



Рис. 2. Сравнение расчётных и экспериментальных данных. Объём газовой подушки в баке 20 л, длительность команды на включение газогенератора 3 с

В докладе представляется математическая модель, пневмогидравлические схемы вариантов ВСПТ на горячем газе, сравнение расчетных и экспериментальных данных.

#### Библиографический список

1. Архипов Ю.С., Кутуева Е.В., Кутуев Р.Х. Огненные колесницы космических орбит. – Нижний Тагил: «Репринт», 2014. 242 с.

УДК 621.453

## РАКЕТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ МАЛОЙ ТЯГИ НА КИСЛОРОДНО-ВОДОРОДНОМ И КИСЛОРОДНО-МЕТАНОВОМ ТОПЛИВЕ

©2016 В.Л. Салич

Научно-исследовательский институт машиностроения, г. Нижняя Салда

### THE LOW THRUST ROCKET ENGINE WORKING ON OXYGEN-HYDROGEN AND OXYGEN-METHANE FUEL

Salich V.L. (Research & development institute of mechanical engineering, Nizgnjaja Salda, Russian Federation)

*The paper present results of theoretical and experimental research of the thruster.*

Современные тенденции развития ракетно-космической техники неизбежно приведут к востребованности ракетных двигателей малой тяги (РДМТ) на экологически безопасных и высокоэнергетических топливах.

В продолжение расчётно-теоретических и экспериментальных работ [1-3] создана конструкция РДМТ, работающего как на топливе «кислород-водород», так и на топливе «кислород-метан». Проведённые огневые испытания в земных условиях подтвердили работоспособность двигателя на обеих топливных композициях и показали приемлемые энергетические характеристики.

2. Салич В.Л., Шмаков А.А., Ваулин С.Д. Жидкостные ракетные двигатели малой тяги: Учебное пособие. - Челябинск: ЮУрГУ, 2006. 52 с.

3. Валеева О.В., Ваулин С.Д., Ковин С.Г., Феофилактов В.И. Низкотемпературные твёрдотопливные газогенераторы: Методы расчёта рабочих процессов, экспериментальные исследования. – Миасс: Изд-во ГРЦ «КБ имени академика В.П. Макеева», 1997. 268с.

4. Салич В.Л. Математическая модель теплофизических процессов в системе наддува ДУ на горячем газе // Наука и технологии: Материалы всероссийской конференции: Миасс, 2016 (в печати).

5. Бобров П.Н, Муркин В.А., Салич В.Л., Шульгин В.П. Экспериментальные исследования по созданию ДУ с вытеснительной системой подачи топлива на горячем газе // Наука и технологии: Материалы всероссийской конференции: Миасс, 2016 (в печати).

В докладе представляются результаты расчётно-теоретических и экспериментальных исследований по созданию РДМТ на кислородно-водородном и кислородно-метановом топливах.

#### Библиографический список

1. Салич В.Л. Проектирование камеры кислородно-водородного двигателя тягой 100Н на основе численного моделирования внутрикамерных процессов // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. Серия «Авиационная и ракетно-космическая техника», 2014. Т.18, №4 (65). С. 20-26.

2. Салич В.Л. Разработка камеры ракетного двигателя малой тяги на кислородно-

водородном топливе // Вестник СГАУ, 2014. Вып. 5 (47). Ч. 4. С.149-155.

3. Салич В.Л. Численное исследование рабочего процесса в камере ракетного двигателя малой тяги на кислородно-водородном

топливе // Вычислительные методы и программирование. – М.: Научно-исследовательский вычислительный центр МГУ им. М.В. Ломоносова. 2015. Т. 16. С. 187-195

УДК 621.486

## КРИОГЕННЫЙ ОХЛАДИТЕЛЬ НА ПУЛЬСАЦИОННОЙ ТРУБЕ С ТЕРМОАКУСТИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

©2016 С.О. Некрасова, В.Н. Белозерцев

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

### PULSE TUBE CRYOCOOLER DRIVEN BY THERMOACOUSTIC HEAT ENGINE

Nekrasova S.O., Belozertsev V.N. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*In this paper, a 77 Hz pulse tube cryocooler (PTC) driven by a thermoacoustic heat engine (THE) has been studied. A double-acting thermoacoustic heat engine incorporates a hot heat exchanger, a regenerator, a cold heat exchanger and an acoustic feedback. Compared with the conventional thermoacoustic heat engine which involves a travelling-wave loop and a resonator, it has advantages of compact size and potentially high thermal efficiency. In this paper, a THE-PTC system has been studied generally. Firstly, the numerical simulation has been conducted to design the system and so optimum structure parameters of the system were obtained. With the operating condition of 3.3 MPa for mean pressure and 50 Hz as a working frequency, a cooling power of 8 W at 77 K and a relative Carnot efficiency of 11.75% has been achieved.*

Криогенный охладитель на пульсационной трубе с использованием в качестве привода термоакустического двигателя не имеет в составе конструкции движущихся компонентов за исключением осциллирующего движения рабочего газа. Это исключает у таких систем наличие вибраций, ограниченного ресурса и других недостатков, связанных с компрессорной частью. Кроме того, возможность использования солнечной энергии в качестве источника подводимого тепла в термоакустическом двигателе (ТАД) делает весьма привлекательной технологию использования его в качестве привода холодильной машины в условиях космоса. Холодильники на пульсационной трубе (ХПТ) не имеют поршня-вытеснителя, работающего при криогенном уровне температур, что является одной из основных преимуществ конструкции, обеспечивающих внимание к данному типу охладителей широкого круга исследователей. Комбинирование ХПТ и ТАД позволило бы получить криогенный уровень охлаждения, исключая нежелательные для длительного ресурса работы явления, снизить стоимость, повысить эффективность за счёт снижения потерь на преобразование энергии.

Первое затруднение в комбинировании двух устройств состоит в том, что термоакустические двигатели имеют ограничения по максимальной амплитуде давления, приводя к нелинейным акустическим процессам и снижению эффективности. В случае ХПТ высокая амплитуда давления, напротив, приводит к уменьшению габаритов конструкции. Вторым фактором, затрудняющим комбинирование двух систем, является разница диапазонов рабочих частот ТАД и ХПТ. Термоакустические двигатели на стоячей волне с эффективностью по Карно до 40 % находятся в диапазоне 60-80 Гц, в то время как рабочая частота ХПТ может достигать 300 Гц для уровня температуры охлаждения 70-80 К.

Несмотря на перечисленные ограничения, имеется широкий ряд публикаций по охладителям с уровнями охлаждения 77 К [1] в качестве привода которого использовался термоакустический двигатель на стоячей волне, а также ХПТ с уровнем охлаждения 80.9 К, где в качестве драйвера использовался двигатель на бегущей волне [2].

Фазирование гармонических законов изменения акустического давления и объёмной скорости для термоакустического двига-