

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КАМЕРЫ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS CFX

©2018 А.Д. Максимов, Т.А. Чубенко, В.М. Зубанов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

### RESEARCH THE CHARACTERISTICS OF THE LIQUID PROPELLANT ROCKET ENGINE CHAMBER WITH ANSYS CFX SOFTWARE

Maximov A.D., Chubenko T.A., Zubanov V.M. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*The article presents the results of research characteristics of the liquid propellant rocket engine chamber. Received diagrams of dependence of thrust and specific impulse thrust from the different external parameter.*

Характеристики жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) – это зависимости его выходных параметров от внешних и внутренних, определяющих работу двигателя. К выходным параметрам ЖРД относятся тяга, удельный импульс тяги и другие. К внешним параметрам – давление и температура компонентов топлива на входе в двигатель, их плотность, давление, температура и влажность окружающей среды, температура конструкции, положение регулирующих органов.

Внутренними параметрами ЖРД являются давление в камере сгорания, массовые расходы, соотношение компонентов топлива и другие параметры внутрикамерных процессов, отклонение размеров и формы гидравлических трактов агрегатов и трубопроводов от проектных, точность изготовления элементов двигателя, чистота обработки поверхностей деталей и т.д. [1].

Наиболее существенное влияние на тягу и удельный импульс тяги ЖРД оказывают следующие параметры:

- давление в камере сгорания;
- соотношение компонентов топлива;
- давление окружающей среды.

В данной статье рассмотрены три, представляющие наибольший практический интерес, характеристики для камер двигателей, работающих на жидком кислороде и жидком водороде, и на жидком кислороде и керосине:

- по составу топлива (изменения соотношения компонентов);
- дроссельная (изменение давления в камере сгорания);

- высотная (изменение давления окружающей среды);

Двигатели имели следующие параметры:

- тяга 1760 кН;
- давление в камере сгорания 14,6 МПа;
- номер ступени – 2;
- относительная расхода напряжённость  $1,55 \cdot 10^{-4}$  кг/Н · с.

Для проведения исследования в программе NX 7.5 была создана геометрия расчётной области. Сетка конечных элементов была создана с помощью программы ANSYS Meshing и имела следующие параметры:

- использовалась 30 град. секторная модель;
- количество элементов – 1500000;
- параметр скошенности (*Skewness*) – 0.98;

Расчётная модель (рис. 1) создавалась путём наложения граничных условий:

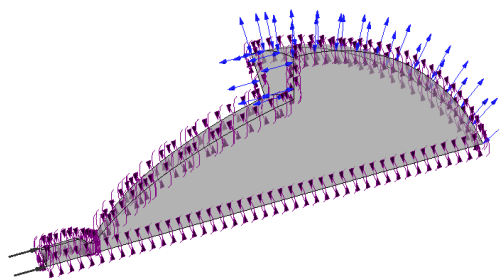


Рис. 1. CFD- модель камеры

- массовый расход на входе;
- статическое давление на выходе;
- полная температура на входе 3700 К;
- полная температура на выходе 300 К;
- модель теплопередачи *TotalEnergy*;
- процессы абсолютно установившиеся (моделирование проводилось в стационарной постановке);

- модель турбулентности  $k-\varepsilon$ ;
- интенсивность турбулентности на входе 5%.

Сходимость решения оценивалась по математическим и интегральным параметрам, которые были постоянны для установившегося решения.

В результате исследования были получены зависимости тяги и удельного импульса тяги от давления окружающей среды (рис. 2), от соотношения компонентов и от давления в камере сгорания.

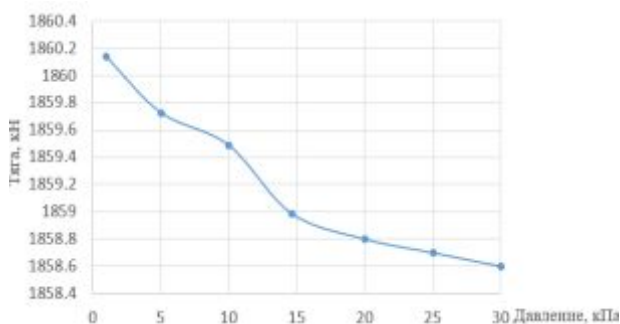


Рис. 2. Зависимость тяги от давления окружающей среды

УДК 621.822

## ФАКТОРЫ ОПТИМИЗАЦИИ УЗЛОВ РОТОРНЫХ РОЛИКОПОДШИПНИКОВ В ГТД

©2018 О.М. Беломытцев

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

### OPTIMIZATION FACTORS STRUCTURE OF ROTOR ROLLER BEARINGS IN GTE

Belomyttsev O.M. (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation)

*The analysis options factors of structure of rotary bearings of GTE, – gap (tight) in bearing, rotor speed, temperature difference on bearing rings and radial deformation on details are discusses. The optimization of different factors increases the durability of the bearings is shown.*

Современная методика расчёта подшипников качения основана на экспериментальных данных испытаний подшипников на контактную долговечность, установленных в жёстких корпусах и на сплошных валах, при этом распределение нагрузки по телам качения носит косинусоидальный характер и является классической задачей.

Авиационные подшипники качения устанавливаются на полых валах и в трубчатых корпусах (рис. 1), что вносит существенные отличия в распределение нагрузки по телам качения по сравнению с классическим вариантом. Особенностью рабочего состояния

подшипника в двигателях семейства ПС-90 является тепловой распор колец вследствие разности их температур, что приводит к появлению значительных распорных усилий, которые могут превышать рабочие нагрузки от веса и дисбаланса ротора.

В работе показано, что, изменяя зазор в подшипнике, толщины стенок демпферной втулки и (или) вала, или при переходе на совмещенные (гибридные) опоры, можно существенно изменить распорные усилия и распределение нагрузки по телам качения, а следовательно, и расчётную долговечность подшипников.

### Библиографический список

1. Алемасов, В.Е. Теория ракетных двигателей [Текст]: учеб. для студентов вузов / В.Е. Алемасов, А.Ф. Дрегалин, А.П. Тишин; под ред. В.П. Глушко.– М.: Машиностроение, 1989.– 464 с.
2. Основы теории и расчёта жидкостных ракетных двигателей [Текст]: учеб. для авиац. спец. вузов. В 2 кн. / А.П. Васильев, В.М. Кудрявцев, В.А. Кузнецов [и др.]; под ред. В.М. Кудрявцева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк, 1993.
3. Ракетные двигатели [Текст] / Т.М. Мелькумов, Н.И. Мелик-Пашаев, П.Г. Чистяков [и др.].– М.: Машиностроение, 1976. – 399 с.
4. Егорычев, В.С. Термодинамический расчёт и проектирование камер ЖРД с СПК TERRA: учеб. пособие. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013.-108 с.