

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

диссертационного совета 24.2.312.04, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25.12.2025, протокол №12

О присуждении Сахарову Илье Юрьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертационная работа «Модернизация стадии нейтрализации азотной кислоты аммиаком производства нитрата аммония» по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ принята к защите 21.10.2025, протокол заседания №11, диссертационным советом 24.2.312.04, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России), 420015, г. Казань, ул. Карла Маркса, д.68, приказ о создании диссертационного совета от 18.01.2008 № 1-51 (приказом Минобрнауки России от 02.11.2012 № 714/нк признан отвечающим действующим требованиям «Положения о совете...»; приказом Минобрнауки от 03.06.2021 № 561/нк приложение № 1, совету предоставлено право приема диссертаций для защиты на срок действия номенклатуры научных специальностей).

Соискатель, Сахаров Илья Юрьевич, 08.08.1990 года рождения, в 2012 г. с отличием окончил специалитет федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» по специальности «Химическая технология органических веществ».

В 2016 году окончил аспирантуру на кафедре оборудования химических заводов (ОХЗ) при ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Минобрнауки России. Работает ассистентом кафедры оборудования химических заводов ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре оборудования химических заводов (ОХЗ), ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры оборудования химических заводов ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» Махоткин Алексей Феофилактович.

Официальные оппоненты:

– Почиталкина Ирина Александровна, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов, профессор;

– Шабельская Нина Петровна, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», кафедра экологии и промышленной безопасности, заведующий кафедрой,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь, в своем положительном отзыве, подписанном доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой химических технологий ФГАОУ ВО

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Рябовым Валерием Германовичем и доктором технических наук, профессором, профессором той же кафедры Пойловым Владимиром Зотовичем указала, что диссертация Сахарова Ильи Юрьевича «Модернизация стадии нейтрализации азотной кислоты аммиаком производства нитрата аммония» представляет собой завершённое исследование, выполненное на достаточно высоком уровне. Является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно-обоснованные технологические решения, по модернизации стадии нейтрализации азотной кислоты аммиаком для увеличения производительности и одновременного сокращения количества вредных веществ в отходящих газах, имеющие существенное значение для развития химической промышленности страны.

Аннотация диссертации полностью отражает её содержание, актуальность темы исследования, научную новизну, практическую и теоретическую значимость, содержит все основные положения и выводы. Полученные соискателем результаты и заключение свидетельствуют о достижении поставленной цели.

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ по направлениям исследований:

п.1. Технологические процессы получения неорганических продуктов: соли, кислоты и щелочи, минеральные удобрения, изотопы и высокочистые неорганические продукты, катализаторы, сорбенты, неорганические препараты;

п.2. Явления переноса тепла в веществах в связи с химическими превращениями в технологических процессах. Кинетика и термодинамика химических и межфазных превращений;

п.4. Способы и последовательность технологических операций и процессов переработки сырья, промежуточных и побочных продуктов,

вторичных материальных ресурсов (отходов производства и потребления) в неорганические продукты.

По актуальности поставленных задач, методическому и научному уровню исследований, новизне и практической значимости диссертационная работа Сахарова Ильи Юрьевича отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции).

На основании вышесказанного можно заключить, что Сахаров Илья Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, все по теме диссертации, из них 8 статей (авторский вклад 75 %), 7 из которых в журналах, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 1 статья в журнале, индексируемом в международной базе цитирования Scopus, 2 патента (авторский вклад 65 %) на изобретение, 3 публикации (авторский вклад 65 %) по материалам докладов на международных и всероссийских научных конференциях. В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, заимствованный материал без ссылки на автора/соавтора и/или источник заимствования.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Сахаров, И.Ю.** Исследование процесса нейтрализации растворов азотной кислоты аммиаком на модели аппарата периодического действия / И.Ю. Сахаров, А.Ф. Махоткин, Ю.Н. Сахаров, И.А. Махоткин, Р.В. Дурник, Р.Ф. Сабиров // Бутлеровские сообщения. – 2019. – Т.58, № 6. – С. 110-113.

