

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.2.109.02,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ», ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВТОМОБИЛЬНО-  
ДОРОЖНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (СИБАДИ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА  
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 27.05.2026 г. № 4

О присуждении Екимову Геннадию Игоревичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

**Диссертация** «Разработка, теоретическое и экспериментальное исследования новой высокоэффективной одноцилиндровой одноступенчатой поршневой гибридной энергетической машины с организацией движения жидкости в рубашечном пространстве с помощью газового канала» **по специальности** 2.5.10 – «Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы» **принята к защите** 25.03.2026 г. (протокол заседания №2) диссертационным советом 99.2.109.02, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 644050, г. Омск, пр. Мира, д. 11, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 644080, г. Омск, пр. Мира, д. 5. Приказ № 240/нк от 14.02.2023 г.

**Соискатель** Екимов Геннадий Игоревич, 12 апреля 1998 года рождения, в 2020 году окончил бакалавриат в ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет» по специальности «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов». В 2022 году окончил магистратуру в ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет» по специальности «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», в 2022 году поступил в очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», в которой обучается по настоящее время, по направлению подготовки 2.5.10 – «Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы». В настоящее время работает ассистентом кафедры «Гидромеханика и транспортные машины» в федеральном государственном автономном образовательном

учреждении высшего образования «Омский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Диссертация выполнена** на кафедре «Гидромеханика и транспортные машины» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, почетный работник науки и высоких технологий РФ Щерба Виктор Евгеньевич, заведующий кафедрой «Гидромеханика и транспортные машины» ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет».

**Официальные оппоненты:**

**Месропян Арсен Владимирович**, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ), директор института экосистем бизнеса и креативных индустрий;

**Редников Сергей Николаевич**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры 909 «Теоретическая электротехника» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» в своем положительном отзыве, подписанном Рыбаком Александром Тимофеевичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса», Подлесным Дмитрием Сергеевичем, секретарем кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса» и утвержденном Бескопыльным А.Н., доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе и международной деятельности, указала, что диссертационная работа Екимова Геннадия Игоревича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научно-технической задачи – повышения эффективности поршневого компрессора за счёт создания новой конструкции с безнасосной системой охлаждения и разработки метода её расчёта.

По объёму, научной новизне и практической значимости полученных результатов диссертация полностью соответствует требованиям п. 9 – 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Екимов Геннадий

Игоревич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.10 – «Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы».

**Соискатель** Екимов Геннадий Игоревич имеет по теме диссертации 13 опубликованных научных работ, из них 6 научных статей в журналах из перечня ВАК РФ, из них 4 цитируемых в базе данных Scopus, а также 1 патент РФ на изобретение.

Авторский вклад соискателя заключается в проведенных лично теоретических и экспериментальных исследованиях, объем которых в опубликованных работах составляет от 60 до 90%. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

**Наиболее значительные работы по теме диссертации:**

1. Щерба В.Е., Тегжанов А.Х.-С., **Екимов Г.И.** Разработка опытного образца поршневой гибридной энергетической машины объемного действия с двумя всасывающими клапанами и стенда для исследования образца машины // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2023. № 2. С. 29–33. (**Перечень ВАК**)
2. Щерба В.Е., Тегжанов А.С., Дорофеев Е.А., **Екимов Г.И.** Анализ результатов экспериментального исследования рабочих процессов поршневой гибридной энергетической машины объемного действия с двумя всасывающими клапанами при изменении давления нагнетания компримируемого газа // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2023. № 5. С. 21–26. (**Перечень ВАК**)
3. Щерба В.Е., Тегжанов А.С., Залознов И.П., Дорофеев Е.А., Сокирко К.Н., **Екимов Г.И.** Экспериментальное исследование влияния частоты вращения коленчатого вала на рабочие процессы поршневой гибридной энергетической машины объемного действия с двумя всасывающими клапанами // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2023. № 5. С. 26–31. (**Перечень ВАК**)
4. Щерба В.Е., Тегжанов А.С., Дорофеев Е.А., Залознов И.П., Сокирко К.Н., **Екимов Г.И.** Экспериментальное исследование характеристик поршневой гибридной энергетической машины объемного действия с двумя всасывающими клапанами при использовании различных охлаждающих жидкостей // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2023. № 5. С. 31–35. (**Перечень ВАК**)
5. Щерба В.Е., Тегжанов А.С., **Екимов Г.И.** Разработка и исследование высокоэффективной поршневой гибридной энергетической машины с двумя всасывающими клапанами // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2024. № 8 (773). С. 74–82. (**Категория К1 перечня ВАК**)
6. Щерба В.Е., **Екимов Г.И.** Анализ влияния объема газовой полости всасывания на работу поршневого компрессора с безнасосной системой охлаждения // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2025. № 2 (779). С. 101–110. (**Категория К1 перечня ВАК**)
7. Патент № 2825501 Российская Федерация, F04В 39/06 (2006.01), Способ автономного охлаждения поршневого компрессора и устройство для его

