

ГИБРИДНАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА КАПЕЛЬ (D_{32}) КЕРОСИНА В ОБЛАСТИ ТЕЧЕНИЯ ЗА ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ФОРСУНКОЙ

Гураков Н.И., Матвеев С.Г., Зубрилин И.А.,
Диденко А.А., Эрнандэс Моралес М., Ястребов В.В.
Самарский университет, г. Самара, nikgurakov@gmail.com

Ключевые слова: камера сгорания, центробежная форсунка, распыл топлива, метод VOF, полуэмпирические зависимости.

Процесс подготовки топливовоздушной смеси является одним из важнейших при организации рабочего процесса в камере сгорания, поскольку влияет на такие характеристики как полнота сгорания топлива, стабильность процесса горения и эмиссию вредных веществ [1-5]. Наиболее распространённым типом форсунок, используемых для камер сгорания малоразмерных газотурбинных двигателей являются центробежные топливные форсунки (ЦБТФ).

Одним из основных параметров, характеризующих качество процесса распыливания является мелкость капель в факеле, которую принято оценивать с помощью среднего по Заутеру диаметра капель (D_{32}). Эту величину можно определить экспериментально, используя метод малоуглового рассеивания [1]. Так же существуют полуэмпирические методики (ПЭ) для определения D_{32} . Входными данными в приведенных методиках являются перепад давления и расход топлива, которые определяются экспериментально. Так же методики имеют свои области применения. Ещё одним способом определения среднего диаметра капель является применение CFD моделирования на основе метода объёма жидкости. В рамках данной работы разработана гибридная методика определения среднего диаметра капель, образующихся при распыле керосина центробежными форсунками. Данный метод заключается в совместном использовании CFD моделирования для определения перепада давления, расхода, угла распыла топлива и толщины топливной пленки с полуэмпирическими зависимостями для среднего диаметра капель. Использование данной методики позволит определить мелкость распыливания на этапе проектирования форсунки. В работе рассмотрены полуэмпирические методики следующих авторов: Диденко [1], Вэй [2], Куото [3], Гиффен-Мурашев [4], Лефевр [5]. Режимные и геометрические параметры, являющиеся исходными данными для CFD расчета, а также экспериментальные данные по среднему диаметру капель для валидации методики были взяты из работы [2].

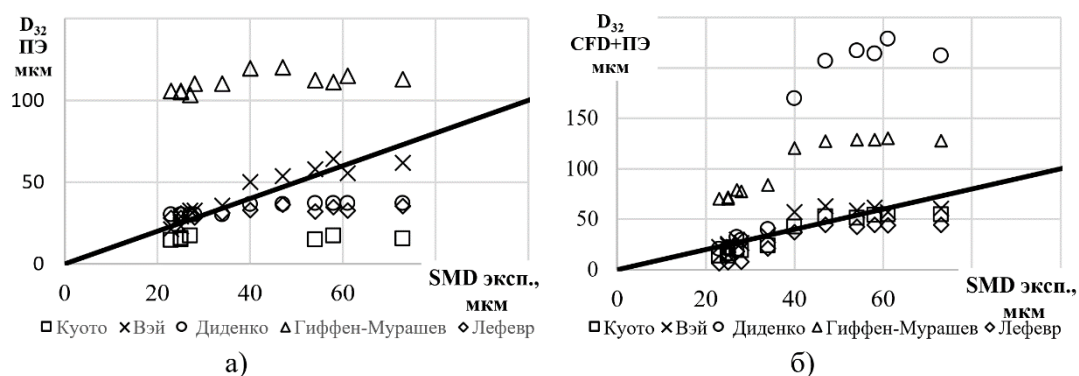


Рис. 1. Графики зависимости среднего диаметра капель (SMD), полученного полуэмпирическими (а) гибридными методиками (б) от результатов эксперимента

Анализируя график на рис. 1, а можно сказать, что только методика Вэя даёт хорошее согласование с экспериментальными данными. При расчёте остальными методиками значения D_{32} значительно расходятся с экспериментальными (расхождение более 50%).

Из графика на рис. 1, б видно, что методы CFD, в сочетании с полуэмпирическими методиками Вэя, Куото и Лефевра, дают хорошее согласование с экспериментальными данными. Методика Диденко хорошо согласуется с экспериментальными данными при малых значениях калибра сопла ($l/d=0.5..2.5$) и расходится при высоких значениях калибра ($l/d=5...8.33$). Методика Гиффена-Мурашева даёт завышенные значения среднего диаметра капель во всех рассматриваемых случаях, что возможно является следствием неверно подобранного эмпирического коэффициента для данного случая.

«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-19-00876, <https://rscf.ru/project/21-19-00876/>».

Список литературы

1. Диденко, А.А. Исследование качества распыливания топлива и его влияния на характеристики камер сгорания малоразмерных ГТД: дис. на соискание учёной степени канд. тех. наук: 05.07.05.: защищена 12.02.96./ Диденко Алексей Александрович. М., 1996. 267 с.
2. Xiao W., Huang Y. Improved Semiempirical Correlation to Predict Sauter Mean Diameter for Pressure-Swirl Atomizers // Journal of Propulsion and Power. 2014. V. 30, no. 6. P. 1628-1635. DOI: 10.2514/1.B35238
3. Couto H S, Carvalho Jr. J A and Bastos-Netto D. Theoretical Formulation for Sauter Mean Diameter of Pressure-Swirl Atomizers // Journal of Propulsion and Power, 1987. V. 13, no. 5. Pp. 691–696.
4. Giffen E., Muraszew A. The atomization of liquid fuels. Chapman & Hall, 1953. 246 p.
5. Lefebvre A.H. Atomization and Sprays. Hemisphere, New York 1989. 434 p.

Сведения об авторах

Гураков Никита Игоревич, аспирант кафедры ТиТД. Область научных интересов: моделирование процессов в камерах сгорания ГТД и ГТУ.

Матвеев Сергей Геннадьевич, канд. техн. наук, профессор кафедры ТиТД. Область научных интересов: физико-химические основы процесса горения, рабочий процесс в камерах сгорания ГТД и ГТУ.

Зубрилин Иван Александрович, канд. техн. наук, доцент кафедры ТиТД. Область научных интересов: моделирование процессов горения в камере сгорания ГТД и ГТУ, механика жидкости и газа.

Диденко Алексей Александрович, доцент кафедры ТиТД. Область научных интересов: рабочий процесс в камерах сгорания ГТД, методы лазерной диагностики характеристик потока.

Эрнандэс Моралес Марио, аспирант кафедры ТиТД. Область научных интересов: распыл, нагрев и испарение капель жидкого топлива.

Ястребов Всеволод Владимирович, студент группы 2403. Область научных интересов: моделирование распыла центробежными форсунками.

A HYBRID METHOD FOR ESTIMATING SAUTER MEAN DIAMETER (D32) OF KEROSENE DROPLETS FROM PRESSURE-SWIRL ATOMIZERS

Gurakov N.I., Matveev S.G., Zubrilin I.A., Didenko A.A., Hernandez Morales M., Yastrebov V.V.
Samara National Research University, Samara, Russia, nikgurakov@gmail.com

Keywords: combustion chamber, pressure-swirl atomizer, fuel atomization, VOF, semiempirical models.

This paper presents a hybrid method that combines CFD modeling and semiempirical equations for determining Sauter Mean Diameter of kerosene droplets. It also shows the validation of theoretical values with experimental data from the literature.