

ТЕРМОАКУСТИЧЕСКИЙ ПРИВОД СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ КОСМОСА

Довгялло А.И.¹, Некрасова С.О.¹, Сивуха Д.В.¹
¹Самарский университет, г. Самара, sivuha.d@mail.ru

Ключевые слова: бортовые системы, летательный аппарат, термоакустический двигатель, холодильник.

Бортовые энергетические установки на основе радиоизотопных источников тепла являются ключевыми системами генерации электроэнергии и/или холода для космических миссий дальнего космоса [1, 2].

Требование к ресурсу бортовых систем (БС) осложнено наличием существенных ограничений, связанных с возможными экстремальными температурами высокими (Венера) или низкими (планеты дальнего космоса) окружающих сред на поверхности планет. Например, Венера считается сложной в плане работы БС и электроники в связи с агрессивной-высокой температурой, высоким давлением и коррозионно-активной атмосферой, чтобы позволить изучение поверхности даже небольшой продолжительностью 5...10 ч [3,4]. В этом случае ресурс и требования к охлаждению бортовых систем являются особенно труднореализуемыми.

В данной публикации рассматривается технология так называемой, дуплексной БС, которая сочетает в себе не только генерацию электроэнергии, но и холода, что важно для обеспечения работоспособности электроники БС. Сочетание прямого и обратного термодинамических циклов в одном устройстве значительно ограничено в комбинациях «электроэнергия-холод», так как при совместной работе преобразователей нужно учесть технические особенности подвода теплоты в цикл, присоединения нагрузки и снятия полезной мощности и холода [5, 6].

Реализация теплоиспользующего двигателя и холодильной установки позволяет создать эффективную систему охлаждения с термоакустическим приводом. Данная холодильная система не имеет движущихся частей и снижающих ресурс элементов и может быть применена для охлаждения даже до криогенного уровня температур [7].

В работе произведена оценка факторов, влияющих на производительность системы охлаждения. Для этого произведен анализ публикаций, выбраны данные по конструктивным и режимным параметрам термоакустических преобразователей. С помощью аналитической модели выполнен анализ возможных диапазонов параметров охладителя в зависимости от параметров в точках p_1 и p_2 контура двигателя для установления границ задаваемых значений, применимых для инженерного проектирования термоакустических преобразователей.

Выявлены инженерные рекомендации по подбору параметров совместного рабочего процесса двигателя и охладителя. За показатель эффективности было принято отношение холодопроизводительности к количеству подводимой теплоты в термоакустическом двигателе Стирлинга. В работе приведены значения параметров, влияющие на потребную мощность нагрева в тепловом блоке двигателя, используемые для регулировки фазового соотношения между гармоническими функциями давления и объемного расхода в регенераторе.

Второй фактор эффективного сочетания теплоиспользующего привода для охладителя – это соотношение давлений в контуре двигателя на входе в тепловой блок и в месте присоединения нагрузки или охладителя. Для этого оценивалось влияние акустического импеданса в точке p_2 контура двигателя на эффективность охлаждения.

Полученные характеристики и инженерные рекомендации могут быть использованы при проектировании дуплексных систем охлаждения с теплоиспользующим приводом и повышения ресурса работы систем охлаждения.

Список литературы

1. G.M. Dugala. Test Rack Development for Extended Operation of Advanced Stirling Convertors at NASA Glenn Research Center. AIAA paper 2009, 7, The International Energy Conversion Engineering Conference, Denver, Colorado, 2-5. 2009.
2. The Pluto-New Horizons RTG and Power System Early Mission Performance. *4th IECEC*, AIAA. 2006-4029.
3. Tarau C., Anderson, W.G. and Peters, C. J., “Variable Conductance Heat Pipes for Long-lived Venus Landers,” *Journal of the British Interplanetary Society*, Vol. 63 .336-344, 2011.
4. Dechristopher, M., Tarau, C., Anderson, W.G., “Diode Heat Pipes for Long-Lived Venus Landers”, *IECEC 2012*, July 27th-August 1st, 2012, Atlanta, GA.
5. Ueda Y, Biwa T, Mizutani U, Yazaki T. Experimental studies of a thermoacoustic Stirling prime mover and its application to a cooler. *J Acoust Soc Am.*, 2004;115:1134 (3).
6. Luo EC, Dai W, Zhang Y, Ling H. Thermoacoustically driven refrigerator with double thermoacoustic Stirling cycles. *Appl. Phys. Lett.* 2006.,V. 88, 074102.
7. Yu G.Y., Luo E.C., Dai W., Wu Z.H. An energy-focused thermoacoustic-Stirling heat engine reaching a high pressure ratio above 1.40. *Cryogenics* 2007;47:132 (2).

Сведения об авторах

Некрасова С.О., к.т.н., доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей. Область научных интересов: холодильная и криогенная техника.

Сивуха Д.В., инженер – конструктор, Научно-образовательный центр газодинамических исследований. Область научных интересов: холодильная и криогенная техника.

Довгьялло А.И., д.т.н., профессор кафедры теплотехники и тепловых двигателей. Область научных интересов: холодильная и криогенная техника.

ТHERMOACOUSTIC DRIVE OF COOLING SYSTEMS FOR SPACE

Dovgyallo A.I.¹, Nekrasova S.O.¹, Sivuha D.V.¹

¹Samara University, Samara, Russia

Keywords: on-board systems, aircraft, thermoacoustic engine, refrigerator.

Onboard power plants based on radioisotope heat sources are the key systems for generating electricity and/or cold for deep space missions.

This publication discusses the technology of the so-called duplex BS, which combines not only the generation of electricity, but also cold, which is important to ensure the operability of BS electronics.

The paper reveals engineering recommendations for the selection of parameters of the joint working process of the engine and cooler. The ratio of cooling capacity to the amount of heat supplied in the Stirling thermoacoustic engine was taken as an efficiency indicator. The paper presents the values of parameters affecting the required heating power in the engine heat block, used to adjust the phase ratio between the harmonic functions of pressure and volume flow in the regenerator.

The obtained characteristics and engineering recommendations can be used in the design of duplex cooling systems with a heat-using drive and increase the service life of cooling systems.