

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.12
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 30.06.2026 № 16

О присуждении Шестакову Алексею Константиновичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка автоматической системы сбора и обработки данных алюминиевого электролизера с использованием многофункционального пробойника и системы технического зрения» по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами принята к защите 24.04.2026, протокол заседания № 2, диссертационным советом ГУ.12 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 Санкт-Петербургского горного университета о создании диссертационного совета от 03.07.2023. № 1025 адм, с изменениями от 24.05.2024 № 780 адм, от 11.09.2024 № 1330 адм, от 05.11.2024 № 1659 адм, от 12.09.2025 1122 адм.

Соискатель, Шестаков Алексей Константинович, 28 апреля 1994 года рождения, в 2019 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по направлению подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

С 01.10.2019 года по 30.09.2023 года являлся аспирантом очной формы обучения кафедры автоматизации технологических процессов и производств, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России. Диплом об окончании аспирантуры получен 10.10.2023 г.

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

Диссертация выполнена на кафедре автоматизации технологических процессов и производств в федеральном государственном бюджетном

образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент **Петров Павел Андреевич** федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», деканат факультета переработки минерального сырья, декан.

Официальные оппоненты:

Лавров Владислав Васильевич – доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра теплофизики и информатики в металлургии, профессор;

Ремизова Ольга Александровна – кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», кафедра автоматизации процессов химической промышленности, доцент; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет»**, г. Иркутск, в своем положительном отзыве, подписанном Елшиным Виктором Владимировичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой автоматизации и управления, Лазаревой Ольгой Викторовной, кандидатом технических наук, доцентом, доцентом той же кафедры, секретарем заседания и утвержденном Корняковым Михаилом Викторовичем, доктором технических наук, доцентом, ректором, указала, что полученные Шестаковым Алексеем Константиновичем вносят вклад в развитие теории и практики управления технологическими процессами в металлургии. Разработанные методики и алгоритмы могут быть использованы как основа для дальнейших исследований в области автоматизации и управления процессом электролиза криолито-глиноземного расплава.

Соискатель имеет 5 печатных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ, в том числе в 1 статье – в издании 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 (далее – Перечень ВАК), в 3 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus, кроме того в 1 материалах конференции, индексируемых в международной базе данных Scopus. Получен патент на полезную модель № 219339 Российская Федерация, МПК C25C 3/14 (2006.01), опубл. 12.07.2023.

Общий объем – 2,75 печатных листов, в том числе 1,59 печатных листа – соискателя.

Публикации в изданиях из Перечня ВАК:

1. **Шестаков, А.К.** Состояние производства первичного алюминия на начало 2020 г. / **А.К. Шестаков**, Р.М. Садыков, П.А. Петров // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 7 (97) Часть 1. – С.114-119, <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.97.7.017>

Соискателем выполнен литературный обзор перспективных технологий электролиза криолитоглиноземного расплава, собрана статистика объемов производства первичного алюминия за 2018, 2019 годы по регионам мира, а также по ведущим мировым компаниям производителей алюминия. На основании собранной соискателем литературы было проведено аналитическое исследование и выявлены основные направления развития алюминиевого производства.

Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus):

2. **Shestakov, A.K.** Automatic System for Detecting Visible Emissions in a Potroom of Aluminum Plant Based on Technical Vision and a Neural Network / **A.K. Shestakov**, P.A. Petrov, M.Y. Nikolaev //Metallurgist. – 2023. – Vol. 66. – P. 1308–1319, <https://doi.org/10.1007/s11015-023-01445-z>

Шестаков, А.К. Автоматическая система обнаружения видимых выбросов в электролизном цехе алюминиевого завода на основе технического зрения и нейронной сети / **А.К. Шестаков**, П.А. Петров, М.Ю. Николаев //Металлургист. – 2023. – Т. 66. – С. 1308–1319, <https://doi.org/10.1007/s11015-023-01445-z>