осуществления : № 2023120816 : заявл. 09.08.2023 : опубли. 26.08.2024 / А.-Х.С. Тегжанов, В.Е. Щерба, А.П. Болштянский, **Г.И. Екимов**.

**На диссертацию и автореферат поступили 13 отзывов, из них 10 отзывов поступило на автореферат.** Все отзывы положительные, раскрывают актуальность, научную новизну, теоретическую значимость и практическую ценность диссертации. Во всех отзывах указано, что автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.10 – «Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы».

**Замечания, содержащиеся в отзывах:**

- **ведущая организация** в лице доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса» Рыбака Александра Тимофеевича, секретаря кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса» Подлесного Дмитрия Сергеевича отмечает:

1) Для течения газа в соединительных каналах в математической модели (глава 2) приняты допущения о квазистационарности и изотермичности. Количественно правомерность этих допущений для исследуемого диапазона частот вращения коленчатого вала не обоснована.

2) При термодинамическом анализе (раздел 2.1) затраты энергии на сжатие газа, подаваемого в полость всасывания, оцениваются через интеграл от удельной энтальпии. Не учтена возможная работа расширения газа при его перетекании через канал, что могло бы несколько уточнить баланс энергии. Впрочем, это не влияет на основные выводы.

3) В экспериментальной части (раздел 3.5) представлены зависимости коэффициента подачи от давления нагнетания при разных оборотах (рис. 3.5.7). Однако на рисунке 3.5.7 (а) и (б) отсутствуют обозначения экспериментальных точек и погрешности измерений. Хотя в тексте указана общая погрешность (до 3 % для коэффициента подачи), графики было бы полезно дополнить доверительными интервалами.

4) Автор, анализируя влияние объёма полости всасывания, делает вывод: для всасывания из атмосферы уменьшение объёма однозначно улучшает характеристики. Отдельно подчёркивается, что при наличии всасывающего трубопровода объём нужно выбирать, исходя из гашения пульсаций. Не приведены, количественные критерии такого выбора, а также не установлены границы применимости этой рекомендации для случая с трубопроводом. Это не снижает ценности работы, но указывает на направление дальнейших исследований.

5) В списке литературы отсутствуют некоторые современные работы (за последние 2–3 года) по численному моделированию пульсирующих течений в каналах поршневых компрессоров. Включение таких источников могло бы усилить обоснованность выбора численных методов.

- **официальный оппонент**, доктор технических наук, профессор, директор института экосистем бизнеса и креативных индустрий ФГБОУ ВО «Уфимский

государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ) Месропян Арсен Владимирович указывает:

1) В математической модели (глава 2) для описания течения газа в соединительных каналах используется допущение об изотермичности и квазистационарности. Желательно было бы привести количественное обоснование правомерности этого допущения для частоты вращения коленчатого вала (особенно при 1400 об/мин), например, оценив число Струхала.

2) При анализе влияния объёма полости всасывания (раздел 4.6) автор делает вывод, что при наличии всасывающего трубопровода объём следует выбирать из условия гашения пульсаций. Однако количественные критерии для такого выбора (допустимые амплитуды пульсаций) не приведены.