2. **Sakharov, I.U.** Determination the phase contact surface size of nitric acid with ammonia neutralization process for the ammonium nitrate production / I.U. Sakharov, A.F. Makhotkin, U.N. Sakharov, I.A. Makhotkin // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. – 2021. – V. 815. – Article 012015 (Scopus, WOS).

3. Патент РФ, № 2619700, МПК C01C 1/18. Способ получения аммиачной селитры и устройство для его осуществления: № 2016113051: заявл. 05.04.2016: опубл. 17.05.2017 / **И.Ю. Сахаров**, И.А. Махоткин, Ю.Н. Сахаров, А.Ф. Махоткин; заявитель, патентообладатель ФГБОУ ВО «КНИТУ». – 8 с.

4. Патент РФ, № 2659462, МПК G01N 7/04. Устройство для определения объема газа, участвующего в массообменном процессе в системе газ-жидкость: № 2017122505: заявл. 26.06.2017: опубл. 02.07.2018 / Ю.Н. Сахаров, А.Ф. Махоткин, **И.Ю. Сахаров**, И.А. Махоткин; заявитель, патентообладатель ФГБОУ ВО «КНИТУ». – 9 с.

На автореферат диссертации поступили отзывы от:

д.т.н., заведующего кафедрой инженерной экологии и безопасности труда ФГБОУ ВО «КГЭУ» **Николаевой Ларисы Андреевны**; д.т.н., декана факультета техники, технологии, и управления березниковского филиала ФГАОУ ВО «ПНИПУ» **Лановецкого Сергея Викторовича**; к.т.н., доцента кафедры общей химии ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» **Габдуллина Альфреда Нафитовича**; д.х.н., заведующего кафедрой химии и химической технологии ИжГТУ имени М.Т. Калашникова **Плетнева Михаила Андреевича**; д.т.н., профессора кафедры технологии и оборудования химических, нефтегазовых и пищевых производств ЭТИ(филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А. **Соловьевой Нины Дмитриевны**.

Все отзывы положительные. В качестве замечаний указано:

– Какая методика использовалась при расчете предотвращенного экологического вреда атмосферному воздуху? Каким образом проводился расчет коэффициента массотдачи для экспериментального барботажного устройства? (**Николаева Л.А.**);

– В научной новизне на стр. 4 автореферата указано, что значение равновесной упругости аммиака над поверхностью раствора зависит от температуры и не зависит от концентрации азотной кислоты в жидкости, при

этом приведены данные равновесной упругости NH_3 только для температуры 100°C , по которым трудно сделать вывод о зависимости упругости от температуры. На стр. 9 автореферата автор утверждает, что гидравлическое сопротивление одной ступени разработанного вихревого аппарата составляет 80 мм вод. ст., а трёхступенчатого нейтрализатора – 240 мм вод. ст. Однако, на стр. 4 в практической значимости работы и на стр. 13 в п.4 заключения говорится о суммарном сопротивлении установки 960 мм вод. ст. Возникает вопрос, откуда берутся дополнительные 720 мм вод. ст.? Каким образом был определен коэффициент массоотдачи аммиака в газовой фазе, используемый в уравнении 2 на стр.6 автореферата? Из автореферата непонятно, каким образом автором были определены оптимальные технологические параметры стадии нейтрализации азотной кислоты, в частности: кратность циркуляции – 14, число вихревых контактных устройств – 3, число вихревых контактных устройств в брызготуманоловушке – 2 и т.д. Следовало более детально раскрыть данный вопрос. Предлагались ли результаты представленной работы промышленным предприятиям производителям нитрата аммония (АО Аммоний, г. Менделеевск, АО «Минудобрения», г. Пермь, ПАО «КуйбышевАзот», г. Тольятти и др.)? **(Лановецкий С.В.);**

