

УДК 629.76

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ОГNETУШАЩЕГО АЭРОЗОЛЯ, ОБРАЗОВАННОГО ПУТЁМ РАСПЫЛИВАНИЯ ЖИДКОСТИ ПРОДУКТАМИ СГОРАНИЯ РАКЕТНОЙ КАМЕРЫ

© 2009 С.В. Епищенко, А.Н. Первышин

Самарский государственный аэрокосмический университет

Поступила в редакцию 27.02.2009

Проведена оценка параметров огнетушащего аэрозоля и возможного регулирования его дисперсности путём изменения места ввода жидкости в поток продуктов сгорания.

Ключевые слова: оценка, огнетушащий аэрозоль, ракетная камера, сопло.

Высокая концентрация энергии в струе ракетной камеры может использоваться при тушении пожаров. Авторами предложена возможность получения огнетушащего аэрозоля путём организации распыливания, потоком продуктов сгорания, жидкости, поступающей в конфузор сопла ракетной камеры через капилляр.

При истечении жидкости из капилляра в сопло, происходит её дробление ускоряющимся потоком продуктов сгорания. При этом на выходе из сопла ракетной камеры, формируется структура пожаротушащей струи, состоящая из продуктов сгорания и диспергированной жидкости.

Для оперативного формирования аэрозольных струй, при тушении пожаров разных классов, в устройство заложено дистанционное изменение размеров капель аэрозоля, за счёт перемещения капилляра жидкости вдоль оси сопла ракетной камеры [1]. Это позволяет в широких пределах изменять: температуру, дисперсность аэрозоля, дальность огибания струи.

По методикам, изложенным в публикациях [2, 3, 5], определим условия формирования огнетушащего аэрозоля с каплями жидкости диаметром 50; 100; 300 мкм, а также скорость капель в минимальном сечении сопла, время пролёта капли от среза капилляра до минимального сечения сопла, количество испарившейся части балласта жидкости и влияние испарившейся части на теплофизические параметры продуктов сгорания.

Номинальные параметры генератора мелкодисперсного аэрозоля: коэффициент избытка окислителя $\alpha = 0,8$; массовый расход топлива $\dot{m}_\alpha = 10 \cdot 10^{-3}$ кг/с; массовый расход жидкости $\dot{m}_ж = 20 \cdot 10^{-3}$ кг/с, являются характерными для технологических генераторов сверхзвуковых струй [4]. В этом случае термодинамические параметры продуктов сго-

рания $\kappa = 1,234$; $m_\kappa = 27,64$ кг/кмоль; $T_\kappa = 2175$ К.

Конструкция сопловой части генератора мелкодисперсного аэрозоля и устройство ввода жидкости представлены на (рис. 1).

Скорость продуктов сгорания $\omega_{\alpha 0}$, необходимая для получения капель жидкости с заданными диаметрами d_{i0} и положение капилляра относительно минимального сечения, Δx определяются по методике [2]. Диаметр живого сечения сопла в месте ввода жидкости D_α определяется с учётом наличия капилляра по уравнению (1).

$$D_\alpha = \frac{\pi}{4} \cdot (D_x^2 - d_\kappa^2), \quad (1)$$

где D_x – внутренний диаметр сопла, в месте ввода жидкости, мм;

d_κ – наружный диаметр капилляра, мм.

Полученные значения приведены в табл. 1.

Зависимость диаметра капель d_{i0} , в месте ввода жидкости, от расстояния от капилляра до минимального сечения сопла ракетной камеры Δx представлена на (рис. 2).

Рис. 2 показывает, что с увеличением расстояния от места ввода жидкости через капилляр до минимального сечения сопла, наблюдается увеличение диаметра капель. Данный процесс происходит за счёт снижения скорости продуктов сгорания и как следствие увеличения скольжения капель жидкости в потоке, то есть происходит переход распыливания жидкости в режим симметричных колебаний.

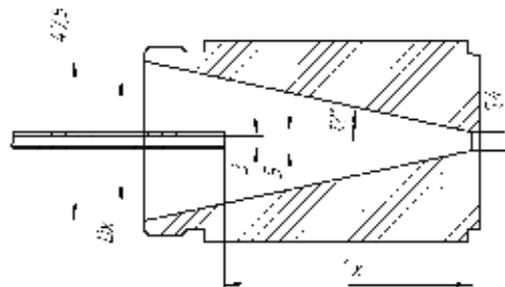


Рис. 1. Сопло генератора мелкодисперсного аэрозоля с устройством ввода жидкости

Епищенко Сергей Владимирович, аспирант.

Тел. (846) 267-45-73

Первышин Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой.

