

4. Крашенинников С.В., Лукачев С.В. Решение задачи об обобщенной характеристике камеры сгорания ГТД методом теории подобия // Вестн. СГАУ. Сер. Процессы горения, теплообмена и экология тепловых двигателей. Вып.1; Самар. гос. аэрокосм. ун-т, Самара, 1998. –С. 217-228.
5. Талантов А.В. Горение в потоке. -М.: Машиностроение, 1978, - 160 с.
6. Пчелкин Ю.М. Камеры сгорания ГТД -М.: Машиностроение, 1984, 228с.
7. Теория двухконтурных турбореактивных двигателей / Под ред. Шляхтенко С.М. -М.: Машиностроение, 1979, 432с.

УДК 621.43

ЭКСПРЕСС - ДИАГНОСТИКА КАЧЕСТВА РАСПЫЛИВАНИЯ ВИХРЕВЫМ ПРОБООТБОРНИКОМ

Лякина Н.П., Пиралишвили Ш.А., Шувалов В.В.

Рыбинская государственная авиационная технологическая академия

Процессы диспергирования жидкости получили широкое применение в современной технике и особое значение они имеют в устройствах для сжигания топлив [1,2]. Как известно, эффективность сжигания топлива определяется совершенством процесса смесеобразования, т.е. зависит от таких характеристик как местные коэффициенты избытка воздуха, дисперсность распыла конденсированного горючего и степень его испаренности. Однако сложность процессов смесеобразования не позволяет разработать надежный аналитический метод расчета и требует создания экспериментальных методик и устройств. Особый интерес представляет экспресс-методы, не требующие привлечения дорогостоящего оборудования.

Наиболее часто спектр распыла описывается формулой Розина-Раммлера [3]

$$V_s^i = 1 - \exp \left[- \left(\frac{d_i}{\bar{d}} \right)^n \right], \quad (1)$$

где: V_s^i суммарный относительный объем капель спектра, размеры которых меньше заданного d_i ; \bar{d} - средний диаметр капель спектра, n - константа распределения.

Задача диагностики качества распыливания может считаться решенной, если экспериментально найдены \bar{d} и n .

На кафедре физики РГАТА разработан экспресс-метод, позволяющий измерять эти величины [4]. Этот метод основан на использовании сепарационных свойств закрученных потоков и реализуется вихревым пробоотборником (рис. 1 а, б), состоящим из следующих конструктив-

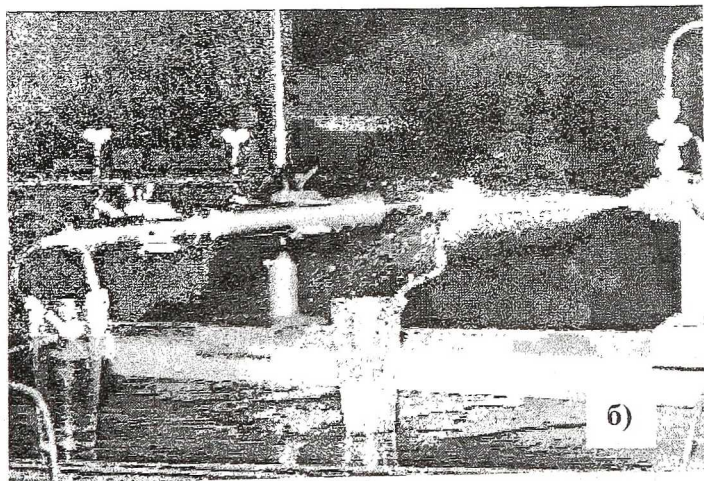
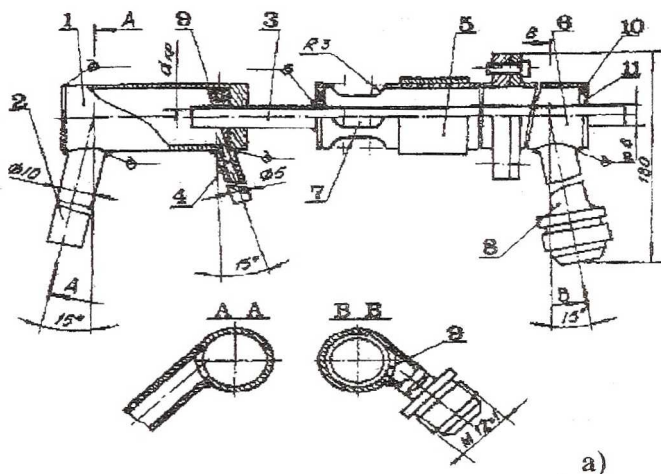


