

Заключение диссертационного совета 24.2.312.11, созданного
на базе федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
Министерства образования и науки Российской Федерации по диссертации на
соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета 24.2.312.11 № 7

О присуждении Исаеву Александру Анатольевичу, гражданину
Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Рабочий процесс безмасляных вакуумных насосов внешнего
сжатия с различными профилями роторов» по специальности 2.5.10.
Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и
пневмосистемы принята к защите 18.10.2024, протокол № 6 диссертационным
советом 24.2.312.11, созданным на базе федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО)
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
Министерство образования и науки РФ, 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68,
приказ №1305/нк от 22.05.2023 г.

Соискатель, Исаев Александр Анатольевич, 05 марта 1991 года рождения,
в 2017 году окончил магистратуру по направлению подготовки 15.04.02 –
Технологические машины и оборудование ФГБОУ ВО «Казанский
национальный исследовательский технологический университет», в 2022 году
окончил аспирантуру ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет». В настоящий момент работает начальником
конструкторского бюро механических вакуумных насосов на АО «Вакууммаш».

Диссертация выполнена на кафедре «Вакуумная техника
электрофизических установок» ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технологический университет».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Бурмистров Алексей Васильевич, профессор кафедры вакуумной техники электрофизических установок ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Официальные оппоненты:

Пронин Владимир Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор образовательного центра «Энергоэффективные инженерные системы» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»,

Сарманаева Альбина Фаридовна, кандидат технических наук, заместитель главного конструктора ЦКУ- начальник отдела технологических инноваций и импортозамещения АО «НИИ турбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» в своем **положительном** заключении, составленном Чернышевым Андреем Владимировичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Вакуумная и компрессорная техника»; и утвержденном профессором доктором экономических наук Дроговозом Павлом Анатольевичем, проректором по науке и цифровому развитию, указала, что диссертационная работа является актуальной, обладает научной новизной и является законченной научно-квалификационной работой, в которой впервые изложены новые, научно-обоснованные технические решения имеющие практическую значимость, в которой решена задача по повышению эффективности рабочего процесса насосов Рутса, что соответствует п. 1, 2, 4 паспорта специальности 2.5.10 Гидравлические машины, вакуумная и компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы и отвечает требованиям пунктов 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного

постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.10 Гидравлические машины, вакуумная и компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их известностью своими достижениями в области исследования и разработки вакуумной и компрессорной техники, наличием публикаций по специальности 2.5.10, а также способностью определить научную новизну и практическую ценность диссертационной работы.

Соискатель имеет 26 опубликованных работ, общим объемом 6,56 печ. л. (личный вклад соискателя 70%), все по теме диссертации, в том числе 8 в ведущих рецензируемых изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (ВАК РФ), и 7 - в научных изданиях, индексируемых международной базой данных Scopus, 1 патент РФ.

Диссертация не содержит недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах. В диссертационной работе отсутствует заимствованный материал без ссылки на автора или источник заимствования, а также результаты научных работ, выполненных соискателем в соавторстве, без ссылок на соавторов.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. — Исаев, А.А. Исследование перетеканий в двухроторном вакуумном насосе типа Рутс с эллиптическим профилем роторов при молекулярном режиме течения газа / А.А.Исаев, А.А. Райков, А.В. Бурмистров, С.И.Саликеев // Известия Вузов. Машиностроение. – 2023. – № 4(757). С. 38-45.

2. Исаев А.А., Райков А.А., Бурмистров А.В. и др. Математическое моделирование рабочего процесса двухроторного вакуумного насоса Рутса. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 2024. - № 1 (148). С. 55-68.

3. Raykov A. Working process of Roots vacuum pumps. Development and verification of CFD model / A. Raykov, A. Burmistrov, S. Salikeev, A. Isaev // *Vakuum in Forschung und Praxis*. - 2021. - Vol. 33. - Is. 3. – P. 29-33.

4. Isaev A. Losses in the Input Channel of a Two-Rotor Vacuum Pump / A. A. Isaev, A. A. Raikov, A. V. Burmistrov, S. I. Salikeev ISSN 1068-798X, *Russian Engineering Research*. – 2021. - Vol. 41. - No. 12. - pp. 1161–1164. Allerton Press, Inc., 2021.

