

УДК 621.454.2

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ ПАРЫ «ВОДОРОД – КИСЛОРОД» ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ РАБОЧЕГО ТЕЛА В КАМЕРЕ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

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

e-mail: asddsa2014@mail.ru

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

При проектировании жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) необходимо иметь подробные сведения о: газодинамических параметрах в проточной части, предопределяющих совершенство рабочих процессов, энергетических характеристиках, состоянии 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.

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.

Целью данной работы является выбор наиболее адекватной модели горения «кислород-водород» 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. Для повышения качества расчёта проводились следующие мероприятия: была использована 30 градусная секторная модель, 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 880 тысяч элементов (см. рис.).

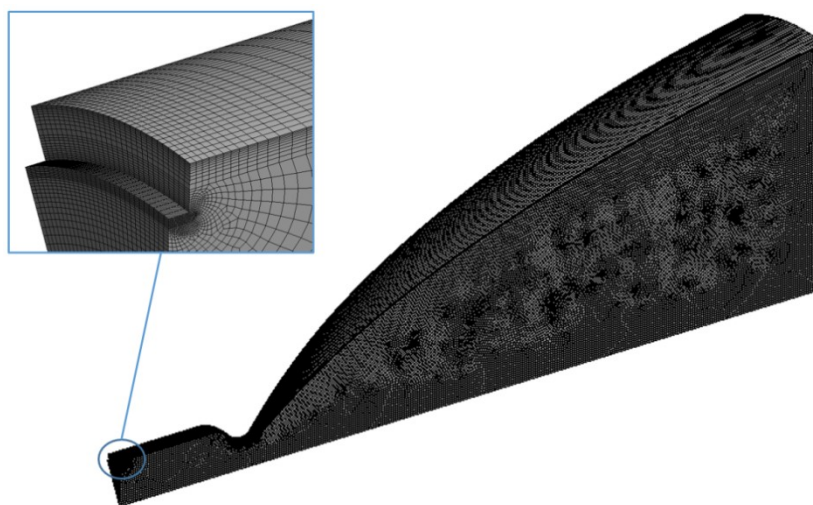


Рис. Сеточная модель камеры

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) 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

Параметр		Модель горения				
		Замороженное течение [2]	Flamelet [3]	Система реакций [4]	TERRA [1]	
Т, К	ос	3628	3361	4555	3702	
	*	3306	3323	4185	3518	
	а	1092	1067	1584	1780	
р, МПа	ос	13,8	12,36	14,88	14,6	
	*	8,13	7,213	8,811	8,46	
	а	0,0147	0,0133	0,0168	0,0146	
Массовые доли	H ₂ O	ос	0,8253	0,493	0,9925	0,8253
		*	0,8263	0,494	0,9925	0,8456
		а	0,8264	0,4939	0,9925	0,9982
I _{уд} , м/с			3885	3405	4301	4460
Р, кН			1673	1477	1845	1763

В результате выявлено, что адекватные результаты, близкие к экспериментальным, даёт система реакций горения топлива «кислород-водород» [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 ТЕРРА для моделирования фазовых и химических равновесий при высоких температурах // III Международный симпозиум «Горение и плазмохимия». 24 – 26 августа 2005. Алматы, Казахстан. – Алматы: Казакуниверситеті, 2005. – С. 52-57.
3. Zubanov V. M., Egorychev V. S., Shabliy L. S. Design of Rocket Engine for Space craft Using CFD-Modeling // 2015. — Vol. 104. — P. 29-35
4. Моделирование внутрикамерного рабочего процесса РДМТ на газообразных кислороде и водороде в ANSYSCFX: учеб. пособие В.С. Егорычев, Л.С. Шаблий, В.М. Зубанов – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2014.-135 с.: ил.