

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук Самвелова Андрея Витальевича на диссертацию Халифе Хассана на тему «Совершенствование системы охлаждения свободнопоршневого двигателя Стирлинга», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.4.7 Турбомашины и поршневые двигатели

1 Актуальность темы диссертации

Свободнопоршневая конструкция двигателя Стирлинга (СПДС) является наиболее надёжной для использования в качестве генератора электроэнергии по сравнению с другими конструктивными исполнениями двигателей Стирлинга. Применение СПДС на удалённых объектах с суровыми условиями окружающей среды и его потенциал для космических применений подчеркивают необходимость оптимизации работы СПДС. Совершенствование процессов теплопередачи в двигателе считается критически важным. В связи с этим тема диссертационной работы Халифе Хассана, посвященная совершенствованию работы СПДС за счёт модернизации системы охлаждения путём реорганизации потоков рабочего тела в охладителе СПДС, является актуальной.

2 Достоверность и новизна результатов диссертации

Достоверность результатов проведённых исследований диссертации определяется:

- корректной постановкой задач;
- использованием теории теплообмена;
- использованием численных методов при качественном совпадении результатов расчётных и экспериментальных значений параметров оптимизации теплоотвода при реализации разработанного метода.

Научная новизна работы заключается в разработке:

- метода совершенствования системы охлаждения СПДС путём реорганизации течения рабочего тела в охладителе с целью улучшения технико-экономических показателей СПДС.
- расчётно-экспериментальной методики исследования влияния реорганизации течения рабочего тела в охладителе СПДС на эффективность теплоотвода и технико-экономические показатели СПДС.

- методики определения геометрических параметров исследуемых теплообменников, имеющих в качестве основного рабочего элемента сложенные медные ребра.
- расчётных моделей с использованием программного обеспечения ANSYS Fluent для исследования влияния реорганизации течения рабочего тела в охладителе СПДС на эффективность теплоотвода.

3 Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Проведённые автором исследования основываются на апробированных методах моделирования физических процессов. Достоверность выполненных исследований обеспечивается за счёт верификации используемой модели, описывающей отвод тепла от охладителя СПДС.

4 Ценность для науки и практики результатов работы

Ценность результатов работы для науки состоит в разработанной расчётно-экспериментальной методике исследования влияния реорганизации течения рабочего тела в охладителе СПДС на эффективность теплоотвода и технико-экономические показатели СПДС. В разработанных расчётных моделях с использованием программного обеспечения ANSYS Fluent с учётом процессов теплообмена и гидродинамики, исследованных на испытательном стенде и в реальной конструкции охладителя СПДС. Также в установленных соотношениях влияния реорганизации течения рабочего тела в охладителе на технико-экономические показатели СПДС.

Ценность результатов работы для практики заключается в разработанном испытательном стенде для проведения экспериментальных исследований. Для проведения исследований влияния разработанного метода на эффективность теплоотвода, созданы в среде ANSYS Fluent расчётные модели процессов теплообмена и гидродинамики, исследуемых на испытательном стенде и трехмерной модели реальной конструкции охладителя СПДС с реорганизованным течением. Результаты исследований позволили оценить влияние предложенного метода на технико-экономические показатели (ТЭП) СПДС и был представлен проект конструкции охладителя с реорганизованным течением.

5 Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Результаты диссертационного исследования, в необходимом объеме, отражены в 12 научных изданиях, из которых: в международной базе цитирования Scopus/Web of Science – 6/1. Получено 2 патента на изобретения. Также результаты диссертационного исследования были представлены на всероссийских и международных конференциях.

6 Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Содержание автореферата, объемом 21 страницы, в полной мере отражает содержание, научные результаты и выводы диссертации.

7 Структура диссертации и оценка её содержания

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, списка литературы и двух приложений. Объем диссертации составляет 189 страниц, содержит 13 таблиц и 115 рисунков, список литературы содержит 114 работ отечественных и зарубежных авторов.

Во введении автором обоснована актуальность исследований, направленных на улучшение ТЭП СПДС за счёт совершенствования системы охлаждения СПДС, что приведет к уменьшению «мёртвого» объёма двигателя и снижению минимальной температуры в двигателе. Дана общая характеристика диссертационной работы.