Тел. (846) 267-45-73

Таблица 1. Основные расчётные параметры для определения диспергирования

$d_{i0}, \text{мм}$	$\omega_{\alpha 0}, \text{м/с}$	$D_{\alpha}, \text{мм}$	$\Delta x, \text{мм}$
0,05	390	7,84	5,95
0,1	160	11,32	14,0
0,3	67	16,06	25,8

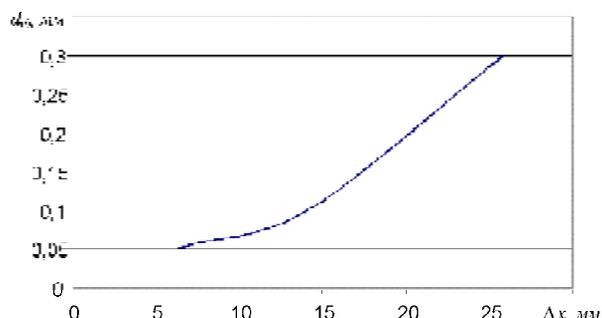


Рис. 2. Зависимость диаметра каплей от положения капилляра

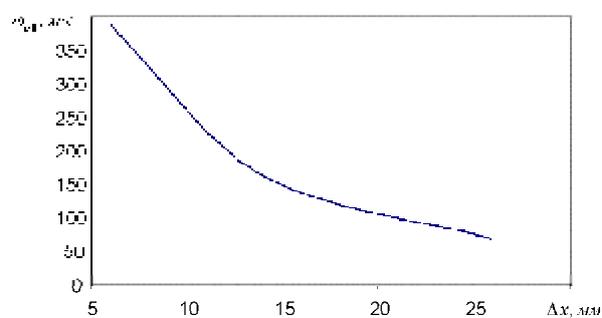


Рис. 3. Зависимость скорости продуктов сгорания от положения капилляра

Зависимость скорости продуктов сгорания $\omega_{\alpha 0}$, в месте ввода жидкости от расстояния до минимального сечения сопла представлена на (рис. 3)

Чтобы оценить возможности регулирования дисперсности распыла и состава аэрозоля необходимо определить интенсивность испарения балласта и влияние испарившейся части на температуру струи, в зависимости от места ввода жидкости. Для решения поставленной задачи, зная скорость продуктов сгорания в минимальном сечении сопла $\omega_{\alpha kp}$, определим скорость каплей жидкости в минимальном сечении сопла ω_{ikp} и время достижения данной скорости $\Delta \tau_i$, для этого воспользуемся методикой, приведённой в [5].

Полученные результаты приведены в табл. 2.

Для определения диаметра капли жидкости в минимальном сечении сопла d_{i1} , массы каплей на участке от места ввода жидкости до минимального сечения сопла, $M_{i(0-1)}$, количества каплей об-

разующихся при распыливании жидкости N_p , коэффициента балластирования q , температуры торможения смеси продуктов сгорания и испарившейся части в камере T_k^* воспользуемся методикой, приведённой в статье: “Модель оценки влияния испарения диспергированной жидкости на теплофизические параметры продуктов сгорания ракетной камеры”, настоящего сборника.

Полученные результаты приведены в табл. 3.

Зависимости влияния положения капилляра относительно минимального сечения сопла на коэффициент балластирования и на изменение диаметра каплей приведены на (рис. 4) и (рис. 5) соответственно.

Увеличение коэффициента балластирования по мере приближения места ввода жидкости к минимальному сечению сопла происходит за счёт увеличения площади испарения каплей, вследствие увеличения дисперсности аэрозоля.

Таблица 2. Результаты расчёта скоростных и временных параметров подачи огнетушащего аэрозоля

$\Delta x, \text{мм}$	$\omega_{ikp}, \text{м/с}$	$\Delta \tau_i, \text{с}$	$\omega_{\alpha kp}, \text{м/с}$
5,95	113,3	$9,4 \times 10^{-5}$	658,9
14,0	108,7	$1,9 \times 10^{-4}$	682,1
25,8	55,1	$5,1 \times 10^{-4}$	724,7

Таблица 3. Основные расчётные параметры, определяющие испарение жидкости при взаимодействии с продуктами сгорания

$\Delta x, \text{мм}$	$d_{i0}, \text{мм}$	$d_{i1}, \text{мм}$	$M_{i(0-1)}, \text{кг}$	N_i	q	$T_k^*, \text{К}$
5,95	0,05	0,0485	$1,406 \times 10^{-6}$	28800	0,155	947,7
14,0	0,1	0,973	$3,776 \times 10^{-6}$	7254	0,129	1019
25,8	0,3	0,296	$1,02 \times 10^{-5}$	2771	0,08	1156

