

## Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу Кобыльского Романа Эдуардовича «Повышение эффективности тихоходного длинноходового поршневого компрессора за счёт совершенствования цилиндропоршневого уплотнения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.10. «Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника гидро- и пневмосистемы»

Диссертационная работа Кобыльского Романа Эдуардовича выполнена на кафедре «Холодильная и компрессорная техника и технология» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет».

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка. Содержит 207 страниц текста. Библиографический список содержит 179 наименований.

### *Актуальность избранной темы диссертационного исследования*

Современные технологии производства сжатых газов высоких давлений во многих случаях требуют обеспечения его чистоты. В связи с этим применение бесшмазочных машин и их совершенствование является одним из перспективных направлений развития поршневых компрессоров. Существующая конструкция тихоходного компрессора обладает повышенными утечками газа в том, числе и через поршневое уплотнение в связи со значительным отличием режимов работы исследуемой машины от существующих. Соответственно исследование и создание цилиндропоршневого уплотнения, обеспечивающего улучшенную герметичность рабочей камеры, является актуальной задачей.

### *Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации*

В диссертационной работе представлено обоснование повышения энергоэффективности бесшмазочного тихоходного длинноходового компрессора среднего и высокого давления путем применения новой конструкции наборного манжетного цилиндропоршневого уплотнения.

Для этого автором решен ряд задач:

- разработана уточнённая математическая модель расчета рабочего процесса тихоходного длинноходового поршневого компрессора, с учётом упругодеформированного состояния манжетного цилиндропоршневого уплотнения и его износа;

- разработана инженерная методика расчета толщины стенки манжеты и износа наборного цилиндропоршневого уплотнения;

- разработаны методики экспериментального исследования манжетных цилиндропоршневых уплотнений и бессмазочного тихоходного длинноходового компрессора, а также стенды для их реализации;

- выполнены теоретические и экспериментальные исследования влияния конструктивных параметров манжетных уплотнений на интегральные характеристики тихоходного длинноходовой поршневого компрессора;

- разработаны рекомендации по проектированию манжетных цилиндропоршневых уплотнений поршневого компрессора.

Обоснованность научных положений, достоверность выводов и рекомендаций не вызывает сомнений и обеспечивается использованием стандартных методов исследования с применением современного оборудования, прошедшего метрологическую поверку; апробацией результатов; достаточной воспроизводимостью результатов экспериментов и статистической обработкой полученных данных, удовлетворительным совпадением экспериментальных и теоретических результатов.

Научная значимость диссертационной работы может быть охарактеризована положительно.

#### *Научная новизна работы*

1. Разработана уточнённая математическая модель расчета рабочих процессов тихоходного длинноходового поршневого компрессора, учитывающая переменную величину радиального зазора в манжетном цилиндропоршневом уплотнении.

2. Впервые получены результаты экспериментальных исследований рабочего процесса тихоходного длинноходового поршневого компрессора с новой конструкцией наборного манжетного цилиндропоршневого уплотнения, позволившие провести апробацию математической модели.

3. Теоретически и экспериментально установлена взаимосвязь между конструкцией манжетного уплотнения, свойствами, применяемых материалов для его изготовления, режимными параметрами и интегральными характеристиками тихоходного длинноходового поршневого компрессора, определены затрачиваемая мощность на трение и механический КПД.

4. Получены результаты исследования влияния характеристик материалов на диапазон допустимых толщин стенок манжетного уплотнения, получена зависимость эквивалентного зазора от количества установленных манжетных уплотнений и определены принципы их проектирования.

#### *Степень завершенности диссертации в целом и качество ее оформления*

В целом, диссертация *Кобыльского Романа Эдуардовича* является завершённым научным исследованием, направленным на решение вопроса, связанных с повышением герметичности тихоходного длинноходового поршневого компрессора. В работе последовательно изложен подход к достижению постав-

ленной цели исследования, который в полном объеме дает представление о результатах положений, выносимых на защиту.

Диссертация написана технически грамотным языком, содержательна, обладает внутренним единством и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

Качество оформления диссертации соответствует нормативным положениям и требованиям, предъявляемым к работам на соискание ученой степени доктора технических наук.

Заслуживает внимания обилие экспериментальных исследований.

