

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук, Култышева Алексея Юрьевича на диссертационную работу Лапина Михаила Владимировича на тему «Применение многоступенчатой тепловой насосной установки для повышения эффективности когенерационной газотурбинной установки малой мощности в условиях Крайнего Севера», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.7. Турбомашины и поршневые двигатели в диссертационный совет ПДС 2022.013 при ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН).

1. Актуальность темы диссертации.

Диссертационное исследование Лапина М.В. на тему «Применение многоступенчатой тепловой насосной установки для повышения эффективности когенерационной газотурбинной установки малой мощности в условиях Крайнего Севера» посвящено проблеме увеличения коэффициента использования топлива газотурбинных установок, в том числе и путем внедрения многоступенчатых тепловых насосов, использующих вторичные энергоресурсы.

В своей работе автор указывает на необходимость модернизации энергоустановок изолированных систем энергоснабжения отдаленных районов России и регионов с экстремальными климатическими условиями. Помимо внедрения тепловых насосов, отмечается возможность модернизации и оптимизации уже существующих многоступенчатых систем, в том числе изменения расположения отдельных элементов и их режимов работы.

В исследовании особое внимание уделено процессу переохлаждения рабочего тела многоступенчатого теплового насоса с промежуточным отбором по ступеням. Решаемая в диссертации задача разработки метода

расчета многоступенчатых тепловых насосов позволяет повысить эффективность процесса переохлаждения и преобразования теплоты.

Таким образом, работу Лапина Михаила Владимировича, посвященную разработке метода расчета многоступенчатой тепловой насосной установки с верификацией на созданном испытательном стенде, следует считать **актуальной**.

Актуальность цели и решаемых в диссертационном исследовании задач не вызывает сомнений.

2. Достоверность и новизна результатов диссертации.

Достоверность результатов диссертации обусловлена:

- корректной постановкой задач, использования классической теории гидродинамики, теории термодинамики, теории теплообмена и применения численных методов;
- совпадением расчетных и экспериментальных данных коэффициента преобразования теплонасосной установки с учетом гидравлических и термодинамических потерь;
- качественным совпадением расчетных и экспериментальных данных параметров коэффициента преобразования трехступенчатой тепловой насосной установки с промежуточным отбором рабочего тела по ступеням с учетом гидравлических и термодинамических потерь для рабочего тела R 600A.

3. Научная новизна работы заключается в:

- в создании методики определения оптимальных соотношений расходов рабочее тело/теплоноситель в многоступенчатой теплонасосной установки с совмещенным переохладителем первой ступени;
- в определении гидравлических и термодинамических потерь в переохладителе при различных режимах движения флюидов;
- в создании математической модели переохладителя многоступенчатой ТНУ при помощи численных методов моделирования.

Вышеобозначенное приводит к выводу о существенной научной новизне основных результатов работы.

4. Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Проведенные автором исследования основываются на апробированных методах решения корректно поставленной цели и задач.

Достоверность выполненных исследований обеспечивается за счет верификации используемого метода расчета многоступенчатой тепловой насосной установки с промежуточным отбором рабочего тела по ступеням с совмещенным переохладителем, а также качественным совпадением результатов определения удельной энтальпии переохлаждения.

Сказанное позволяет считать основные научные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы обоснованными и достоверными.

5. Практическая значимость и теоретическая ценность результатов работы.

Автором теоретически и экспериментально показана возможность повышения эффективности тепловых насосов путем оптимизации режимов движения теплоносителя в процессе переохлаждения рабочего тела.

Определены зависимости гидравлических и термодинамических потерь в процессе переохлаждения рабочего тела в рекуперативном теплообменнике-переохладителе.

Ценность результатов работы для практики состоит в разработанном испытательном стенде с экспериментальной исследовательской установкой, используя который, автор выполнил верификацию метода расчета многоступенчатой тепловой насосной установки, а также программном обеспечении, разработанном для обработки экспериментальных данных, требуемых для определения коэффициента преобразования.

Также практическую ценность представляет разработанная соискателем программа для ЭВМ, которая позволяет автоматизировать процесс расчета параметров теплового насоса.

Обозначенное подтверждает практическую значимость результатов диссертационной работы Лапина Михаила Владимировича.

6. Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати.

Результаты диссертационного исследования, в необходимом объеме, отражены в 5 научных изданиях, из которых: 1 работа опубликована в рецензируемых изданиях из Перечня ВАК РФ; 1 работа опубликована в изданиях из перечня РUDN; получен 1 патент на изобретения и 2 зарегистрированные программы для ЭВМ. Результаты работы представлялись на всероссийских и международных конференциях.

7. Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации.

Содержание автореферата, объемом 24 страницы, в полной мере отражает содержание, научные результаты и выводы диссертации.

8. Структура диссертации и оценка ее содержания.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, списка литературы. Объем диссертации составляет 120 страниц основного текста, содержащего 33 таблицы и 50 рисунков, список литературы содержит 71 источник отечественных и зарубежных авторов.

Во введении обозначена актуальность темы исследования, определены цель и задачи работы, приведена научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, указаны положения, выносимые на защиту, представлена структура работы. Кроме того, указано современное состояние научной проблемы, объект, предмет и подходы к исследованию, представлены признаки достоверности и места апробации результатов исследования.

В первой главе автором проведен обзор научной литературы российских и зарубежных авторов по теме диссертационного исследования. Проанализированы климатические условия, состояние ресурсных баз и энергообеспеченность региона. Отмечена экономическая целесообразность обновления парка энергооборудования регионов Крайнего Севера в соответствии с концепцией распределенной энергетики с совместным производством электрической и тепловой энергии, а также повышении энергоэффективности тепловых энергоустановок за счет утилизации вторичных энергоресурсов.

Указано, что применение теплонасосных установок совместно с ГТУ позволяет утилизировать низкопотенциальные вторичные энергоресурсы ГТУ, а процесс переохлаждения хладагента в ТНУ недостаточно изучен.

Исходя из проведенного анализа определена цель диссертационной работы и направленные на ее достижение задачи.

Во второй главе проведен анализ потерь эксергии многоступенчатых теплонасосных установок. Приведен вариант трехступенчатой установки с промежуточным отбором рабочего тела и совмещенным переохладителем первой ступени. Показана эффективность данной схемы по сравнению со схемой с несколькими переохладителями и разработана методика расчета параметров теплового насоса. Также проведен анализ гидравлических и термодинамических потерь энергии рабочего тела в процессе переохлаждения в рекуперативном теплообменнике в зависимости от его режимов работы.

Третья глава посвящена расчету повышения эффективности работы ГТУ малой мощности с применением многоступенчатой теплонасосной установки.

На примере конвертированного авиационного ГТД типа ПС-90ГП-2, работающего в составе газоперекачивающего агрегата ГПА-16, показана эффективность замены штатной системы обогрева входного направляющего аппарата компрессора ГТД на обогрев при помощи теплонасосной установки.

На примере конвертированного авиационного ГТД АИ-20ДМЭ, работающего в составе мини-ТЭЦ ПАЭС-2500, показаны источники низкопотенциальных энергоресурсов, в частности тепло системы смазочного масла, а также рассчитана потенциальная выгода утилизации данных энергоресурсов при помощи тепловых насосов.

В четвертой главе продемонстрировано создание и работа математической модели переохладителя рекуперативного типа при помощи комплекса вычислительной гидродинамики ANSYS CFX.

В главе представлено описание экспериментальной установки с трехступенчатым тепловым насосом, представлены результаты эксперимента и сопоставлены с результатами расчетов. Отмечено хорошее совпадение результатов по разработанной методике расчета с результатами эксперимента.

В общих выводах перечислены основные результаты, полученные в диссертационном исследовании.

Выводы соответствуют полученным результатам, изложенным в главах диссертации.

Диссертация написана технически грамотным языком с некоторыми недочетами по стилистике и структуре изложения.

Автореферат соответствует работе по всем научно-квалификационным требованиям: цель, задачи, основные положения, актуальность темы, научная новизна и научные результаты ее определяющие, практическая и теоретическая значимости, достоверность и обоснованность, публикации, личный вклад и др.

К оформлению диссертации и автореферата имеются замечания, но выполнены в соответствии с требованиями.

Содержание диссертации, также как научные результаты, соответствуют паспорту научной специальности 2.4.7 «Турбомашины и поршневые двигатели».

