

УДК 621.454.2

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В КАМЕРЕ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЯХ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ ПАРЫ «КЕРОСИН – КИСЛОРОД»

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

e-mail: chubenkott@mail.ru

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация*

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.

Процессы горения, протекающие в камере, особенно важны, поэтому их следует учитывать при определении параметров камеры. На процесс горения влияет большое количество факторов, сильно усложняющих его описание и расчет.

Данная работа посвящена исследованию моделей горения «керосин-кислород» 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: использовалась 30° модель камеры, создавались выходная 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 (см. рис.).

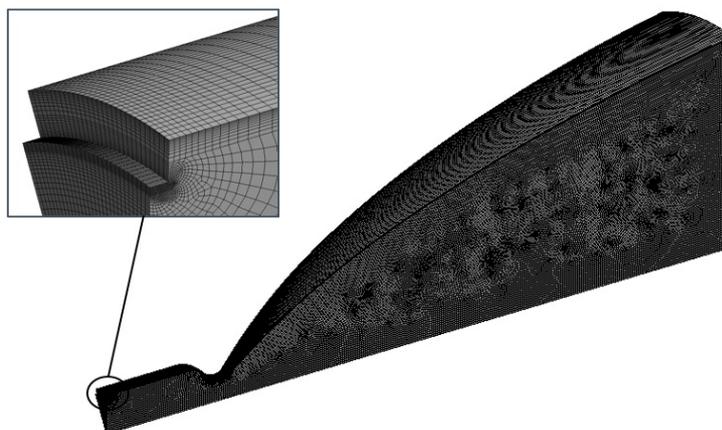


Рис. Сеточная модель камеры

Для расчёта указывались граничные зоны, где задавались массовые доли веществ, соотношение компонентов в ядре и пристенке, давление в камере сгорания и на срезе сопла.

Было проведено исследование нескольких моделей горения, результаты которого приведены в таблице 1:

1) Замороженное течение, в котором в качестве рабочего тела использовались продукты сгорания, компонентный состав которых был определён с помощью термодинамического расчёта в программе TERRA [2].

2) Модель горения тонкого фронта пламени Flamelet из стандартной библиотеки ANSYSCFX [3].

3) Система реакций [4] с моделью горения Eddy Dissipation.

Таблица. Результаты моделирования

Модель		Замороженное течение	Flamelet	Система реакций	TERRA	
Т, К	ос	3729	3763	4421	3815	
	*	3487	3513	4122	3632	
	а	1121	1382	1511	2081	
р, МПа	ос	13,97	15,07	14,85	14,6	
	*	9,377	8,602	9,397	8,47	
	а	0,0157	0,0164	0,0178	0,01825	
Массовые доли	Н2О	ос	0,241	0,272	0,223	0,241
		*	0,239	0,272	0,223	0,248
		а	0,240	0,272	0,223	0,291
	СО	ос	0,293	-	0,158	0,269
		*	0,292	-	0,157	0,254
		а	0,291	-	0,156	0,119
	СО2	ос	0,337	0,697	0,530	0,351
		*	0,338	0,694	0,531	0,374
		а	0,338	0,691	0,532	0,588
I уд, м/с		3042	3173	3508	3631	
Р, кН		1527	1609	1770	1774	

В результате выявлено, что адекватные результаты, близкие к экспериментальным, даёт система реакций горения топлива «керосин-кислород» [4], но при этом получены завышенные значения температуры.

Библиографический список

1. Егорычев, В.С. Термодинамический расчет 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. Лепихов А. В. Упрощенная кинетическая схема горения смеси RP-1/O2 для CFD-расчетов ракетных двигателей//Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2016. Т.17, вып. 1. <http://chemphys.edu.ru/issues/2016-17-1/articles/626/>
4. Зеленкин, В.Г. Теория горения и взрыва: конспект лекций / В.Г. Зеленкин, С.И. Боровик, М.Ю. Бабкин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 166 с.