3) В работе не приведено сравнение энергетической эффективности предлагаемой системы охлаждения (с использованием сжатого газа) с классическими системами принудительной циркуляции от отдельного насоса по критерию «затраты энергии на единицу отведённого тепла». Такое сравнение могло бы более наглядно продемонстрировать преимущества разработанной конструкции.

4) В основных выводах по работе приведен перечень из 9 пунктов, что не согласуется с перечнем из 5 задач и затрудняет оценку при сопоставлении полученных результатов и сделанных на их основе умозаключений с поставленными задачами, например, в пп. 2 и 5 основных выводов, строго говоря, приводятся не выводы, а результаты; п. 9, сам по себе, безусловно важен, но не соотносится ни с одной из указанных задач исследования.

- **официальный оппонент**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры 909, ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Редников Сергей Николаевич указывает:

1) На странице 70 автор приводит систему уравнений, описывающую процесс теплообмена между сжимаемым газом и стенками цилиндра. Из приведённой системы уравнений не ясно, принимался ли коэффициент теплоотдачи постоянным или учитывался процесс изменения скорости и температуры, оказывающий влияние на значения данного коэффициента.

2) Автор приводит в разделе 3.5 «Основные результаты исследования и их анализ» многочисленные графические зависимости полученных в ходе исследования данных, но не указывает их погрешность и доверительные интервалы. Работа только выиграла бы при наличии этой информации.

3) На страницах 114–115 автор рассматривает особенности реализации математической модели, при этом не ясно, какой тип разностной схемы применён для решения системы дифференциальных уравнений, как определялась устойчивость решения.

#### **Замечания, содержащиеся в отзывах на автореферат:**

- доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Теплоэнергетика» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей

сообщения» Ведрученко Виктор Родионович указывает на отсутствие замечаний.

- доктор технических наук, профессор, профессор Высшей школы энергетического машиностроения ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (СПбПУ) Жарковский Александр Аркадьевич интересуется:

- 1) Как исключается попадание охлаждающей жидкости в рабочую полость компрессора?
- 2) В чем заключается построение плана эксперимента?

- доктор технических наук, профессор, профессор, инженер образовательного центра «Энергоэффективные инженерные системы» ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО» Пронин Владимир Александрович отмечает:

- 1) Из материалов автореферата, не ясно, учитывалась ли растворимость газообразной среды в жидкой фазе, что особенно важно для холодильной техники.
- 2) Хотелось бы конкретизировать, для каких рабочих сред эти машины наиболее эффективны.
- 3) На стр. 7 автореферата, присутствует выражение: ...идея создания энергетических машин объемного действия, обладающих высокими массогабаратными показателями....., что требует пояснения.
- 4) В тексте автореферата имеются грамматические ошибки и стилистические неточности, ряд рисунков плохо воспринимаются из-за перегруженности информации (например, рис. 1).

- кандидат технических наук, доцент кафедры «Гидравлика» ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» Секачева Антонина Андреевна отмечает:

- 1) Рисунок 1 автореферата трудночитаем из-за очень маленького размера шрифта.
- 2) Были ли установлены в результате численного параметрического анализа регрессионные модели для исследуемых геометрических характеристик?

- доктор технических наук, директор по науке – главный инспектор органа инспекции, ООО «Центр конструкторско-технологических инноваций» Георгиевская Евгения Викторовна отмечает:

- 1) На рис. 2 отсутствует рабочая полость 10, упоминаемая далее по тексту, что затрудняет понимание.
- 2) В главе 2 принят ряд допущений, которые, по мнению автора, направлены на более точную оценку протекающих рабочих процессов в полостях и каналах исследуемой машины. Необходимы дополнительные пояснения относительно правомерности принятых допущений и повышения точности моделей за счет их применения.
- 3) На рис. 10 кривая 1 для  $n$  в интервале 1100–1300 об/мин имеет незначительные колебания. Это может быть объяснено какими-либо физическими причинами или является следствием построения гладкой кривой

по нескольким экспериментальным точкам? В первом случае требуются дополнительные пояснения, во втором желательно указать экспериментальные точки на графике во избежание недопонимания. Аналогичные соображения касаются и других кривых. Кроме того, целесообразно выводы по рисунку 10 дополнить сведениями о причинах качественного различия кривых для разных значений  $p_n$ .

- доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Прикладная механика, физика и инженерная графика» Огнев Олег Геннадьевич, старший преподаватель кафедры «Прикладная механика, физика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» Литвинов Павел Васильевич отмечают:

Из текста автореферата неясно, каким образом получены значения улучшения индикаторного изотермического КПД от 10 до 15 %.

- доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Мехатроника и гидропневмоавтоматика» Шошиашвили Михаил Элгуджевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Мехатроника и гидропневмоавтоматика» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И.Платова» Анисимов Андрей Владимирович отмечают:

1) Возможно, в перечень переменных для параметрического анализа (глава 4) имело смысл включить эффективность и величины потерь давления в теплообменнике системы охлаждения.

2) На стр. 14 автореферата ссылки должны быть на рисунок 5, а не на рисунок 6.

- кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Высокоэнергетические процессы и агрегаты» Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Болдырев Алексей Владимирович отмечает:

На стр. 11 в пояснении к уравнению (11) не расшифровано обозначение  $T_c$ . На стр. 15 пропущена единица измерения в конце предложения: «... погрешность в определении расхода не превышала 1». На стр. 19 на рис. 14 на оси абсцисс графика не указана единица измерения диаметра  $d_0$ . Также в тексте автореферата встречается много опечаток.

- кандидат технических наук, ведущий инженер-конструктор конструкторского отдела систем газоснабжения и пневмовакуумного оборудования КБ «Арматура» – филиал акционерного общества «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В.Хруничева» Алиев Андрей Рафаилович отмечает:

1) В работе не приведено условие гашения колебаний давлений во всасывающем трубопроводе, исходя из которого осуществляется выбор объема полости всасывания.

2) При математическом описании изменений термодинамических параметров в рабочей полости компрессорной секции автор ограничился рассмотрением идеального газа.

К замечаниям редакционного характера следует отнести:

1. На рисунке 1 в виду маленького размера шрифта трудно прочитать приведенные обозначения.

2. В тексте автореферата нарушена нумерация рисунков: между рисунками 13 и 14 в тексте приведены рисунки 3.7.1 и 3.7.3, на которые отсутствуют ссылки в тексте.

3. Опечатки по тексту автореферата:

- на странице 3: в задачах исследования: «1. На основании проведенного анализ потерь энергии»;
- на странице 17: «компресооростроения»;
- на страницах 21, 23: в единицах измерения: «0,4 МПа – 0,5 МПа».

- кандидат технических наук, доцент кафедры «Гидравлика и гидропневмосистемы» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Битюцких Сергей Юрьевич отмечает:

1) Обзор подходов к моделированию рабочих процессов в поршневых гидромашинах носит в значительной степени обобщенный характер и не содержит критического анализа конкретных современных исследований, что снижает научную глубину постановки задачи. Какие именно разработки существующих расчетных моделей автор применил в реализации разработанной математической модели? В автореферате данный вопрос раскрыт не в полной мере.

2) В автореферате представлена разработанная математическая модель поршневой гибридной энергетической машины, однако не указаны в достаточной мере границы ее применимости и влияние принятых допущений на точность результатов.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается следующим:

*Месропян Арсен Владимирович* – доктор технических наук, профессор, ведущий специалист в области гидравлических машин и гидропневмоагрегатов, имеет публикации по двухфазным течениям и рабочим процессам объемных машин, дал согласие выступить официальным оппонентом по диссертации Екимова Г.И.;

*Редников Сергей Николаевич* – доктор технических наук, доцент, известный специалист в области газодинамики и моделирования рабочих процессов компрессорной техники, имеет труды по численным методам расчета, дал согласие выступить официальным оппонентом по диссертации Екимова Г.И.;

*Ведущая организация ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»* – крупный научно-образовательный центр, имеет в своем составе специалистов высокого уровня в области компрессорной техники и гидравлических машин, способных дать объективную оценку диссертационной работе, дала согласие на рассмотрение работы и подготовку отзыва по диссертации Екимова Г.И.