В первой главе выполнен обзор и анализ работ, посвященных улучшению ТЭП СПДС. Представлен обзор математических моделей рабочего процесса двигателя Стирлинга. Представлены факторы, влияющие на ТЭП СПДС и принцип работы и особенности конструкции СПДС. Представлено влияние системы охлаждения СПДС на ТЭП СПДС и методы её улучшения.

Во второй главе представлен разработанный метод совершенствования системы охлаждения СПДС путём реорганизации течения рабочего тела в охладителе СПДС. Предложена расчётно-экспериментальная методика исследования влияния реорганизации течения рабочего тела в охладителе СПДС на эффективность отвода тепла и ТЭП СПДС. Было выполнено математическое моделирование рабочего процесса СПДС для определения рабочих параметров охладителя СПДС в среде Matlab, а также проведено численное моделирование

процессов теплообмена при течении рабочего тела в охладителе СПДС с использованием программного обеспечения ANSYS Fluent.

В третьей главе представлено описание испытательного стенда. Описывается проведение экспериментальных исследований на разработанном испытательном стенде с целью оптимизации теплоотвода при реорганизации течения рабочего тела в охладителе. На основе полученных экспериментальных данных проводится валидация расчётной модели охладителя, реализованной в среде ANSYS Fluent.

В четвертой главе приведены результаты расчётных исследований при численном моделировании с использованием программного обеспечения ANSYS Fluent. Проведена валидация двухтрубной расчётной модели охладителя на основе экспериментальных исследований. Выполнены исследования влияния на эффективность теплоотвода различных параметров течения рабочего тела и охлаждающей жидкости за пределами рабочего диапазона испытательного стенда. Проведены исследования на трехмерной модели охладителя СПДС. Выполнена оценка влияния эффективности предложенного метода на ТЭП СПДС и предложена конструкция охладителя с реорганизованным течением.

Полученные результаты показали улучшение теплоотвода в охладителе СПДС при реорганизации течения рабочего тела по сравнению с действующей конструкцией. Улучшение теплоотвода позволило уменьшить «мёртвый» объём двигателя и снизить минимальную температуру рабочего тела внутри двигателя, что привело к улучшению ТЭП двигателя. По результатам проведённых исследований была спроектирована конструкция охладителя СПДС с реорганизованным течением рабочего тела.

8 Замечания по работе

- в главе 1 не проведён сравнительный анализ применяемых конструкций охладителей СПДС с обоснованием используемой конструкции для исследования.
- предложенная конструкция охладителя с реорганизованным течением рабочего тела окажет влияние на температуру рабочего тела, поступающего в регенератор СПДС от охладителя. В данном

исследовании не сделана оценка данного влияния на эффективность работы регенератора.

- на разработанном испытательном стенде не предусмотрено использование других рабочих тел, кроме воздуха.

Несмотря на указанные недостатки, работа представляет собой законченное исследование, а её результаты, бесспорно, обладают научной новизной и практической ценностью.

9 Соответствие диссертации паспорту научной специальности

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

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

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

3 - Экспериментальные исследования и физико-математическое моделирование динамики, напряженно-деформированного состояния, прочности и разрушения материалов, узлов и механизмов, их надёжности, режимов работы турбомашин, поршневых двигателей, их систем и вспомогательного оборудования.

10 Заключение

Диссертационное исследование Халифе Хассана «Совершенствование системы охлаждения свободно-поршневого двигателя Стирлинга» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной задачи кандидатской диссертации, имеющей важное значение

для двигателестроения. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, согласно п. 2.2 раздела II Положения о присуждении учёных степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утвержденного Учёным советом РУДН протокол № 2 УС-12 от 03.07.2023 г., а её автор, Халифе Хассан, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.7 Турбомашины и поршневые двигатели.

Официальный оппонент
Генеральный директор
ООО «НТЦ «Крионекс» к.т.н.
(05.04.03.)



16.04.2024

Самвелов
Андрей Витальевич

Подпись Самвелова А.В. заверяю,
и.о. начальника отдела кадров
М.П.



Юдова Т.С.



Справочные данные:

Самвелов Андрей Витальевич, кандидат технических наук,
Генеральный директор ООО «НТЦ «Крионекс»
105523, г. Москва, Щёлковское шоссе, дом 88, корпус 2, офис 9
Тел.: +7 (926) 457-54-83
E-mail: info@cryonex.ru