

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.5  
ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 26.12.2023 г. № 10

О присуждении Крылову Кириллу Андреевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Формирование структуры и свойств электродов руднотермических печей при прокатке и термофизическом воздействии» по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов принята к защите 23.10.2023, протокол заседания № 7, диссертационным советом ГУ.5 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, (приказ ректора Горного университета о создании диссертационного совета от 06.02.2023 № 153 адм, с изменениями от 30.03.2023 № 467 адм, от 27.04.2023 адм).

Соискатель, Крылов Кирилл Андреевич, 27 сентября 1995 года рождения, в 2019 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России по направлению подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

С 2019 по 2023 год являлся аспирантом очной формы обучения кафедры металлургии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Работает ассистентом кафедры автоматизации технологических процессов и производств в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II».

Диссертация выполнена на кафедре металлургии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Бажин Владимир Юрьевич**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», кафедра металлургии, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

**Эпштейн Светлана Абрамовна**, доктор технических наук, старший научный сотрудник, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», научно-учебная испытательная лаборатория «Физико-химия углей», руководитель;

**Тютрин Андрей Александрович**, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», кафедра «Металлургии цветных металлов», доцент.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»**, г. Томск в своем положительном заключении, подписанном Ворожцовым Александром Борисовичем, доктором физико-математических наук, профессором, и.о. проректора по научной и инновационной деятельности, заведующим научно-исследовательской лабораторией высокоэнергетических и специальных материалов, **Марченко Екатериной Сергеевной**, доктором физико-

математических наук, заведующей кафедрой прочности и проектирования физико-технического и утвержденном Галажинским Эдуардом Владимировичем, доктором психологических наук, профессором, ректором, указала, что теоретическая значимость заключается в разработке фундаментальных основ механизма формирования анизотропной структуры электродной массы при термофизическом воздействии. Разработана методика поиска оптимальных условий прокаливания применительно к конкретному сорту кокса.

Результаты диссертации в достаточной степени освещены в 5 опубликованных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (далее – Перечень ВАК), в 3 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Получен 1 патент на изобретение и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Общий объем – 3,25 печатных листа, в том числе 1,72 печатных листа - соискателя.

**Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:**

1. Шариков, Ю.В. Роль и значение управляемых параметров в процессе обжига нефтяного кокса в трубчатых вращающихся печах / Ю.В. Шариков, Ф.Ю. Шариков, **К.А. Крылов** // Международный научно-исследовательский журнал. - 2020. – Т. 111, №11. – С. 34-42 (перечень ВАК-МБД (GeoRef) №677 ред. 30.03.2020).

*Соискателем выполнен литературный поиск научных трудов, посвященных процессу прокали нефти кокса в трубчатых*

*вращающихся печах. На основе собранной соискателем литературы, было проведено аналитическое исследование, и выявлены контролируемые параметры процесса прокаливания зеленого нефтяного кокса во вращающихся печах и был подготовлен черновой вариант текста статьи.*

2. Бажин, В.Ю. Обоснование термофизического воздействия на электродную массу для получения равномерной структуры электродов из игольчатого кокса для руднотермических печей / Бажин В.Ю., **Крылов К.А.**, Шариков Ф.Ю. // iPolytech Journal. - 2023. Т. 27. № 1. С. 161–173. DOI: 10.21285/1814-3520-2023-1-161-173 (перечень ВАК №45 от 20.12.2022)

*Соискателем выполнена экспериментальная часть работы по термофизической обработке электродной массы по специально разработанной методике, а также проведена обработка полученных результатов, что позволило обосновать целесообразность проведения дополнительной операции.*

**Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования (Scopus):**

3. Sharikov, F.Y. Selection of key parameters for green coke calcination in a tubular rotary kiln to produce anode petcoke / F.Y. Sharikov, Y.V. Sharikov, **K.A. Krylov** // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2020. - Vol.15. N. 23. - P. 2904–2912.

Шариков Ф.Ю. Выбор ключевых параметров для прокаливания зеленого кокса в трубчатой вращающейся печи для получения анодного петкокса / Ф.Ю. Шариков, Ю.В. Шариков, К.А. Крылов // ARPN журнал инженерных и прикладных наук. – 2020. – Т. 23, №. 15. - С. 2904-2912.

*Соискателем подготовлен материал, использованный для подготовки разделов статьи «введение» и «материалы и методы», описаны химический состав и свойства сырого и прокаленного нефтяного кокса. Выполнено аналитическое исследование процессов, протекающих в коксе в процессе продолжительной высокотемпературной термической обработки.*

4. Sharikov, Y.V. Mathematical Model of Optimum Control for Petroleum Coke Production in a Rotary Tube Kiln. / Y.V. Sharikov, F.Y. Sharikov, **K.A. Krylov** // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. - 2021. - Vol. 55, N. 4. - P. 711–719.