Разработана система мониторинга видимых выбросов вредных веществ в атмосфере электролизного цеха на основе технического зрения и нейронной сети, позволяющая определять локацию видимого выброса (номер электролизера). Соискателем проведен эксперимент по определению видимых выбросов на масштабной модели электролизера. Произведена оценка точности обученной нейронной сети. Разработана распределенная архитектура системы обработки информации с использованием технического зрения, обладающая рядом преимуществ перед системой аналогом от ОК РУСАЛ, построенной на базе клиент-серверной структуры. Преимущество заключается в исключении узких мест между сервером и коммутатором, повышении отказоустойчивости системы технического зрения. Соискателем на основании представленных в статье данных доказано второе научное положение.

3. Petrov, P.A. Use of multifunctional crust breaker and machine vision system for acquisition and processing of aluminium reduction cell data / P.A. Petrov, **A.K. Shestakov**, M.Yu. Nikolaev // Tsvetnye Metally. – 2023. – №4. – P. 45-53, <https://doi.org/10.17580/tsm.2023.04.06>

Петров, П.А. Сбор и обработка данных алюминиевого электролизера с использованием многофункционального пробойного устройства и системы технического зрения / П.А. Петров, **А.К. Шестаков**, М.Ю. Николаев // Цветные металлы. – 2023. – №4. – С. 45-53, <https://doi.org/10.17580/tsm.2023.04.06>

Соискателем обоснована актуальность мониторинга уровня электролита в автоматическом режиме каждый цикл питания глинозёмом, разработана автоматическая система мониторинга уровня электролита с использованием модернизированного пробойного устройства с установленным внутри оптическим дальномером и дополнительной измерительной цепи постоянного тока. Проведен эксперимент по определению относительной ошибки измерения выдвигания штока пневмоцилиндра при производственных условиях (температура 120 °С, давление 5 атм). Использование оптического дальномера, помещенного внутрь цилиндра АПГ, позволяет производить измерения в менее агрессивной среде и в автоматическом режиме и тем самым исключить необходимость разгерметизации электролизера и нарушения теплового режима ванны при измерениях вручную.

Соискателем на основании представленных в статье данных доказано первое научное положение.

4. Oksengoyt, E.A. Modern equipment by Soyuztsvetmetavtomatika for detecting aerosols and spills of harmful pollutants / E.A. Oksengoyt, N.A. Kunitskiy, P.A. Petrov, **A.K. Shestakov** // Tsvetnye Metally. – 2023. – №4. – P. 61-65, <https://doi.org/10.17580/tsm.2023.04.08>

Оксенгойт, Е.А. Современные приборы АО «СоюзЦМА» для контроля аэрозолей и фиксации разливов агрессивных сред / Е.А. Оксенгойт, Н.А. Куницкий, П.А. Петров, **А.К. Шестаков** // Цветные металлы. – 2023. – №4. – С. 61-65, <https://doi.org/10.17580/tsm.2023.04.08>

Соискателем произведена оценка возможности совместного использования разработанной системы мониторинга видимых выбросов вредных веществ в атмосфере электролизного цеха на основе технического зрения и нейронной сети совместно с приборами для контроля аэрозолей и фиксации разливов вредных агрессивных сред компании АО «СоюзЦМА» для повышения контроля качества воздуха в рабочих зонах предприятия. Описаны характеристики аппаратной части системы мониторинга, а также представлена точность разработанной системы.

Публикации в прочих изданиях:

5. **Shestakov, A.K.** Multifunctional crust breaker for automatic alumina feeding system of aluminum reduction cell / **A.K. Shestakov**, R.M. Sadykov, P.A.

