

ветствие с результатами эксперимента при низких значениях рабочих частот. Данное явление объясняется значительным влиянием сил инерции на рабочий процесс термически-инерционного двигателя при больших скоростях течения рабочего тела. Это диктует особые требования к описанию процессов теплообмена в полостях при осциллирующем движении газа с частотой рабочего процесса порядка 25...30 Гц.

Разработанная модель контрольных объёмов для двигателя с пульсационной тру-

бой позволяет оценивать влияние асимметрии термодинамического цикла термически-инерционного двигателя с помощью осреднения коэффициента теплоотдачи в холодной области за такт, а не за цикл. Можно сделать вывод, что интенсивность теплообмена в холодной полости и частота рабочего процесса оказывает наибольшее влияние на эффективность термически-инерционного двигателя.

УДК621.454.2

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ГОРЕНИЯ «КИСЛОРОД—КЕРОСИН» ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ В КАМЕРЕ РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

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

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

RESEARCH OF THE COMBUSTION MODEL "OXYGEN—KEROSENE" FOR WORKING PROCESSES MODELING OF THE ROCKET ENGINE CHAMBER

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

The article presents the results of modeling processes of combustion of fuel «oxygen-kerosene». Received distribution of parameters for three combustion models in the flow part of chamber.

При создании ЖРД необходимо иметь исчерпывающую информацию о газодинамических параметрах в проточной части, предопределяющих совершенство рабочих процессов, энергетические характеристики, состояние конструкции. Не так давно задачи по нахождению этих параметров, в основном, решались экспериментальным методом.

Существенно уменьшить время определения характеристик ЖРД позволяет моделирование рабочих процессов с помощью вычислительной гидрогазодинамики (CFD), так как при этом возможно определить параметры процессов, не прибегая к ресурсоёмким испытаниям.

Для определения параметров камеры ЖРД необходимо учитывать процессы горения, являющиеся наиболее сложными из протекающих в камере.

Данная работа посвящена исследованию модели горения «кислород-керосин» для моделирования рабочих процессов в камере ЖРД.

В качестве предмета исследования был выбран двигатель с тягой 1760 кН и давлением в камере сгорания 14,6 МПа спроектированный по методике [1].

Геометрия камеры была построена в программе NX 8.5., её сеточная модель создана в программе ANSYS Meshing. Чтобы увеличить качество расчёта, проводились следующие мероприятия: создавались выходящая область и пристенок, в пристеночном слое сетка измельчалась по наружной поверхности, в критическом сечении и в переходе от ядра к пристенку. Сеточная модель состояла из 830 тысяч элементов.

Для расчёта указывались граничные зоны, где задавались массовые доли веществ, массовый расход через ядро и пристенок, давление в камере сгорания и на срезе сопла.

Было проведено исследование нескольких моделей горения:

1. Замороженное течение с составом продуктов сгорания, определённым из термодинамического расчёта в программе TERRA [2];

2. Модель горения тонкого фронта пламени flamelet «JetAOxygenWD1» из стандартной библиотеки ANSYSCFX [3];

3. Система реакций[4] с моделью горения EDM.

В результате (табл.1) оказалось, что адекватные результаты, близкие к экспериментальным, даёт упрощённая кинетическая схема горения топлива «кислород-керосин» [4], но при этом получены завышенные значения полной температуры.

Таблица 1 - Результаты моделирования

Параметр		Модель горения				
		Замороженное течение	Flamelet	Система реакций	TERRA	
T*,K	ос	3746	8500	4437	3815	
	*	3789	8500	4436	3632	
	a	3704	8500	4436	2081	
p, МПа	ос	15.2	19	14.9	14.6	
	*	9.36	13	9.41	8.47	
	a	0.837	0.0272	0.0176	0.0183	
Массовые доли	H2O	ос	0.241	0.272	0.222	0.241
		*	0.277	0.272	0.223	0.248
		a	0.994	0.272	0.223	0.291
	CO	ос	0.292	-	0.158	0.269
		*	0.263	-	0.157	0.254
		a	0.002	-	0.157	0.119
	CO2	ос	0.338	0.694	0.53	0.351
		*	0.332	0.693	0.531	0.374
		a	0.003	0.693	0.531	0.588
Iуд, м/с		1600	4443	3337	3631	
P, кН		822	2280	1713	1774	

Библиографический список

1. 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.: ил.

2. Трусов, Б.Г. Программная система TERRA для моделирования фазовых и химических равновесий при высоких температурах // III Международный симпозиум «Горение и плазмохимия». 24 – 26 августа 2005.

Алматы, Казахстан. – Алматы: Казак университеті, 2005. – С. 52-57.

3. ANSYSCFX-Solver Modeling Guide, 2011, ANSYS Inc.

4. Лепихов А.В. Упрощённая кинетическая схема горения смеси RP-1/O2 для CFD-расчётов ракетных двигателей//Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2016. Т.17, вып. 1. <http://chemphys.edu.ru/issues/2016-17-1/articles/626/>.