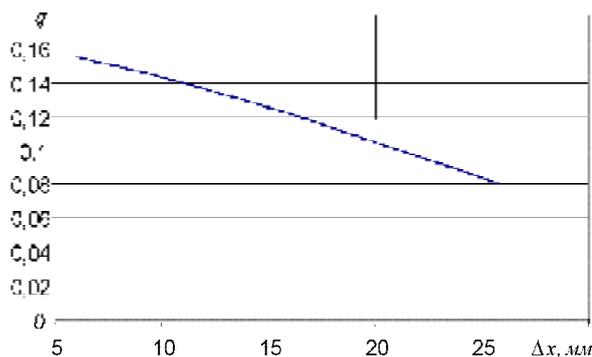


Рис. 4. Зависимость коэффициента балластирования от положения капилляра

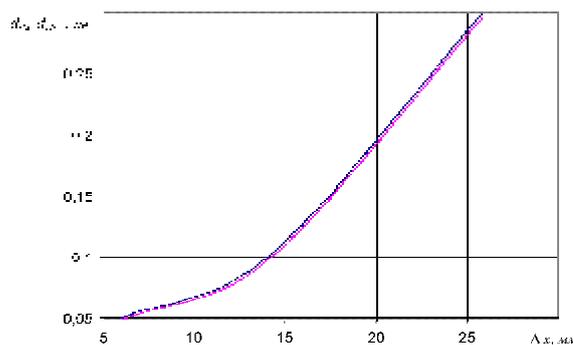


Рис.5. Зависимость изменения диаметра капель от положения капилляра

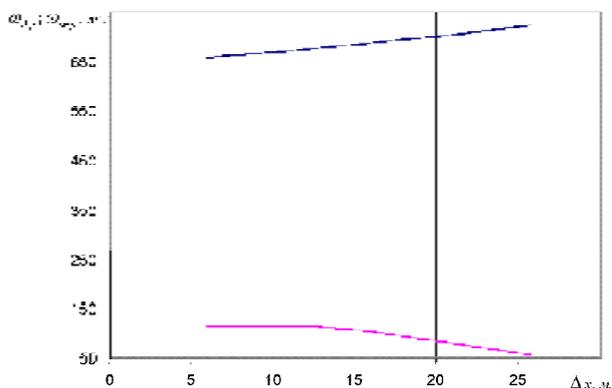


Рис. 6. Зависимость скорости продуктов сгорания и капель жидкости в минимальном сечении сопла от положения капилляра

Верхняя кривая на (рис. 5), показывает изменение начального диаметра капель d_{10} , а нижняя кривая конечного диаметра капель d_{11} в минимальном сечении сопла, от положения капилляра Δx . Это позволяет оценить испарение капель в зависимости от Δx .

По (рис. 6) можно оценить разность скорости продуктов сгорания $\omega_{окр}$, верхняя кривая и скорости капель жидкости $\omega_{икр}$, в зависимости от места ввода.

Таким образом, проведена физико-математическая оценка параметров огнетушащего аэро-

золя, получаемого при распыливании жидкости продуктами сгорания в сопле ракетной камеры, с целью определения оптимальных параметров ликвидации горения различных классов пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выбор оптимальных параметров распылённой воды для тушения горючих водонерастворимых жидкостей / *А.М. Борович* // Сборник научных трудов Пожаротушение на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. М.: ВНИИПО МВД СССР 1991, с. 58..63.
2. *Епищенко С.В., Первышин А.Н.* Метод оценки диспергирования в генераторе мелкодисперсного аэрозоля // Известия Самарского научного центра РАН. 2008. Специальный выпуск, с. 76..79.
3. *Епищенко С.В., Первышин А.Н.* Модель движения монодисперсного газожидкостного потока в трансзвуковой части ракетной камеры // Вестник СГАУ. 2008, с. 121-125.
4. *Первышин А. Н.* Энергетика струйных технологий / Проблемы и перспективы развития двигателестроения в поволжском регионе: Труды международной научно-технической конференции 17-18.09.1997. Самара: СГАУ. 1997, с. 4.
5. *Епищенко С.В., Первышин А.Н.* Модель оценки влияния испарения диспергированной жидкости на теплофизические параметры продуктов сгорания ракетной камеры // Известия Самарского научного центра РАН. 2009. Т.11. №3. С. 272-282

PHYSICAL AND MATHEMATICAL ESTIMATION OF PARAMETERS FIRE-EXTINGUISHER OF THE AEROSOL FORMED BY NEBULIZE LIQUIDS PRODUCTS OF COMBUSTION OF THE ROCKET CHAMBER

© 2009 S.V. Epishchenko, A.N. Pervishin

Samara State Aerospace University

The estimation of parameters of fire-extinguisher aerosol and possible adjusting of its dispersion is conducted by the change of place of input of liquid in the thread of products of combustion.

Keywords: estimation, fire-extinguisher aerosol, rocket chamber, nozzle.

Sergey Epishchenko, Graduate Student. Tel. (846) 267-45-75.

Alexander Pervishin, Doctor of Technics, Professor, Head of the Department. Tel. (846) 267-45-75.