

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИСТЕЧЕНИЯ ИЗ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ФОРСУНОК ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА КОМПОНЕНТАХ ТОПЛИВА КЕРОСИН И ЖИДКИЙ КИСЛОРОД

Сеньчев М. Н., Зубрилин И. А., Диденко А. А., Галитенко В. О.
Самарский университет, г. Самара, senchevnm@mail.ru

Ключевые слова: ЖРД, центробежная форсунка, керосин, кислород, распыл, диаметр капель

В работе представлены результаты моделирования процесса истечения воды и компонентов топлива (керосин Т-1 ГОСТ 10227-86 и жидкий кислород) из центробежных форсунок жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) в программном комплексе «ANSYS Fluent» и проведён аналитический расчёт значений среднего диаметра капель по Заутеру D_{32} .

Параметры распыла получены с использованием гибридной методики, в которой распыливание форсунками компонента топлива осуществляется CFD моделированием двухфазных потоков методом Эйлера, а именно методом объёма жидкости (Volume of fluid, VOF) [1] с последующим аналитическим расчётом среднего диаметра капель. Для валидации расчётной модели проведено моделирование распыла форсунками воды (как при натурных стендовых проливках) и сравнение полученных значений расхода и угла распыла со значениями, полученными при натурных проливках. В результате максимальное расхождение между натурными проливками форсунок на воде и CFD расчётом по углу распыла и расходу составило 1,2% и 14,2% соответственно, что является удовлетворительным.

Используя измеренные при огневых испытаниях ЖРД параметры работы форсунок и свойства распыливаемых компонентов топлива, по предложенной выше валидированной методике получены следующие параметры, приведённые в табл.1.

Табл. 1. Параметры форсунок на компонентах топлива

Параметр	Периферийная форсунка горючего	Форсунка горючего	Форсунка окислителя
Угол распыла θ , град	93,0	91,0	82,0
Толщина плёнки на срезе сопла $t_{пл}$, мм	0,26	0,40	0,38
Абсолютная скорость на срезе сопла U , м/с	29,06	24,22	25,13

На рис.1 изображено распределение компонентов топлива в форсунке и выходной области.

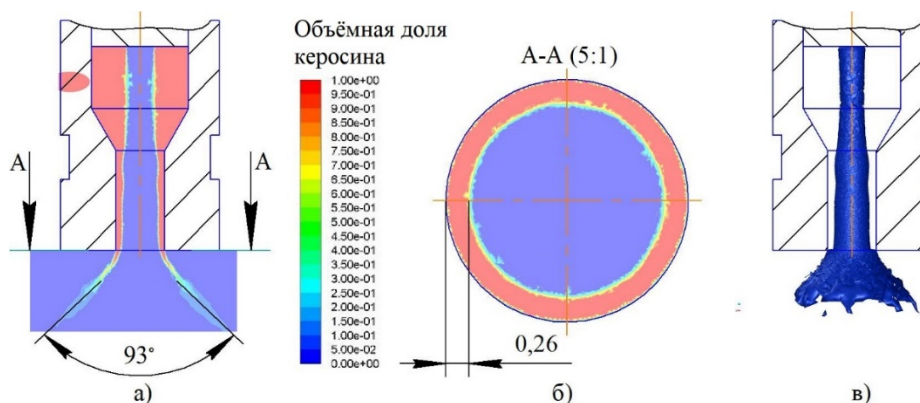


Рис.1. Распределение объемной доли керосина периферийной форсунки

Для определения значения среднего диаметра капель по Заутеру D_{32} применяется улучшенная полуэмпирическая методика Xiao Wei и Huang Yong [2], которая учитывает как геометрические, так и режимные параметры распыла, а также свойства жидкости и взаимодействие фаз. Результаты расчёта среднего диаметра капель по Заутеру D_{32} с

использованием полученных CFD расчётом значений толщины плёнки тпл и свойств компонентов топлива для номинального режима главной ступени камеры ЖРД (табл.1) представлены в табл.2.

Табл. 2. Расчёт среднего диаметра капель по Заутеру D_{32}

Параметр	Периферийная форсунка горючего	Форсунка горючего	Форсунка окислителя
Плотность продуктов сгорания в камере ЖРД ρ_b , кг/м ³	3,3		
φ_c	0,342	0,360	0,344
D_{32} , мкм	78,9	141,3	104,7

Полученные значения среднего диаметра капель по Заутеру D_{32} и функция плотности вероятности для распределения капель позволят смоделировать процесс смесеобразования и горения в камере исследуемого ЖРД.

Список литературы

1. Куценко, Ю.Г. Методы расчёта и анализа для моделирования процесса распыла жидкого топлива [Текст]/Ю. Г. Куценко//Сборник трудов X Международной научно-технической конференции, 2017. – С. 32-33.

2. W. Xiao, Y. Huang, Improved semiempirical correlation to predict sauter mean diameter for pressure-swirl atomizers, J. Propul. Power 30 (6), 2014, 1628–1635.

Сведения об авторах

Сеньчев Максим Николаевич, аспирант. Область научных интересов: рабочий процесс камер сгорания ЖРД.

Зубрилин Иван Александрович, к.т.н., доцент, старший научный сотрудник. Область научных интересов: рабочий процесс камер сгорания газотурбинных двигателей.

Диденко Алексей Александрович, к.т.н., доцент, старший научный сотрудник. Область научных интересов: рабочий процесс камер сгорания газотурбинных двигателей.

Галитенко Вадим Олегович, аспирант. Область научных интересов: рабочие процессы в ЖРД, уплотнительные соединения.

RESEARCH OF OUTFLOW FROM SWIRL INJECTORS OF A LIQUID ROCKET ENGINE ON FUEL COMPONENTS KEROSENE AND LIQUID OXYGEN

Senchev M.N., Zubrilin I.A., Didenko A.A., Galitenko V.O.

Samara National Research University, Samara, Russia, senchevmn@mail.ru

Keywords: swirl atomizer, kerosene, oxygen, atomization, droplet diameter.

Presents the results of the outflow processes of water and fuel components (kerosene and liquid oxygen) from the swirl atomizer simulation in the liquid-propellant rocket engine and an calculation of the according to Sauter mean diameter drops D_{32} .