5. Burmistrov A. Efficiency improvement of Roots vacuum pump working process / Burmistrov A., Raykov A., Isaev A, Salikeev S., Kapustin E., Fomina M. // *Vakuum in Forschung und Praxis*. - 2022. - Vol. 34. - Is. 3. – P. 32-37.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

- **д.т.н., профессора Нестерова С.Б.**, президента Российского вакуумного общества им. Академика С.А. Векшинского, д.т.н., профессора каф. МТ-11 МГТУ им. Н.Э. Баумана; замечания: в автореферате не приведены результаты термометрирования роторов и корпуса. Обозначена только нижняя по давлению граница применимости математической модели. Верхние границы по давлению и по частоте вращения не представлены. Поэтому, в частности, не ясно, возможно ли на базе данной математической модели оценить работу ДВН в качестве воздуходувки, работающей на атмосферу;

- **к.т.н., Тетерука Р.А.**, руководителя научно-исследовательского отдела государственных эталонов в области измерений давления, ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева», замечания: на стр. 60, есть ссылка на рис. 2.8а, однако данного рисунка в диссертации нет. Из контекста понятно, что ссылка должна быть на рис. 2.7. Нередко графики (рис. 2.21) в поле рисунка пересекаются с их описанием, что мешает рассмотрению. Измерение давления в ходе эксперимента происходит в мм.рт.ст. (стр. 56), а графики представлены в Па (рис. 2.14).

- **к.х.н., Потаповой А.В.** инженера 1 кат. по патентной и изобретательской работе, бюро НТИ и патентов №130 АО «НИИТурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», замечания: автор не всегда придерживается требований к оформлению автореферата. Это касается подписей к рисункам, а также списка публикаций по теме диссертации.

- **д.т.н. Одинокоев В.В.** заместитель генерального директора по науке АО «НИИТМ», замечания: уравнения для определения температуры роторов получены путем аппроксимации экспериментальных данных, полученных для роторов одного типа. Возможность применения данных уравнений для других роторов не подтверждена. Не приведены параметры CFD модели, используемой для верификации матмодели. В качестве пожелания следует указать на необходимость расширения диапазона математической модели в сторону низких давлений и охват молекулярного режима.

- **д.т.н., Шаповалова В.И.** профессора каф. ЭПУ ФГАОУ ВО СПбГЭТУ «ЛЭТИ», замечания: целью работы, указанной автором в автореферате, является «повышение эффективности рабочего процесса вакуумного насоса». Но понятие «эффективности» в автореферате не определено. Возможно, что термин «валидация» следует заменить более привычным, принятым в науке термином «адекватность», из автореферата в связи с его ограниченным объёмом трудно понять суть математической модели, разработанной автором. Приведенные два дифференциальных и блок-схема алгоритма расчета рабочего процесса на рис. 3 не облегчают понимания сути модели. Во введении автор, обсуждая насосы, приводит значения быстроты действия в кубометрах в час, а на рис.5 эта величина измеряется уже в литрах в секунду, что не желательно в одном документе.

- **к.т.н., Бусарова С.С.**, доцента кафедры «Холодильная и компрессорная техника и технология» ФГАОУ ВО «ОМГТУ», замечания: на рисунке 2 представлены схемы НВД с тремя типами профилей роторов. Не показаны все размеры для того, чтобы можно было воспроизвести профиль, но указаны шероховатость и допуски формы – для чего это сделано? В соответствии с ГОСТ

2.105 слово «рисунок» полностью. В автореферате единицы измерения не всегда соответствуют системе СИ: мм.рт.ст., л/с?

- **д.ф.м.н., Левченко А.А.**, чл.-корр. РАН ФГБУН Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипяна Российской академии наук, замечания: из каких соображений для сравнения выбирались формы и размеры профилей роторов? В тексте автореферата используются определения «верификация и валидация», заимствованные из английского языка. Нужно ли было отказываться от русских слов «проверка и обоснованность» в пользу иностранных?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой профессиональной квалификацией, наличием публикаций по проблематике, связанной с темой диссертации, компетенцией в вопросах, имеющих отношение к теме работы, а также способностью профессиональной оценки научно-практической значимости диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **получена** база экспериментальных данных, состоящая из зависимостей быстроты действия от давления на входе в насос, проводимости роторного механизма от угла поворота ротора, степени повышения давления от давления на выходе, зависимостей температур роторов, корпуса и газа на выходе при различных конструктивных и эксплуатационных факторах. Зависимости получены при шести частотах вращения приводного вала, для трех насосов с различными профилями роторов;

