

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ТЕРМОАКУСТИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ

Е.А. Зиновьев¹, С.О. Некрасова¹, Г.В. Воротников¹

¹Самарский университет, г. Самара, Российская Федерация, eazinovyev@gmail.com

Ключевые слова: тепловой двигатель, криогенные температуры, акустические колебания, регенератор, термоакустический эффект

Термоакустический двигатель – новый тип теплового двигателя, в котором вследствие термоакустического эффекта подводимая теплота преобразуется в акустические колебания [1]. Благодаря своим преимуществам по сравнению с традиционными тепловыми машинами, среди которых можно отметить отсутствие движущихся частей, высокую надежность и возможность использования низкопотенциальной тепловой энергии, термоакустические двигатели могут использоваться в различных практических приложениях, например, для генерации электричества или получения холода. С термодинамической точки зрения любой термоакустический двигатель можно заставить работать, если обеспечить соответствующий продольный температурный градиент в его регенераторе. При этом тепло можно подводить к нему от «горячего» теплового источника, находящегося при комнатной температуре, а отводить к холодному тепловому источнику с криогенным температурным уровнем.

В представленном докладе рассмотрен термоакустический двигатель на бегущей волне [2], в котором горячий тепловой источник находится на температурном уровне 300 К, а холодный тепловой источник имеет криогенный температурный уровень (110 К). Приведено описание его математической модели и представлены результаты моделирования установившегося режима работы в программе для разработки низкоамплитудных устройств с термоакустическим преобразованием энергии DeltaEC (Design Environment for Low-amplitude Thermoacoustic Energy Conversion) [3, 4]. Показано, что в низкотемпературном режиме работы термоакустический двигатель способен работать при значительно меньшем перепаде температур (141 К) на концах регенератора, чем в случае «высоких температур». При этом эффективность преобразования подводимой к двигателю теплоты в акустические колебания достигает 30 %. В перспективе можно получить акустические колебания значительно большей интенсивности, если реализовать охлаждение двигателя жидким азотом и подвод теплоты при температуре выше температуры окружающей среды, т.е. использовать низкопотенциальную тепловую энергию и высокотемпературный источник теплоты. Это является предметом дальнейших исследований.

Результаты работы получены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Межкафедральный учебно-производственный научный центр САМ-технологий» при финансовой поддержке Минобрнауки России (проект № 0777-2020-0019).

Список литературы

1. Swift, G.W. Thermoacoustics: A unifying perspective for some engines and refrigerators / G.W. Swift // Acoustical Society of America, New York. – 2017. – 326 pp.
2. Зиновьев, Е.А. Экспериментальное исследование рабочего процесса термоакустического двигателя на бегущей волне / Е.А. Зиновьев, Г.В. Воротников, А.А. Харитонов, В.В. Лысенков // Динамика и виброакустика. – 2018. – Т. 4. (2). – С. 18-26.
3. Ward, W.C. Design environment for low-amplitude thermoacoustic engines / W.C. Ward, G.W. Swift // Journal of Acoustical Society of America. – 1994. – V. 95 (6). – P. 3671–3672.
4. Ward, B. Design environment for low-amplitude thermoacoustic energy conversion (DELTAEC Version 6.4b2.7), Users Guide / B. Ward, J. Clark, G.W. Swift // Los Alamos National Laboratory, New Mexico, USA. – 2017. – 288 pp.

Сведения об авторах

Зиновьев Евгений Александрович Канд. техн. наук, старший научный сотрудник НОЦ ГДИ-209 Самарского национального исследовательского университета им. академика С.П. Королева, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34, e-mail: eazinovyev@gmail.com. Область научных интересов: переходные и установившиеся процессы термоакустических двигателей и холодильных машин

Некрасова Светлана Олеговна Канд. техн. наук, доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского национального исследовательского университета им. академика С.П. Королева, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34, e-mail: yhoji@yandex.ru. Область научных интересов: рабочие процессы тепловых двигателей.

Воротников Геннадий Викторович Канд. техн. наук, старший научный сотрудник НОЦ ГДИ-209 Самарского национального исследовательского университета им. академика С.П. Королева, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34, e-mail: vorotnikov.g.v@mail.ru. Область научных интересов: термоакустические преобразователи и электрические генераторы.

LOW-TEMPERATURE THERMOACOUSTIC ENGINE

E.A. Zinovyev¹, S.O. Nekrasova¹, G.V. Vorotnikov¹

¹Samara University, Samara, Russian Federation, eazinovyev@gmail.com

Keywords: heat engine, cryogenic temperatures, acoustic vibrations, regenerator, thermoacoustic effect

The presented report considers the traveling-wave thermoacoustic engine [2], in which a hot heat source is at temperature level of 300 K, and a cold heat source has the cryogenic temperature level (110 K). The description of its mathematical model is given and the results of modeling the steady-state operation in the program for the development of low-amplitude devices with thermoacoustic energy conversion DeltaEC (Design Environment for Low-amplitude Thermoacoustic Energy Conversion) are presented [3, 4]. It is shown that in a low-temperature operating mode, the thermoacoustic engine is capable of operating at a significantly lower temperature difference (141 K) at the ends of the regenerator than in the case of “high temperatures”. In this case, the efficiency of converting the heat supplied to the engine into acoustic oscillations reaches 30 %. In the future, it is possible to obtain acoustic oscillations of much higher intensity if the engine is cooled with liquid nitrogen and heat is supplied at a temperature higher than the ambient temperature, i.e. use low-grade heat energy and high-temperature heat source. This is the subject of further research.