#### *Соответствие содержания автореферата основным идеям и выводам диссертации*

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации. В автореферате отражены все основные проблемно-тематические блоки исследования – актуальность, цели и задачи, новизна исследования, теоретическая и практическая значимость, методология и методы исследования, степень достоверности, апробация результатов, реализация результатов работы, выводы. Структурно автореферат диссертационного исследования выстроен лаконично и обоснованно.

#### *Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы*

Автором выполнен анализ полученных результатов и разработаны рекомендации по конструированию манжетного уплотнения, сформулированы цель и задачи исследования. С участием автора разработана запатентованная конструкция комбинированного уплотнения, содержащего обратную манжету, позволяющая разгрузить первое манжетное уплотнение; разработана и апробирована методика расчёта деформированного состояния манжет; получены результаты параметрического анализа. Автором разработана уточнённая математическая модель расчета газодинамических параметров газа в зазоре цилиндропоршневого уплотнения, а также инженерная методика расчета износа цилиндропоршневого уплотнения. Созданы методики экспериментального исследования и стенды для их реализации, позволившие определить удельный износ исследуемых материалов, коэффициенты трения и мощность трения в манжетном уплотнении.

Все результаты, составляющие научную новизну диссертации и выносимые на защиту, получены автором лично.

#### *Полнота опубликованных основных результатов диссертации*

По теме диссертации опубликовано 19 научных печатных работ, из них 6 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ; 9 в изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science; 3 иных изданиях; получен 1 патент на изобретение.

### *Замечания по диссертации*

1. Что на рисунках 3.38-3.40 означают результаты «1», чьи это работы?
2. Как пользоваться полученными формулами 4.3-4.6 при инженерном расчете?
3. В пункте 4.4 говорится о требуемой продолжительности работы тихоходной ступени 60 000 часов, чем это обусловлено?
4. Что означает зеленая вертикальная прямая на рисунках 4.12-4.23?
5. Как определялась нагрузка при которой работает уплотнение?
6. Как была получена рекомендация по выбору внешнего диаметра манжетного уплотнения и угла раскрытия уплотнения, приведенные на стр. 106?
7. Как определялась сила трения от сил собственной упругости материала, что расчета силы трения по уравнению 2.17?
8. Чем обусловлен выбор диаметров: 20, 50 и 80 мм?
9. Непонятно, какие результаты показаны на рис. 2.12?

### *Заключение*

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.5.10. Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы в части:

1. Предложена уточнённая математическая модель расчета рабочих процессов тихоходного длинноходового поршневого компрессора, учитывающая переменную величину радиального зазора в манжетном цилиндропоршневом уплотнении соответствующая п. 1 «Математическое моделирование и оптимизация гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе».
2. Разработана инженерная методика расчета толщины стенки и износа наборного манжетного уплотнения соответствующая 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».
3. Разработаны методики экспериментального исследования манжетных цилиндропоршневых уплотнений и стенды для их реализации, учитывающие особенности функционирования тихоходного длинноходового компрессора соответствуют п. 3 – «Методы и методики экспериментального исследования гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе».

Работа соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», принятого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 №842.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук Кобыльского Романа Эдуардовича на тему “Повышение эффективности тихоходного длинноходового поршневого компрессора за счёт совершенствования цилиндропоршневого уплотнения” является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена задача по обеспечению герметичности и повышению эффективности тихоходного поршневого компрессора с наборным манжетным уплотнением. Новизна предлагаемых решений защищена патентами РФ.

Представленная кандидатская диссертация Кобыльского Романа Эдуардовича рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.10. Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.10 - Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро - и пневмосистемы.

Официальный оппонент:

Кандидат физико-математических наук (01.04.07),  
председатель совета директоров  
ООО «Краснодарский компрессорный завод»

Адрес: Российская Федерация, 353201, г. Краснодар, ст-ца Динская,  
ул. Железнодорожная, 265А

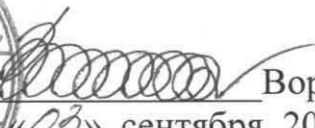
Контактный телефон: +7 (988) 888-15-00

Адрес электронной почты: east@kkzav.com

Официальный сайт организации: <https://kkzav.ru>

Я, Ворошилов Игорь Валерьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку:





Ворошилов Игорь Валерьевич

«03» сентября 2025г

Подпись И.В. Ворошилова заверяю: 

Начальник отдела по работе с персоналом О.Н. Дидиченко



Вход. № 05-8534  
« 17 » 09 2025 г.  
подпись 