- **разработана** математическая модель рабочего процесса НВД, работающая в переходном и вязкостном режимах течения газа и учитывающая подвижность стенок роторов, температуру газа на входе и выходе роторного механизма, а также изменение зазоров за счет тепловых деформаций.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

-получены экспериментальные и расчетные характеристики НВД с тремя различными типами роторов;

-разработана математическая модель рабочего процесса НВД, работающая

в диапазоне давлений от 10 до 10^5 Па и позволяющая повысить скорость и точность расчёта;

-получены выражения для определения температуры роторов и корпуса в зависимости от давления на входе и частоты вращения роторов;

-установлено, что пульсации газа на выходе и неравномерность давления в отсеченном объеме в условиях разрежения практически не влияют на быстроту действия НВД.

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

- математическая модель насосов НВД, учитывающая подвижность стенок щелевых каналов роторного механизма, внедрена в процесс разработки новых НВД на АО «Вакууммаш» (г. Казань), серийный выпуск которых запланирован в 2025г.

- математическая модель насосов НВД, учитывающая подвижность стенок щелевых каналов роторного механизма внедрена в процесс разработки и оптимизации компрессоров объемного действия и климатического оборудования на ООО «ТРАКС» (г. Москва).

- разработанный стенд для комплексных экспериментальных исследований откачных характеристик и проводимости каналов НВД используется для проведения лабораторных занятий, выполнения курсовых и выпускных квалификационных работ бакалавров и магистров по направлению подготовки «Технологические машины и оборудование» на кафедре «Вакуумной техники электрофизических установок» КНИТУ, стенд для измерения температурных полей используется для получения температурных зависимостей роторов, корпуса и газа новых НВД на АО «Вакууммаш».

- получен патент на изобретение №2730769 Российская федерация, МПК F04C 25/02 (2020.02); F04C 18/126 (2020.02). Двухроторная машина: №2020107745: заявл. 19.02.2020: опубл. 25.08.2020 / Исаев А.А., Саликеев С.И., Бурмистров А.В., Райков А.А., Бронштейн М.Д., Капустин Е.Н.; заявитель и

патентообладатель АО «Вакууммаш» Бюл. № 24 – 10 с.: ил. - Текст: непосредственный.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

достоверность полученных результатов обеспечивается за счет использования методик ГОСТ 32974.2-2023 и ГОСТ 32974.3-2023; использования поверенных средств измерений утвержденного типа; выполнения оценки погрешности измерений; использования апробированных пакетов для расчета течения газа, в основе математической модели лежат фундаментальные законы сохранения, хорошего согласия расчетных и экспериментальных результатов.

Личный вклад соискателя состоит в разработке математической модели НВД; разработке и сборке испытательного стенда; получении экспериментальных и расчетных откачных характеристик; верификации и валидации математической модели; разработке конструкции роторов с тремя профилями и модернизации серийно выпускаемого НВД-200 под установку новых роторов; подготовке научных публикаций; выступлении на конференциях; обсуждении полученных результатов.

По своему содержанию **диссертация отвечает паспорту специальности 2.5.10. Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы**, а именно пунктам:

п. 1. Математическое моделирование и оптимизация гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе;

п. 2. Методы расчетов гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе, а также комплектующего эти системы оборудования;

п. 4. Исследование физических взаимосвязей между рабочими процессами, конструкторско-технологическими факторами и техническими характеристиками гидравлических, вакуумных, компрессорных машин,

пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе, а также оборудования этих систем.

Диссертационным советом сделан вывод, что диссертация Исаева А.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые, научно-обоснованные технические решения и решена научная задача по повышению эффективности рабочего процесса насосов Рутса, важная для промышленного сектора экономики Российской Федерации. Диссертация соответствует п.1, 2, 4 паспорта специальности 2.5.10 Гидравлические машины, вакуумная и компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы и отвечает требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.10 Гидравлические машины, вакуумная и компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы.

На заседании 20 декабря 2024 года диссертационный совет принял решение присудить Исаеву Александру Анатольевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.5.10, участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 12, против – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор



Сергей Иванович
Поникаров

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент
20.12.2024 г.


20.12.24

Тимур Наилевич
Мустафин