Шари́ков Ю.В. Математическая модель оптимального управления процессом производства нефтяного кокса в трубчатых вращающихся печах / Ю.В. Шари́ков, Ф.Ю. Шари́ков, К.А. Крылов // Теоретические основы химической технологии. - 2021. - Т. 55, №. 4. - С. 711–719.

*Соискателем проведено математическое моделирование процесса прокаливания в отдельно взятой грануле кокса, выполнена обработка полученных при помощи термоанализатора Labsys evo экспериментальных данных термогравиметрического исследования коксов.*

5. Beloglazov, I.I. An Interval-Simplex Approach to Determine Technological Parameters from Experimental Data / I.I. Beloglazov, **K.A. Krylov** // Mathematics. - 2022. - Vol.10, N. 16. - P. 2959.

Белоглазов И.И. Интервально-симплексный подход к определению технологических параметров по экспериментальным данным / И.И. Белоглазов, К.А. Крылов // // Математика. - 2022. - Т. 10, №. 16. - С. 2959.

*Соискателем проведены теоретические исследования, выполнено математическое моделирование на специализированном программном обеспечении и доказана возможность эффективного применения модели для определения технологических параметров процессов, протекающих в трубчатой вращающейся печи.*

**Патенты/свидетельства на объекты интеллектуальной собственности:**

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665019, Программа для расчетов энергоэффективности

трубчатой вращающейся печи для прокалки нефтяного кокса : № 2021663873 : заявл. 08.09.2021 : опубл. 16.09.2021 / **Крылов К.А.**, Белоглазов И.И., Николаев М.Ю. – 1 с.

*Соискателем выполнен сбор данных, использованных для создания алгоритма в качестве основы кода программы.*

7. Патент № 2784238 Российская Федерация, МПК C10B 55/00. Установка для получения игольчатого кокса : № 2022108541 : заявл. 31.03.2022 : опубл. 23.11.2022 / Бажин В.Ю., Белоглазов И.И., Ильин Е.С., Кусков В.Б., **Крылов К.А.** – 10 с.

*Соискателем проведен патентный поиск, составлено описание принципа работы установки для получения упорядоченной слоистой электродной массы.*

Апробация работы проведена на на следующих конференциях:

1. XVI Международный форум-конкурс студентов и молодых ученых «Topical Issues of Rational Use of Natural Resources», тема доклада: «Управляемые параметры процесса обжига нефтяного кокса в трубчатой вращающейся печи» (июнь 2020 года, ФГБОУ ВО СПбГУ, г. Санкт-Петербург).

2. Конференция «Sustainable Utilization of Water, Air, Soil, and Farm Resources», тема доклада: «Aerodynamic modeling of flue gas emission in the example of the Omsk refinery» (апрель 2021 года, ФГБОУ ВО СПбГУ, г. Санкт-Петербург).

3. XVIII Международный форум-конкурс студентов и молодых ученых «Topical Issues of Rational Use of Natural Resources», тема доклада: «Разработка методики производства игольчатого кокса» (май 2022 года, ФГБОУ ВО СПбГУ, г. Санкт-Петербург).

4. XIX Международный форум-конкурс студентов и молодых ученых «Topical Issues of Rational Use of Natural Resources», тема доклада: «Разработка технологии производства электродов из нефтяных коксов для

руднотермических печей при термофизическом воздействии» (май 2023 года, ФГБОУ ВО СПбГУ, г. Санкт-Петербург).

В диссертации Крылова Кирилла Андреевича отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: заместителя генерального директора по производству ООО «Силарус» **А.Л. Коблика**; ведущего инженера технолога АО «ГК «Русредмет», к.т.н. **Д.В. Горленкова**; доцента кафедры машиностроения и металлургии АНО ВО «Северо-Западный открытый технический университет», к.т.н. **Т.А. Александровой**; директора филиала ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого президента России Б.Н. Ельцина» в г. Краснотурьинске, к.т.н., доцента **М.В. Белоусова**; ведущего научного сотрудника кафедры неорганической химии ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова», к.х.н., доцента **А.Н. Баранова**.

В отзывах дана положительная оценка диссертационного исследования, отмечена актуальность выбранной темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования, однако отмечены ряд вопросов и замечаний:

1. В процессе исследований эксперименты были проведены на лабораторных образцах и не были опробованы на лабораторной печи малой мощности что, вероятно, будет вопросом дальнейших исследований.