Petrov // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 266 – P. 1-12, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126609002>

Шестаков, А.К. Многофункциональное пробойное устройство корки для автоматической системы подачи глинозема в алюминиевый электролизер / **А.К. Шестаков**, Р.М. Садыков, П.А. Петров // E3S Веб конференции. – 2021. – Vol. 266 – P. 1-12, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126609002>

Соискателем выполнены литературный и патентный обзоры по системе управления АПГ, проведено численное моделирование нагрева наконечника пробойного устройства в ANSYS, осуществлен расчет срока службы модифицированного наконечника пробойного устройства, произведена оценка стоимости внедрения модифицированного пробойного устройства АПГ, а также расчет экономии сжатого воздуха при работе пневмоцилиндра АПГ на двух давлениях.

Патент на полезную модель:

6. Патент № 219339 Российская Федерация, МПК C25C 3/14 (2006.01). Устройство для пробивки криолитоглиноземной корки алюминиевого электролизера : № 2023109899 : заявл. 19.04.2023 : опубл. 12.07.2023 / **Шестаков А.К.**, Петров П.А., Николаев М.Ю. Заявитель СПГУ. – 5 с. : ил. – Текст : непосредственный.

Соискателем разработана конструкция пневмоцилиндра с установленным внутри оптическим датчиком, проведены патентный поиск, математическое моделирование и оценка эффективности устройства.

Апробация работы проведена на научных конференциях международного и всероссийского уровня с докладами:

- XIX Всероссийская конференция-конкурс студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования» (апрель 2021 года, г. Санкт-Петербург);

- Всероссийский конкурс научных и проектных студенческих работ «Лаборатория РУСАЛа» 1 марта – 23 июня 2021 г.;

- The XVIII International Forum-Contest of Students and Young Researchers «Topical Issues of Rational Use of Natural Resources» (май 2022 года, г. Санкт-Петербург);

- 5-й Международный семинар «Новые средства и системы автоматизации в горно-обогательном производстве, металлургии и экологии» (октябрь 2022 года, г. Москва);

- The XIX International Forum-Contest of Students and Young Researchers «Topical Issues of Rational Use of Natural Resources» (май 2023 года, г. Санкт-Петербург).

В диссертации Шестакова Алексея Константиновича отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: заведующего кафедрой «Информационно-коммуникационные системы и программная инженерия» СГТУ имени Гагарина Ю.А., д.т.н., профессора **А.А. Сытника**; заведующего кафедрой «Горная электротехника и автоматика им. Р.М. Лейбова» ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», д.т.н., профессора **К.Н. Маренича**; советника Дирекции по научно-технологическим исследованиям АО «ГипроРИВС», к.т.н. **Ю.П. Назарова**; главного инженера проектов АО «Полиметалл Инжиниринг», к.т.н. **И.А. Кузнецова**; старшего научного сотрудника лаборатории пирометаллургии департамента научно-технического развития ООО «Институт Гипроникель», к.т.н. **Я.И. Косова**; заместителя Генерального директора АО «РИВС - цифра», к.т.н. **А.В. Голованова**; индивидуального предпринимателя, к.т.н. **Р.Ю. Фещенко**; доцента кафедры электромеханики и робототехники ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», к.т.н., доцента **В.В. Булатова**.

В отзывах дана положительная оценка диссертационного исследования, отмечена актуальность выбранной темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования, логическое построение работы с использованием актуальной научной и статистической информации, однако отмечен ряд замечаний:

1. При описании выбора нейросетевой модели желательно привести более подробное сравнение с альтернативными моделями по критериям точности, быстродействия и вычислительных требований (д.т.н. **А.А. Сытник**);

2. В автореферате было бы полезно дополнительно указать, какие требования предъявляются к сетевой инфраструктуре предприятия при использовании распределенной архитектуры обработки видеопотока (д.т.н. **А.А. Сытник**);

3. В перспективе целесообразно расширить набор классов распознаваемых событий, связанных с состоянием электролизной ванны (д.т.н. **А.А. Сытник**);

4. Содержательная часть первой и второй глав диссертации, по сути, отвечает критериям раздела «Состояние вопроса. Цель и задачи исследования». Их можно было бы объединить в одну главу (раздел) диссертации (д.т.н. **К.Н. Маренич**);