9. Замечания по диссертационной работе.

1. Имеются замечания к структуре изложения материала в диссертации. Стоило выбор методов и описание экспериментов изложить в главе 2 и не возвращаться к описательной части в каждой главе.

2. Выводы к первой главе не содержат количественных данных, а значит не являются количественными выводами, которые можно сделать на основании представленного в первой главе обзора с большим объемом численных данных по климату и экономике регионов РФ. Следовало бы в выводах резюмировать содержание главы с основными аргументирующими численными значениями показателей.

3. В диссертации не приведено достаточное описание разработанной автором программы для ЭВМ по расчету цикла многоступенчатой парокомпрессионной ТНУ. Неполнота описания затрудняет проверку полученных результатов расчета.

4. В диссертации имеются стилистические неточности, некорректное использование времен и окончаний при изложении материала и используются не инженерные термины и обороты, такие как: «в купе с низким КПД», «крайне металлоемкой». Не представлена расшифровка аббревиатур и сокращений, например, ВРП, «Выхл. уст.» и др.

5. В диссертации и автореферате имеются некоторые редакционные неточности и замечания к оформлению рисунков в части подрисуночных надписей и отсутствию легенд, библиографического списка литературы по правилам оформления и ссылок на источники, формул, форматированию текста, использованию различных межстрочных интервалов, различных шрифтов, переносов слов. Имеются замечания к оформлению в диссертации таблиц, в частности к однообразию и корректности подписей, корректности переносов слов в графах и переноса таблиц на следующие страницы, а также отсутствия граф с наименованиями показателей и параметров.

6. В диссертационной работе следует обозначить потенциал дальнейшего исследования по теме.

Сделанные замечания не снижают общую положительную высокую оценку работы и не ставят под сомнение достоверность результатов и выводов исследований диссертационной работы.

Также отмеченные замечания не снижают научный уровень работы.

10. Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Содержание диссертации соответствует заявленной области исследований и следующим пунктам паспорта научной специальности 2.4.7. Турбомашины и поршневые двигатели:

п. 1. – Разработка научных основ и экспериментальные исследования термодинамических, механических, тепло- и массообменных, физикохимических, гидрогазодинамических процессов в турбомашинах и поршневых двигателях, исследования общих свойств и принципов функционирования отдельных систем, элементов, вспомогательного оборудования турбомашин и поршневых двигателей.

п. 2 – Разработка физико-математических моделей, пакетов прикладных программ, цифровых двойников, методов экспериментальных исследований, теоретические и экспериментальные исследования с целью повышения эффективности, надежности и экологичности рабочих процессов турбомашин, поршневых двигателей, их систем и вспомогательного оборудования в составе объектов применения;

п. 4. – Совершенствование систем управления, регулирования, мониторинга технического состояния, диагностирования и контроля показателей функционирования турбомашин, поршневых двигателей, их систем и вспомогательного оборудования.

11. Заключение по диссертации

Диссертация Лапина Михаила Владимировича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную автором на

высоком научном уровне. Полученные результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Основные результаты работы в полной мере отражены в автореферате и публикациях автора. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, согласно п. 2.2 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утвержденного Ученым советом РУДН протокол № УС-1 от 22.01.2024г., а ее автор, Лапин Михаил Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.7 – «Турбомашины и поршневые двигатели».

Отзыв составил президент ООО «Турбосервис Рус», д.т.н. Култышев Алексей Юрьевич.

Официальный оппонент



А.Ю. Култышев
11.12.2025г.

Справочные данные:

Култышев Алексей Юрьевич, доктор технических наук (2.4.7, 2.4.5), президент ООО «Турбосервис Рус».

109240, г. Москва, ул. Николоямская, д. 15, этаж 1.

тел.: +7 (931) 281-41-83, e-mail: A.Kultyshev@renova-group.ru

Подпись Култышева А.Ю. заверяю: ✓



А.А. Ткаченко
Директор по работе
персоналом
ООО «Турбосервис Рус»



Общество с ограниченной ответственностью «Турбосервис Рус».

109240, г. Москва, ул. Николоямская, д. 15, этаж 1.

e-mail: info@seturbo.ru