

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора

**Месропяна Арсена Владимировича**

на диссертационную работу Екимова Геннадия Игоревича  
«Разработка, теоретическое и экспериментальное исследования новой  
высокоэффективной одноцилиндровой одноступенчатой поршневой  
гибридной энергетической машины с организацией движения жидкости в  
рубашечном пространстве с помощью газового канала»,  
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук  
по научной специальности 2.5.10 – «Гидравлические машины, вакуумная,  
компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы»

Диссертационная работа Екимова Геннадия Игоревича посвящена  
повышению экономичности поршневых гибридных энергетических машин  
объемного действия (ПГЭМОД)

### **1. Актуальность темы исследования**

Повышение энергетической эффективности поршневых компрессоров,  
широко используемых в промышленности и потребляющих значительную  
долю электроэнергии, является важной научно-технической задачей. Одним  
из наиболее эффективных путей решения этой задачи является приближение  
процесса сжатия к изотермическому за счёт интенсивного охлаждения.  
Традиционные системы охлаждения с отдельным насосом увеличивают  
массогабаритные показатели и энергозатраты. В связи с этим разработка новой  
конструкции одноцилиндрового поршневого компрессора с безнасосной  
системой охлаждения, в которой движение жидкости в рубашке происходит за  
счёт подачи сжатого газа из рабочей полости через специальный канал,  
является несомненно актуальной. Работа направлена на решение проблемы  
снижения энергетических затрат на сжатие газа, используемого для прокачки  
охлаждающей жидкости, что соответствует современным тенденциям в  
области энергосберегающего машиностроения.

### **2. Степень достоверности и обоснованности положений диссертации**

Научные положения и выводы диссертации считаю достоверными и  
обоснованными. Корректно используются современные численные методы;  
применяется детальная верификация результатов численного исследования. В  
работе используются апробированные методы планирования и проведения  
численных и натурных экспериментов, а также соответствующие методы  
анализа результатов экспериментальных исследований.

14 26-1926 04 26

### **3. Научная новизна результатов исследования**

1. Проведён термодинамический анализ эффективности использования сжатого газа для организации движения охлаждающей жидкости. Впервые выявлены рациональные геометрические размеры газового канала, соединяющего рабочую полость с полостью всасывания, и определено оптимальное расположение этого канала по ходу поршня в зависимости от показателя политропы сжимаемого газа.

2. Разработана комплексная математическая модель рабочих процессов новой поршневой гибридной энергетической машины, отличающаяся иерархическим подходом: нульмерное моделирование полостей (с сосредоточенными параметрами) сочетается с одномерным нестационарным описанием течения газа и жидкости в каналах. Модель учитывает теплообмен, динамику клапанов и обеспечивает итерационное согласование прямого и обратного потоков охлаждающей жидкости.

3. На основе численного параметрического анализа установлены закономерности влияния основных геометрических (диаметр, длина и расположение газового канала, объём полости всасывания) и эксплуатационных (давление нагнетания, частота вращения коленчатого вала) параметров на расход охлаждающей жидкости, коэффициент подачи и индикаторный изотермический КПД. Определены рациональные диапазоны этих параметров.

### **4. Теоретическая и практическая значимость работы**

**Теоретическая значимость** состоит в создании научно обоснованной методики расчёта рабочих процессов одноцилиндровой поршневой гибридной энергетической машины с безнасосной системой охлаждения. Разработанная математическая модель может быть использована для проектирования и оптимизации подобных машин с различными конструктивными схемами.

**Практическая значимость** подтверждена:

- разработкой нового способа автономного жидкостного охлаждения поршневого компрессора и конструкции одноцилиндровой одноступенчатой машины, защищённых патентом РФ на изобретение № 2825501;
- созданием двух опытных образцов (с нулевой и конечной длиной газового канала) и экспериментального стенда, оснащённого современной измерительной аппаратурой;
- получением экспериментальных данных, подтверждающих, что использование газового канала конечной длины позволяет увеличить

расход охлаждающей жидкости почти в два раза, снизить среднюю температуру деталей цилиндропоршневой группы на 5–6 К и повысить коэффициент подачи компрессора на 7–8 %;

- внедрением результатов в ООО «Арматурное машиностроение» и в учебный процесс Омского государственного технического университета.