Рис. 1. Вихревой пробоотборник:
а) общая схема; б) пробоотборник в действии

ных элементов: сепарационная камера 1; патрубок тангенциального ввода потока паро-газожидкостной смеси 2; патрубок отвода парогазовой компоненты исходного потока 3; штуцер отвода отсепарированной жидкости 4; регулируемое дроссельное устройство 5; камера энергоразделения 6; окна отвода подогретых масс воздуха 7; штуцер отвода сжатого воздуха 8; конус для стока жидкости 9. О внешнем виде пробоотборника и работе его в лабораторных условиях на испытательном стенде можно судить по фотографии на рис. 1 (б).

При исследовании качества распыла вихревым пробоотборником необходимо знать его критерий сепарации $d_{кр}$, который имеет смысл характерного диаметра капель. Все капли, диаметры которых $d > d_{кр}$, сепарируются на стенках цилиндрической поверхности камеры энергоразделения. Капли с диаметром $d < d_{кр}$ не сепарируются и отводятся через центральный патрубок 3.

Критерий сепарации $d_{кр}$ является характеристикой пробоотборника и может изменяться лишь при изменении степени закрутки, т.е. соменной угла установки α заборного патрубка.

На основе анализа сил, действующих на элементы конденсированной фазы в закрученном потоке газа, получено распределение капель по объему камеры сепарации как функция их размеров и окружной составляющей скорости:

$$L_{к.с} = \beta \omega_0 \sin \alpha [1 - e^{-\tau/\beta}],$$

$$R_n = \frac{d_{к\partial}}{2} \left[1 - \frac{4\rho_v}{8\rho_k - 3\pi\rho_v} \left[(\chi + 1)e^{-\frac{\chi-1}{2\beta}\tau} + (\chi - 1)e^{-\frac{\chi+1}{2\beta}\tau} \right] + \frac{2\rho_v d_{к\partial}}{8\rho_k - 3\pi\rho_v} \right], \quad (2)$$

$$\text{где } \chi = \left[1 + 4\beta^2 \omega^2 \left(1 - \frac{3\rho_v}{8\rho_k} \pi \right) \right]^{1/2}, \quad \beta = \frac{\rho_k d_{к\partial}^2}{18\mu_v}, \quad \omega = \frac{\omega_0 \cos \alpha}{R_{к.с}};$$

$L_{к.с}$, $R_{к.с}$ - длина и радиус камеры сепарации; ω_0 - скорость парогазожидкостной смеси на входе в камеру сепарации; R_n - радиус патрубка отвода паро-воздушной смеси; ρ_k - плотность капли; ρ_v , μ_v - соответственно плотность и вязкость воздуха; τ - время пребывания капли диаметром $d_{кр}$ в камере сепарации.