(**А.Л. Коблик**);

2. В чем заключается суть модернизации схемы производства электродной продукции? (**к.т.н. Д.В. Горленков**);

3. В чем заключалась процедура решения обратной кинетической задачи по экспериментальным данным? (**к.т.н. Д.В. Горленков**);

4. Почему не дана оценка размеров частиц до термофизической обработки? (**к.т.н. Т.А. Александрова**);

5. Из пояснений в названиях рисунков 5 и 6 автореферата до конца не ясно, каким образом изменяется температура с течением времени. (**к.т.н. Т.А. Александрова**);

6. Почему лабораторный экструдер отличается от запатентованной «Установки для получения игольчатого кокса»? (**к.т.н. М.В. Белоусов**);

7. Из автореферата непонятно, каким образом анизотропная структура кокса влияет на процесс плавки? (**к.т.н. М.В. Белоусов**);

8. В названии работы идет речь о структуре и свойствах электродов руднотермических печей, но в самой работе основное внимание уделено формированию структуры и свойств коксовой электродной массы. Были ли испытаны электроды в достаточном количестве? (**к.х.н. А.Н. Баранов**);

9. Положение 2, вынесенное на защиту (стр. 14), сформулировано весьма тяжеловесно, не способствует быстрому пониманию сути работы и вызывает дополнительные вопросы:

а) Почему для термофизического воздействия указан такой широкий интервал температур – 150 -520°С?

б) Из автореферата напрямую не следует, какая температура все же оптимальна для термофизического воздействия, от чего это зависит и, самое главное, как выбирать оптимальную температуру для проведения термофизического воздействия в каждом конкретном случае? (**к.х.н. А.Н. Баранов**);

10. В работе используется большое количество терминов, характеризующих термический нагрев. "Термическая и термофизическая обработка, карботермический, процесс прокаливания, обжиг, температурная обработка, прокалка, термообработка" терминология самая разнообразная и требует пояснения, где это просто синонимы, а где автор хотел придать определенный смысл этим терминам. (**к.х.н. А.Н. Баранов**).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов и наличием у них публикаций



в сфере исследования, а также широкой известностью ведущей организации своими достижениями по теме исследования и способностью оценить научную и практическую значимость диссертационной работы.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработана** методология поиска оптимальных условий прокаливания применительно к конкретному сорту кокса и даны рекомендации по дальнейшей переработке прокаленного нефтяного кокса в углеграфитовую массу для производства электродов для руднотермических печей;

**предложены** технические и технологические мероприятия, связанные с производством электродов, и повышения их эксплуатационных характеристик в металлургических печах;

**доказана** технические и технологические мероприятия, связанные с производством электродов, и повышения их эксплуатационных характеристик в металлургических печах;

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**изучены** свойства и характеристики нефтяного кокса различного происхождения и степени прокаливания;

**определены** кинетические зависимости, описывающие особенности процесса прокаливания сырого нефтяного кокса, и получен комплекс реакций с созданием модели процесса в трубчатой вращающейся печи;

**проведена модернизация** традиционного цикла производства углеграфитовых электродов для руднотермических печей;

**разработаны** фундаментальные основы механизма формирования анизотропной структуры электродной массы при термодинамическом воздействии (патент РФ №2784238);

**разработана и внедрена** методология поиска оптимального теплового режима работы трубчатой вращающейся печи для прокаливания (акт внедрения результатов диссертационной работы от 20.09.2023 в деятельность

АО «СоюзЦМА»), которые могут быть применены для создания систем автоматического контроля и управления производственными процессами прокалки углеродсодержащих материалов;

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

**для экспериментальных работ** результаты получены с использованием апробированных известных методик измерения на поверенном оборудовании в лабораториях научного центра «Проблем переработки минеральных и техногенных ресурсов» и учебно-научного центра «Цифровых технологий» на базе Санкт-Петербургского горного университета;

**теория построена на** проверенных данных и фактах, согласующихся с опубликованными ранее теоретическими и экспериментальными данными по теме диссертации;

**идея базируется** на обобщении передового опыта производства электродных масс и углеграфитовых электродов;

**использовано** сравнение полученных в диссертационном исследовании данных с материалами научных исследований по теме диссертации;

**установлена** необходимость проведения термофизической обработки для упорядочения структуры и ее соответствия для использования в производстве электродных материалов для руднотермических печей;

**использованы** современные методы анализа, а также сбора и обработки полученной информации;

**Личный вклад соискателя заключается** в постановке цели, формулировке задач и разработке методики исследований; в проведении анализа научно-технической литературы и патентного поиска; выполнении лабораторных исследований и разработке технических решений, адаптированных к условиям действующего производства углеграфитовых масс и электродов; научном обобщении результатов, их публикации и апробации в высокорейтинговых изданиях.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Крылов Кирилл Андреевич ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 26 декабря 2023 года диссертационный совет принял решение присудить **Крылову К.А.** ученую степень кандидата технических наук за решение важной научно-практической задачи – разработки технологии получения электродов из нефтяного кокса для руднотермических печей путем его термофизической переработки в специальном экструдере, что имеет существенное значение для импорт независимости страны и развития металлургической отрасли.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 10 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета



Ученый секретарь  
диссертационного совета

Сизяков  
Виктор Михайлович

Николаева  
Надежда Валерьевна

26.12.2023 г.