– В практической значимости отмечено, что основным преимуществом разработанной технологии является: сокращение потерь и получение нитрата аммония с повышенным до 99,99% выходом. На сколько сокращены потери и увеличен выход продукта на стадии нейтрализации относительно действующей технологии? На рисунке 5 представлена зависимость среднего размера частиц нитрата аммония в газе от концентрации нитрата аммония в газе. Каким методом в работе определялась концентрация и средний размер частиц нитрата аммония в газовой фазе? **(Габдуллин А.Н.);**

– Автором уделено недостаточно внимания описанию методик исследования и экспериментальных установок, упомянутых в описании второй главы на с. 6. Автором допущено в некоторых местах использование лишних (ненужных) знаков препинания. **(Плетнев М.А.);**

– Обоснуйте выбор рекомендуемого трехслойного орошаемого фильтра для очистки отходящих газов и условия его эксплуатации. Предусматривается ли регенерация фильтров? На представленных в автореферате графических зависимостях отсутствуют данные по доверительным интервалам. Как проводилась статистическая обработка экспериментальных результатов? (Соловьева Н.Д.).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их богатым, многолетним опытом исследований и практической деятельности в области технологии неорганических веществ, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования. Приобретенные ими опыт и знания позволяют в полной мере определить научную и практическую значимость диссертации.

Ведущая организация известна своими исследованиями, связанными с разработкой физико-химических основ и интенсификацией процессов химической технологии, решением экологических проблем и проведением физико-химических анализов для предприятий Российской Федерации, в частности для предприятий Пермского края, в число которых входит промышленное предприятие – производитель нитрата аммония – АО «Минудобрения», г. Пермь.

Официальные оппоненты и ведущая организация не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что наиболее существенные научные результаты, полученные соискателем, и их научная новизна заключаются в следующем:

Установлено, что в условиях производства нитрата аммония на стадии нейтрализации растворов азотной кислоты аммиаком определяющую роль играет химическая реакция взаимодействия аммиака с парами азотной кислоты, которая протекает менее чем за одну секунду с образованием паров нитрата аммония, конденсирующихся в твердые частицы. Средний размер образующихся частиц зависит от концентрации паров нитрата аммония в газе

и составляет 4,5 мкм при концентрации 300 мг/м³, 1,5 мкм при концентрации 25 мг/м³.

Установлено, что при уменьшении концентрации азотной кислоты в растворе до 4 % и менее, основным процессом на стадии нейтрализации азотной кислоты аммиаком является не химическая реакция взаимодействия аммиака с парами азотной кислоты, а процесс абсорбции аммиака. В исследуемом диапазоне низких концентраций (менее 4 %) значение равновесной упругости аммиака над поверхностью раствора в режиме абсорбции определяется температурой и практически не зависит от концентрации азотной кислоты в жидкости. При температуре 100 °С равновесная упругость аммиака в режиме абсорбции над раствором азотной кислоты составляет 167 мм рт. ст. (22291 Па).

Теоретическая и практическая значимость полученных соискателем результатов исследования подтверждается тем, что:

- *установлены* закономерности процессов нейтрализации азотной кислоты аммиаком в зависимости от концентрации реагентов: выявлен переход от режима химической реакции в газовой фазе (при концентрации $\text{HNO}_3 > 4\%$) к режиму абсорбции аммиака (при концентрации $\text{HNO}_3 \leq 4\%$); установлены зависимости размера образующихся частиц нитрата аммония от концентрации паров в газовой фазе; определены параметры равновесной упругости аммиака над растворами в режиме абсорбции;

- *разработан* лабораторный вариант технологии нейтрализации азотной кислоты аммиаком со следующими оптимальными параметрами: подача азотной кислоты в зону реакции в виде циркулирующего раствора с концентрацией не более 4 % масс. при кратности циркуляции – 14; число вихревых контактных устройств в нейтрализаторе – 3, в брызготуманоловушке – 2; параметры фильтрации: скорость 0,2 м/с, трехслойный фильтр (стекловолокно/фторин/стекловолокно). На основе разработанной технологии предложен усовершенствованный способ получения нитрата аммония и устройство для его реализации.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что она достигается применением стандартных методик, современных аттестованных и запатентованных устройств, подтверждена серией параллельных исследований, выполненных различными методами с получением сходимости результатов, согласованностью с данными литературы.