5. Не ясно, с какой целью в тексте дважды приводится формулировка первого и второго научных положений, выносимых на защиту (д.т.н. **К.Н. Маренич**);

6. Формулировки положений научной новизны изложены автором декларативно. Не ясно, чем достигнутые результаты существенно отличаются от известных и какой эффект, в связи с этим, достигнут (д.т.н. **К.Н. Маренич**);

7. В формулировках теоретической и практической значимости работы следовало бы выделить, что автор относит к теоретической значимости, а что - к практической (д.т.н. **К.Н. Маренич**);

8. Из текста (стр. 11) и рисунка 1 следует, что зафиксированная амплитуда сигнала на лабораторном стенде при содержании глинозёма в расплаве $C_{Al_2O_3} = 2,0\%$ равна 0,009 - 0,011 В и существенно отличается от амплитуд этого же сигнала при $C_{Al_2O_3} = 1,5\%$ и $C_{Al_2O_3} = 2,5\%$ (соответственно, 0,0015 В и 0,002 В). Учитывая существенный диапазон амплитуд сигнала, целесообразно было бы более детально провести исследование в диапазоне $1,5\% \leq C_{Al_2O_3} \leq 2,5\%$, представить и проанализировать результаты (д.т.н. **К.Н. Маренич**);

9. На рисунках 8 - 11 отсутствуют обозначения осей координат (д.т.н. **К.Н. Маренич**);

10. Из автореферата следует, что результаты диссертационного исследования прошли апробацию на одной научной конференции в 2021 г. Автору следовало бы конкретизировать, какие вопросы им были рассмотрены в докладе на этой конференции и достаточен ли уровень апробации применительно ко всему объёму диссертации (д.т.н. **К.Н. Маренич**);

11. Публикации автора по материалам диссертации относятся к периоду 2020 - 2023 г.г. Не ясно, развивалось ли исследование автора в контексте заявленного им (стр. 19) «перспективного направления дальнейших исследований» в последующий период и каковы результаты (д.т.н. **К.Н. Маренич**);

12. Подрисуночная подпись к рисунку 4 некорректна. Здесь изображён не алгоритм, а его блок-схема (д.т.н. **К.Н. Маренич**);

13. Следовало бы более подробно указать, насколько воспроизводимы выявленные спектральные характеристики шума напряжения в низкочастотном диапазоне при изменении температуры расплава и криолитового отношения (к.т.н. **Ю.П. Назаров**);

14. Представляет интерес дополнительное обсуждение отказоустойчивости системы при выходе из строя оптического дальномера,

электрической измерительной цепи или отдельных камер технического зрения (к.т.н. **Ю.П. Назаров**);

15. В дальнейшем целесообразно расширить сведения о промышленной процедуре обслуживания модернизированного узла пробойника АПГ (к.т.н. **Ю.П. Назаров**);

16. При описании системы технического зрения желательно более подробно указать, каким образом будет организовано взаимодействие разработанной системы с персоналом электролизного цеха и существующей системой диспетчеризации (к.т.н. **И.А. Кузнецов**);

17. Представляет интерес дополнительная оценка применимости предложенных решений к электролизерам разных конструктивных типов и разной мощности (к.т.н. **И.А. Кузнецов**);

18. Не полностью раскрыт вопрос обслуживания камер технического зрения в условиях электролизного цеха, включая защиту оптики от запыления, вибрации, высокой температуры и воздействия агрессивных газов (к.т.н. **И.А. Кузнецов**);

19. Влияет ли состав электролита и криолитовое отношение на применимость полученных частотных характеристик для косвенного определения концентрации глинозема в криолито-глиноземном расплаве? (к.т.н. **Я.И. Косов**);

20. В перспективе желательно проверить предложенные частотные характеристики на электролизерах различных конструктивных типов (к.т.н. **Я.И. Косов**);

21. В работе следовало бы более подробно рассмотреть влияние износа наконечника на точность регистрации момента касания электролита (к.т.н. **Я.И. Косов**);

