полученных результатов, личном вкладе автора.

**В первой главе** традиционно для диссертаций изложен обзор научной и технической литературы отражающие классификацию и объем сырьевой базы кремниймарганцевых руд Южного Урала, представлен аналитический обзор современного состояния вопроса получения ферросиликомарганца, опыт использования марганцевых руд при промывке горна доменных печей. На основе результатов проведенного анализа, сформулирована цель работы и задачи настоящего исследования.

**Во второй главе** представлены методы проведения лабораторных экспериментов предварительного твердофазного и жидкофазного восстановления кремниймарганцевой руды с получением ферросиликомарганца. Приведено сравнение результатов экспериментов, проведенных в лабораторных условиях на производственной шихте и марочного сплава, получаемого из этой шихты в условиях реального производства. Получены коэффициенты перехода марганца и кремния в металл от лабораторных к промышленным условиям, которые составили 1,14 и 1,3 соответственно. Описана сущность физического и математического моделирования режимов загрузки кремниймарганцевой руды в колошниковое пространство устройства лоткового типа с последующими промышленными испытаниями на доменных печах № 6 и 10 ПАО «ММК».

**В третьей главе** представлены результаты промышленных исследований на доменных печах №№ 6 и 10 ПАО «ММК» по разработке и обоснованию рациональных режимов загрузки кремниймарганцевой руды Ниязгуловского месторождения для обеспечения эффективной промывки горна от спели, мелочи кокса и высокоосновных минералов. Выявлены рациональные режимы загрузки кремниймарганцевой руды Ниязгуловского месторождения, для условий ПАО «ММК», в зависимости от горячей прочности кокса по CSR.

Приведены результаты физического и математического моделирования режимов загрузки кремниймарганцевой руды в шахтную печь (на примере доменной) компактным бесконусным устройством лоткового типа.



Представлены зависимости количества поступления кремниймарганцевой руды, выгружаемой из бункера БЗУ на колошник, в смеси с железорудным сырьем от места размещения ее в бункере и номера порядковой станции лотка в строке матрицы для условий односкиповой и двухскиповой режимов загрузки.

**В четвертой главе** изложены результаты расчетов и физического моделирования процессов, развивающихся при превращении кремниймарганцевой руды в ферросиликомарганец:

- лабораторных исследований получения предварительно восстановленной водородом кремниймарганцевой руды и ферросиликомарганца из сырья Ниязгуловского месторождения;
- выполненных расчетов по получению ферросиликомарганца с применением руды Ниязгуловского месторождения в различных вариантах.

В результате проведенных лабораторных исследований было выявлено, что содержание марганца в металле увеличивалось от 46,7 до 59,3 % в условиях роста степени извлечения его от 40,22 до 48,15 % при уменьшении доли руды Ниязгуловского месторождения в составе шихты от 60 до 30 %. Содержание кремния в металле при этом снижалось от 16,9 до 12,2 %, что является результатом уменьшения в составе шихты доли кремниймарганцевой руды Ниязгуловского месторождения, богатой по содержанию  $\text{SiO}_2$ .

**Значимость полученных автором диссертации результатов для развития металлургической отрасли науки** заключается в определении зависимости доли кремниймарганцевой руды в объеме шихты, поступающей в колошниковое пространство из загрузочного устройства (ЗУ) БЗУ, от места размещения ее в бункере ЗУ и углового положения лотка для условий одно- и двухскипового режимов загрузки. Установлено влияние локального размещения марганцевой руды в колошниковом пространстве печи на эффективность промывки коксовой насадки в горне печи. Выявлена закономерность изменения степени извлечения марганца и кремния в металл при росте доли кремниймарганцевой руды Ниязгуловского месторождения в составе шихты.

**Практическая значимость** работы весьма высокая. Полученные в работе результаты позволили повысить эффективность использования кремниймарганцевой руды при промывке горна доменных печей ПАО «ММК», оснащенных бесконусным загрузочным устройством (БЗУ) лоткового типа. Внедрены эффективные режимы загрузки материалов, обеспечивающих рациональную промывку локальных зон горна с наилучшей дренажной способностью коксовой насадки.



Применение разработанного режима по загрузке обеспечивало повышение производительности печи в среднем на 0,48 % и снижение удельного расхода кокса в среднем на 0,43 % на каждые 10 кг/т чугуна кремниймарганцевой руды в интервале 21,4-40,6 кг/т чугуна.

**Публикации по теме диссертации** достаточно полно отражают её содержание. Всего опубликовано 13 работ, из них 4 статьи опубликовано в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

**Замечания по диссертации.**

1. Неясны причины использования лабораторной установки фирмы «Лесо» в процессе проведения исследований по восстановлению кремниймарганцевой руды в среде водорода в ручном режиме. Представляется интересным результаты согласно стандартному протоколу, которые доступны в автоматическом режиме работы устройства.
2. В литературном обзоре диссертации (глава 1) не раскрыта информация об использовании некондиционных марганцевых руд за рубежом, в частности в Китае, Индии, Украине, Казахстане.
3. Диссертация явно перегружена сведениями в виде 47 таблиц, содержащих большое количество разнообразных параметров и результатов. При этом в диссертации много картинок, не несущих никакой информации: внешний вид печи «Леко», внешний вид и разрез стандартной индукционной печи, внешний вид обычных тиглей, внешний вид руды, вид окатышей, столов, на которых разложены листы бумаги с навесками шихтовых материалов. В то же время нет фотографий микроструктур, образующихся в процессах восстановления фаз, мало графиков. Необходимо отметить, что автор должен обрабатывать материал с целью его визуализации и представлять результаты в удобном для читателя виде – в виде уравнений, графиков или диаграмм.
4. Фрагмент исследований по предварительному восстановлению железа и марганца водородом в диссертационной работе не вписывается в технологический процесс производства чугуна и вряд ли вообще имеет смысл в этой работе.

**Заключение.** Диссертационная работа «Научно обоснованные технологические решения комплексного использования кремниймарганцевых руд Ниязгуловского месторождения в металлургии чёрных металлов» по актуальности, научной новизне, практической значимости, степени достоверности полученных результатов является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее

автор Закуцкая Любовь Анатольевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – металлургия черных, цветных и редких металлов.

Диссертация рассмотрена и обсуждена, отзыв на нее утвержден на заседании кафедры пирометаллургических и литейных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно–Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (протокол № 02 от 20 февраля 2025 года).

Заведующий кафедрой пирометаллургических  
и литейных технологий  
ФГАОУ ВО «Южно-Уральский  
государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»,  
кандидат технических наук, доцент  
(05.16.02 – Металлургия черных,  
цветных и редких металлов)

Гамов Павел  
Александрович

Главный научный сотрудник  
научно-исследовательской лаборатории  
водородных технологий в металлургии  
ФГАОУ ВО «Южно-Уральский  
государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»,  
доктор технических наук, профессор  
(05.16.02 – Металлургия черных,  
цветных и редких металлов)

Роцин Василий  
Ефимович

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный  
университет (национальный исследовательский университет)»  
454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, 76  
E-mail: [info@susu.ru](mailto:info@susu.ru) Тел.: +7 (351) 267-99-00

Подпись работодателем  
уточнено

Начальник управления по работе  
с кадрами Южно-Уральского  
государственного университета



2025