## **5. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность полученных результатов обеспечивается:

- корректным использованием фундаментальных законов термодинамики и механики жидкости при построении математической модели;
- применением апробированных численных методов (метод крупных частиц для газа, метод характеристик для жидкости);
- проведением широкого комплекса экспериментальных исследований на специально созданном стенде с использованием поверенных измерительных приборов;
- хорошей сходимостью теоретических и экспериментальных результатов: расхождение по интегральным характеристикам (коэффициент подачи, индикаторный КПД) не превышает 5 %, по мгновенному давлению – 5–10 %, что подтверждает адекватность модели.

## **6. Общая оценка содержания работы**

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы из 128 наименований и одного приложения. Общий объём – 251 страница, включая 97 рисунков и 11 таблиц.

**Во введении** обоснована актуальность исследования новой высокоэффективной одноцилиндровой одноступенчатой поршневой гибридной энергетической машины с организацией движения жидкости в рубашечном пространстве с помощью газового канала, сформулированы цель и задачи, научная новизна и практическая значимость работы.

**В первой главе** проведён анализ существующих конструкций и методов расчёта; проведён анализ основных путей улучшения охлаждения компримируемого газа в поршневых компрессорах; обоснован выбор объекта исследования, предложена новая конструкция с газовым каналом конечной длины.

**Во второй главе** проведен предварительный термодинамический анализ по минимизации затрат энергии на сжатие газа для рассматриваемого конструктивного решения; на основе стандартных допущений представлена математическая модель рабочих процессов в газовых полостях и каналах и в системе охлаждения.

**В третьей главе**, посвященной экспериментальным исследованиям, подробно описаны экспериментальные образцы новой высокоэффективной одноцилиндровой одноступенчатой поршневой гибридной энергетической машины с организацией движения жидкости в рубашечном пространстве с помощью газового канала с конечной и нулевой длиной газового канала; стенд; методики измерений основных термодинамических и расходных параметров исследуемой машины; план проведения эксперимента; результаты экспериментальных исследований, проведена верификация модели.

**В четвёртой главе**, посвященной параметрическому анализу влияния основных геометрических размеров газового канала (диаметр, длина и место расположения) и объема газовой полости на всасывании, а также основных эксплуатационных характеристик (давления нагнетания компримируемого газа и числа оборотов коленчатого вала) на мгновенные и интегральные характеристики исследуемого устройства, приведены результаты численного параметрического анализа, выявлены закономерности и даны рекомендации по выбору рациональных параметров.

**В заключении** сформулированы основные выводы.

## **7. Соответствие диссертации паспорту специальности и требованиям ВАК**

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.5.10 по пунктам 1, 3, и 4 а также требованиям пп. 9–14 «Положения о присуждении учёных степеней». По теме диссертации опубликовано 6 статей в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ, из них 4 индексируются в Scopus, что соответствует необходимым требованиям.

## **8. Соответствие автореферата содержанию диссертации**

Автореферат представленной диссертации в полной мере соответствует ее содержанию, отражает основные положения и выводы. Автореферат написан грамотным и понятным научным языком, качественно оформлен и проиллюстрирован.

## **9. Замечания по диссертационной работе и автореферату**

В ходе рецензирования работы возникли следующие замечания и вопросы, не снижающие общей положительной оценки:

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 от 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.

Указанные замечания не носят принципиального характера, не снижают научной ценности работы и не ставят под сомнение её основные результаты и выводы.

## **10. Соответствие работы критериям, установленным положением «О порядке присуждения ученых степеней»**

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» (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. в действующей редакции), 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».

**Официальный оппонент:**

Месропян Арсен Владимирович

доктор технических наук, профессор,  
директор Института экосистем  
бизнеса и креативных индустрий  
Федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Уфимский  
государственный нефтяной технический  
университет» (УГНТУ)

**Контактные данные:** 450064, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ)

Тел.: +7 (347) 228 91 34

E-mail: avm\_74@mail.ru

Дата: «10» 04 2026 г.

Я, Месропян Арсен Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой Екимова Геннадия Игоревича, и их дальнейшую обработку



Подпись Месропяна А.В. \_\_\_\_\_

*Арсен Владимирович Месропян*  
10.04.2026

*и.и.и.*