Личный вклад соискателя состоит в определении цели и постановке задач научной работы, в теоретическом и экспериментальном исследовании с разработкой нового устройства исследования процесса нейтрализации азотной кислоты в паровой и жидкой фазах. Автор выполнил обобщение экспериментальных и литературных данных о процессе взаимодействия аммиака и азотной кислоты в паровой и жидкой фазах, и научно обосновал модернизацию стадии нейтрализации азотной кислоты аммиаком в производстве нитрата аммония.

По своему содержанию диссертация Сахарова Ильи Юрьевича отвечает паспорту специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ.

Направления исследований:

п.1. Технологические процессы получения неорганических продуктов: соли, кислоты и щелочи, минеральные удобрения, изотопы и высокочистые неорганические продукты, катализаторы, сорбенты, неорганические препараты;

п.2. Явления переноса тепла в веществах в связи с химическими превращениями в технологических процессах. Кинетика и термодинамика химических и межфазных превращений;

п.4. Способы и последовательность технологических операций и процессов переработки сырья, промежуточных и побочных продуктов, вторичных материальных ресурсов (отходов производства и потребления) в неорганические продукты.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Результаты диссертационной работы Сахарова Ильи Юрьевича представляют научно-практический интерес для:

– предприятий химической промышленности Российской Федерации, специализирующихся на производстве нитрата аммония: АО «Аммоний» г. Менделеевск, ПАО «КуйбышевАзот» г. Тольятти, АО «Минудобрения» г. Россошь, ОАО «Тольяттиазот», АО «Апатит» г. Череповец, АО «Минудобрения» г. Пермь, Филиал «КЧХК» АО «ОХК «УРАЛХИМ» г. Кирово-Чепецк, АО «Новомосковская АК «Азот», МХК «Еврохим», ПАО «Акрон» г. Великий Новгород, и др.);

– научно-исследовательских институтов (ОАО «ГИАП», АО «НИИК»);

– вузов («Пермский национальный исследовательский политехнический университет», «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», «Ивановский государственный химико-технологический университет»).

Результаты выполненной работы могут быть рекомендованы для совершенствования технологии производства нитрата аммония на стадии нейтрализации азотной кислоты аммиаком. Модернизированная технология нейтрализации азотной кислоты аммиаком рекомендуется к внедрению в промышленное производство.

Соискатель Сахаров Илья Юрьевич исчерпывающе ответил на вопросы, задаваемые ему в ходе заседания.

Диссертационным советом сделан вывод, что рассматриваемая диссертация является законченной научно-квалификационной работой, которая соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013, (в действующей редакции).

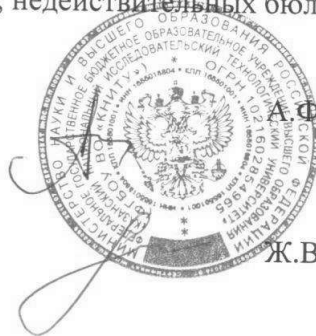
На заседании 25.12.2025 диссертационный совет 24.2.312.04 принял решение присудить Сахарову Илье Юрьевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ за научное обоснование приемов эффективной нейтрализации азотной кислоты аммиаком и разработку модернизированной технологии, с

увеличенной пропускной способностью установки по газу, обеспечивающей сокращение количества вредных веществ в отходящих газах и получение неорганического продукта – нитрата аммония с повышенным до 99,99 % выходом, имеющей существенное значение для развития химической промышленности страны.

При проведении тайного голосования диссертационный совет 24.2.312.04 в количестве 15 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ (технические науки), участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета,
д.х.н., профессор

Ученый секретарь
диссертационного совета,
к.х.н., доцент



А.Ф. Дресвянников

Ж.В. Межевич

25 декабря 2025 г.