22. Каким образом система технического зрения различает штатные технологические операции и аварийные или нештатные видимые выбросы? (к.т.н. **А.В. Голованов**);

23. Дополнительного внимания заслуживает вопрос расширения количества классов технологических событий, определяемых системой технического зрения (к.т.н. **А.В. Голованов**);

24. В автореферате желательно подробнее раскрыть механизмы резервирования и диагностики отказов отдельных узлов предлагаемой системы технического зрения и определения уровня электролита (к.т.н. **В.В. Булатов**);

25. Какие требования предъявляются к сетевой инфраструктуре электролизного цеха для обеспечения надежной передачи видеоданных? (к.т.н. **В.В. Булатов**);

26. Следовало бы подробнее указать, какие мероприятия по техническому обслуживанию модернизированного пробойного устройства АПГ предусматриваются в условиях электролизного производства (к.т.н. **Р.Ю. Фещенко**);

27. Представляется целесообразным дополнительно рассмотреть вопросы эксплуатации и обслуживания камер технического зрения в сложных производственных условиях электролизного цеха (к.т.н. **Р.Ю. Фещенко**).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме диссертационной работы и их компетентности в области диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана автоматическая система сбора и обработки технологических данных алюминиевого электролизера, включающая многофункциональное пробойное устройство системы автоматической подачи глинозема, средства определения уровня электролита и косвенной оценки содержания глинозема, а также систему технического зрения для обнаружения наблюдаемых выбросов вредных веществ;

предложены метод автоматического измерения уровня электролита без локальной разгерметизации створчатых укрытий электролизера, алгоритм корректировки дозы и интервала подачи глинозема с учетом уровня электролита и результатов спектрального анализа шумов напряжения, а также распределенная архитектура обработки данных системы технического зрения;

доказана возможность повышения эффективности управления процессом электролиза криолито-глиноземного расплава и снижения вероятности возникновения анодных эффектов за счет оперативного контроля уровня электролита, содержания глинозема и разрушения криолито-глиноземной корки;

введены в состав контролируемых параметров системы управления алюминиевым электролизером уровень электролита, преобладающие частоты и амплитуды низкочастотных составляющих сигнала напряжения, а также наличие и местоположение наблюдаемых выбросов вредных веществ;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность косвенной количественной оценки содержания глинозема в криолито-глиноземном расплаве по преобладающим частотам и амплитудам низкочастотных составляющих сигнала напряжения, а также

автоматического определения уровня электролита с относительной погрешностью, не превышающей 2 %;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс методов теоретического анализа и экспериментальных исследований процесса электролиза криолито-глиноземного расплава, спектрального анализа сигнала напряжения методом быстрого преобразования Фурье, автоматизированных измерений, обработки изображений и машинного обучения с применением сверточных нейронных сетей;

изложены алгоритмы определения уровня электролита, контроля разрушения криолито-глиноземной корки, расчета дозы и интервала подачи глинозема, обработки изображений и локализации наблюдаемых выбросов вредных веществ, а также принципы построения распределенной системы обработки видеоданных;

раскрыты недостатки существующих способов периодического ручного контроля уровня электролита и содержания глинозема, причины нарушения подачи глинозема при неполном разрушении криолито-глиноземной корки, а также причины возникновения неконтролируемых выбросов при разгерметизации укрытий электролизеров;

изучены законы, по которым формируются преобладающие частоты и амплитуды низкочастотных составляющих сигнала напряжения от содержания глинозема в расплаве, влияние уровня электролита на расчет дозы глинозема, а также влияние концентрации дыма, размеров облака выброса, освещенности и положения объекта наблюдения на результаты распознавания изображений;

проведена модернизация алгоритма работы пробойного устройства системы автоматической подачи глинозема, расширено его функциональное назначение за счет размещения оптического дальномера в «мертвом» объеме пневмоцилиндра, введения дополнительной измерительной цепи постоянного тока и применения двухступенчатого давления в пневматической системе.