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

**разработана** новая научная идея по снижению энергетических затрат на организацию движения охлаждающей жидкости одноцилиндровой одноступенчатой поршневой гибридной энергетической машины с безнасосной системой охлаждения;

**предложена** оригинальная научная гипотеза об организации автономного жидкостного охлаждения поршневого компрессора;

**доказаны** преимущества использования газового канала конечной длины: увеличение расхода охлаждающей жидкости почти в два раза, снижение средней температуры деталей цилиндра-поршневой группы на 5–6 К, повышение коэффициента подачи на 7–8 %;

**введены** новые научные данные о влиянии геометрических параметров газового канала на рабочие процессы и интегральные характеристики ПГЭМОД.

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

**доказано** повышение термодинамической эффективности использования сжатого газа под низким давлением для организации движения охлаждающей жидкости;

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован** комплекс современных численных методов (метод крупных частиц для газа, метод характеристик для жидкости);

**изложены** доказательства и преимущества новой конструкции, защищенной патентом на изобретение, поршневой гибридной энергетической машины объемного действия (ПГЭМОД) с безнасосной системой охлаждения;

**раскрыты** физические процессы, протекающие в полостях и каналах разработанной ПГЭМОД и взаимосвязи между конструктивными параметрами и интегральными характеристиками машины;

**изучены** факторы, влияющие на эффективность охлаждения и коэффициент подачи.

**проведена модернизация** математической модели рабочих процессов за счет выбора эффективного давления газа над жидкостью в рубашке компрессора.

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

**разработан и внедрен (указать степень внедрения)** новый способ автономного жидкостного охлаждения поршневого компрессора и новая высокоэффективная конструкция одноцилиндровой одноступенчатой ПГЭМОД с организацией движения охлаждающей жидкости в рубашечном пространстве с помощью газового канала, соединяющего рабочую полость с полостью всасывания. Конструкция защищена патентом РФ на изобретение № 2825501.

Результаты внедрены у промышленного партнера ОмГТУ ООО «Арматурное машиностроение» и в учебный процесс ОмГТУ при подготовке

бакалавров и магистров по направлению 13.03.03 и 13.04.03 «Энергетическое машиностроение» (чтение курсов «Объемные гидромашины и гидропередачи», «Математическое моделирование рабочих процессов компрессоров объемного действия», «Математическое моделирование рабочих процессов насосов объемного действия»);

**определены** рациональные диапазоны давления нагнетания (0,4–0,5 МПа) и частоты вращения коленчатого вала (800–1100 об/мин), обеспечивающие максимальные значения коэффициента подачи и индикаторного изотермического КПД;

**созданы** два опытных образца ПГЭМОД (с нулевой и конечной длиной газового канала), экспериментальный стенд с измерительной аппаратурой;

**представлены** рекомендации по выбору основных геометрических параметров газового канала.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** результаты получены на сертифицированном оборудовании, показана воспроизводимость, использованы апробированные методы планирования эксперимента;

**теория** построена на фундаментальных законах сохранения, подтверждена верификацией, согласуется с известными литературными данными;

**идея базируется** на анализе литературных источников (128 наименований) и передового опыта;

**использованы** сравнения авторских данных с результатами независимых исследований, полученных ранее;

**установлено** качественное и количественное совпадение теоретических и экспериментальных результатов.

**Личный вклад соискателя состоит** во включенном участии на всех этапах процесса:

- постановке и решении научной задачи повышения эффективности ПГЭМОД;
- разработке математической модели и проведении численных экспериментов;
- создании экспериментальных образцов и стенда, проведении экспериментальных исследований и обработке результатов;
- формулировании научной новизны и практической значимости;
- апробации результатов на конференциях;
- подготовке основных публикаций по выполненной работе.

**В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:**

- В докладе в неполной мере представлен план численного эксперимента.
- В докладе плохо отражен анализ влияния коэффициентов местных сопротивлений в газовом канале и системе жидкостного охлаждения.