Подставляя значение $d_{кр}$ в формулу (1) и учитывая, что

$$V_s^{к\partial} = \frac{M_{\kappa}}{M_{\text{жс}} + M_{\kappa}},$$

где M_{κ} и $M_{\text{жс}}$ - соответственно массы конденсата и отсепарированной жидкой фазы, определяемые экспериментально, можно записать

$$V_s^{к\partial} = \frac{M_{\kappa}}{M_{\text{жс}} + M_{\kappa}} = 1 - \exp\left[-\left(\frac{d_{к\partial}}{\bar{d}}\right)^n\right]. \quad (3)$$

Таким образом, определяя опытным путем величины $V_s^{к\partial}$ для двух различных значений $d_{к\partial}$, из формулы (3) можно легко определить константу распределения n и средний диаметр \bar{d}

$$n = \ln\left[\frac{\ln(1 - V_{s1}^{к\partial})}{\ln(1 - V_{s2}^{к\partial})}\right] / \ln\left[\frac{d_{к\partial 1}}{d_{к\partial 2}}\right], \quad \bar{d} = \frac{d_{к\partial 1}}{\sqrt[n]{-\ln(1 - V_{s1}^{к\partial})}}$$

На рис.2 приведено сравнение экспериментальных и расчетных результатов. Из рисунка видно, что эксперимент и теория достаточно хорошо согласуются, что подтверждает правильность разработанной методики.

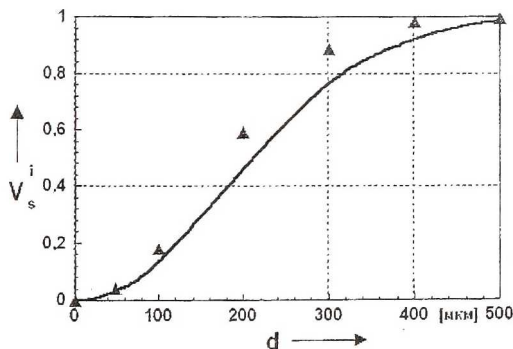


Рис.2. График зависимости $V_s^i = 1 - \exp\left[-\left(d_i/\bar{d}\right)^n\right]$
 ▲ эксперимент: $n=2.18$,
 $\bar{d}=210$ [мкм],
 — теория: $n=2.1$; $\bar{d}=252$ [мкм]

Таким образом, представленный в работе вихревой пробоотборник и методика экспериментального исследования качества распыла, благодаря своей простоте, могут найти широкое применение в различных отраслях промышленности и технических устройствах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Раушенбах Б.В. и др. Физические основы рабочего процесса в камерах сгорания воздушно-реактивных двигателей.-М.: Машиностроение, 1964.-528с.
2. Лефевр А. Процессы в камерах сгорания ГТД.-М.: Мир,1984.-566с.
3. Пчелкин Ю.Ф. и др. Камеры сгорания ГТД.-М.: Машиностроение,1984.-280с.
4. Пираллишвили Ш.А. Исследование дисперсности и степени испаренности вихревым пробоотборником // Изв. вузов. Авиационная техника,1988. N2. С. 59-63.

УДК 621.438

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЁТА КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГТД

Лукачёв С.В., Цыганов А.М., Ковылов Ю.Л.

Самарский государственный аэрокосмический университет

Несмотря на большое количество работ, опубликованных по вопросам рабочего процесса камер сгорания [1,2,3...], этот узел остаётся наименее представленным в теории двигателей [4,5,6...], например, по сравнению с компрессором или турбиной. Чаще всего это объясняется сложностью и многообразием процессов, протекающих в камере сгорания. На этом фоне предпринимаются многочисленные попытки создания математических моделей камеры более высокого уровня, например [7]. Однако в настоящее время ощущается острый недостаток в надёжных, простых для практического использования, физически обоснованных моделей нулевого и первого уровня, поскольку в практике моторных ОКБ до настоящего времени работы выполняются, как правило, на основе собственного прототипа камеры сгорания с набором собственных расчётных моделей и обобщений экспериментальных данных. В результате, по-прежнему, большая часть времени и материальных средств затрачивается разработчиками на её экспериментальную доводку. Целью данной работы является частичная ликвидация указанного пробела путём наполнения расчётных моделей первых уровней соответствующими алгоритмами. Эти материалы можно использовать в учебном процессе.