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

разработаны и внедрены технические и программные решения по автоматическому обнаружению наблюдаемых выбросов вредных веществ с использованием системы технического зрения и нейронной сети в АО «СоюзЦМА», что подтверждается актом внедрения от 11.10.2022 г.;

определены условия практического применения оптического дальномера в составе пробойного устройства при температуре до 125 °С, установлена относительная погрешность определения уровня электролита, не превышающая 2 %, и подтверждена возможность обнаружения и локализации наблюдаемых выбросов системой технического зрения с общей точностью не менее 94 %;

создана распределенная архитектура системы обработки информации, обеспечивающая сбор и обработку видеопотоков, локализацию электролизеров с наблюдаемыми выбросами, передачу результатов на верхний уровень управления и повышение отказоустойчивости системы технического зрения;

представлены рекомендации по размещению камер технического зрения в электролизном цехе, выбору вычислительного и сетевого оборудования, расчету дозы и интервала подачи глинозема с учетом измеренного уровня электролита, а также сокращению времени нахождения наконечника пробойного устройства в электролите.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с использованием установки для электролиза расплавов, лабораторных стендов для исследования пробойного устройства и формирования изображений наблюдаемых выбросов, средств автоматизированного измерения и обработки данных; выполнены оценка погрешности оптического дальномера при температуре 125 °С и проверка воспроизводимости результатов в различных условиях;

теория построена на известных физических представлениях о влиянии содержания глинозема на смачивание поверхности угольного анода, образование и отрыв пузырьков анодных газов, возникновение низкочастотных составляющих сигнала напряжения и формирование анодного эффекта и подтверждена результатами экспериментальных исследований;

идея базируется на анализе существующих систем автоматического управления алюминиевыми электролизерами, обобщении опыта применения систем автоматической подачи глинозема и результатах экспериментального исследования технологических параметров процесса электролиза криолито-глиноземного расплава;

использованы результаты сравнения срока службы наконечника разработанного пробойного устройства со стандартным исполнением устройства системы автоматической подачи глинозема, а также

характеристик предложенной системы технического зрения с существующими системами-аналогами;

установлено соответствие показаний оптического дальномера действительным значениям величины выдвижения штока пробойного устройства с относительной погрешностью, не превышающей 2 %, а также подтверждена точность распознавания наблюдаемых выбросов на тестовой выборке на уровне 94,6 %;

использованы современные методики сбора и обработки экспериментальной информации, включающие спектральный анализ сигнала напряжения методом быстрого преобразования Фурье, автоматизированную регистрацию положения штока пробойного устройства, формирование и разметку выборки из 1000 изображений, ее разделение на обучающую и тестовую части в соотношении 80 к 20 %, а также обучение и тестирование сверточной нейронной сети средствами программной библиотеки TensorFlow.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и задач диссертационного исследования, анализе отечественной и зарубежной научной литературы, посвященной алгоритмам работы систем автоматической подачи глинозема, разработке модифицированного пробойного устройства АПГ с оптическим дальномером, анализе шумов напряжения для косвенной оценки содержания глинозема в криолито-глиноземном расплаве, разработке системы мониторинга с использованием технологии технического зрения для обнаружения наблюдаемых выбросов в электролизном цехе, проведении экспериментальных исследований, необходимых для подтверждения эффективности разработанных технологических решений, а также в подготовке публикаций по теме исследования.

В ходе защиты диссертации критических замечаний не было высказано.

Соискатель Шестаков А.К. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию по обоснованию положений диссертационной работы.

На заседании 30 июня 2026 диссертационный совет принял решение присудить **Шестакову Алексею Константиновичу** ученую степень кандидата технических наук за новые научно обоснованные технические решения и разработки в области управления процессом электролиза криолито-глиноземного расплава с целью повышения эффективности автоматической системы сбора и обработки технологических параметров алюминиевого электролизера за счет использования многофункционального

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Васильева
Наталья Васильевна

30.06.2026 г.