

и проводилось возбуждение радикалов в пламени на постоянной длине волны. Сигнал интенсивности флуоресценции в относительных единицах фиксируется с помощью камеры и передаётся на ПК. Пересчёт интенсивности флуоресценции в концентрацию ОН осуществляется с помощью калибровки по данным [3]. Поле концентраций радикалов ОН в пламени горелки с коэффициентом избытка воздуха 1 приведено на рис. 3.

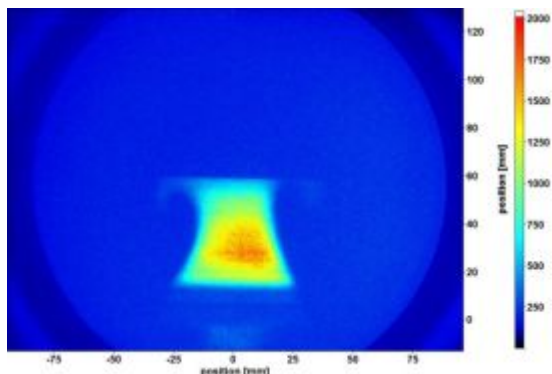


Рис. 3. Поле концентраций радикалов ОН в пламени горелки в плоскости «лазерного ножа»

В работе проведено экспериментальное исследование ламинарного пламени горелки МакКенна предварительно перемешанной смеси метан-воздух с коэффициентом избытка воздуха 1 методом ЛИФ. Измерен спектр возбуждения радикалов ОН в диапазоне 283,4–283,7 нм с шагом 1 пм. Определено поле концентраций радикала ОН в пламени. Спектр возбуждения ОН, рассчитанный с использованием разработанной физико-математической модели, сопоставлен с измеренным.

Библиографический список

1. Eckbreth A.C. Laser diagnostic for combustion temperature and species. 1996.
2. Luque J., Crosley D.R. LIFBase. Database and spectral simulation (version 1.5). 1999.
3. Arnold A., Bombach R., Kappeli B., Schlegel A. Quantitative measurements of OH concentration fields by two-dimensional laser-induced fluorescence. Applied Physics B, 64, 1997. p.579-583.

УДК 621.43.056:535.36

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ, РАЗМЕРОВ И ПОТОКА МАССЫ КАПЕЛЬ В ФАКЕЛЕ РАСПЫЛА ЖИДКОГО ТОПЛИВА С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО ФАЗО-ДОПЛЕРОВСКОГО АНЕМОМЕТРА: АНАЛИЗ ДОСТОВЕРНОСТИ ПОЛУЧАЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

©2018 А.А. Диденко, С.Ю. Мишенков, А.В. Ахтерьяков, А.Б. Соколов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

MEASUREMENT OF VELOCITY, DIAMETERS AND FLOW OF DROPLET MASS IN THE SPRAYING FLARE OF LIQUID FUELS USING A LASER PHASE-DOPPLER ANEMOMETER: AN ANALYSIS OF THE RELIABILITY OF THE RESULTS

Didenko A.A., Mishenkov S.Y., Ahteryakov A.V., Sokolov A.B. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The characteristics of two-phase fuel-air flares for spraying liquid fuel by fuel injection nozzles using laser methods LDA, PDA, IMMS (Mi) are measured. The distortions of the reliefs of the parameter fields are analyzed because of the unequal effect of the optical density of the flame on obtaining a useful optical signal from its different sections.

В Самарском университете на экспериментальной установке УПФ-372 испытываются форсунки камер сгорания ГТД и измеряется комплекс характеристик распыла топлива. Так, скорости, диаметры и число капель в точках факела распыла форсунок из-

меряются лазерным фазо-доплеровским анемометром (3D-LDA-PDA Dantec) (рис. 1).

В рабочей камере УПФ-372 форсунка 2 устанавливается осью своего сопла вертикально, топливо распыливается сверху вниз; давление в рабочей камере установки равно давлению атмосферного воздуха, перепад

давления воздуха на завихрителях форсунки 2...8 %, перепад давления топлива на форсунке 1...20 атм. Вертикальная ось форсунки совпадает с осью конического факела распыла и нормальна горизонтальной плоскости лазерных измерений ($X''OY''$).

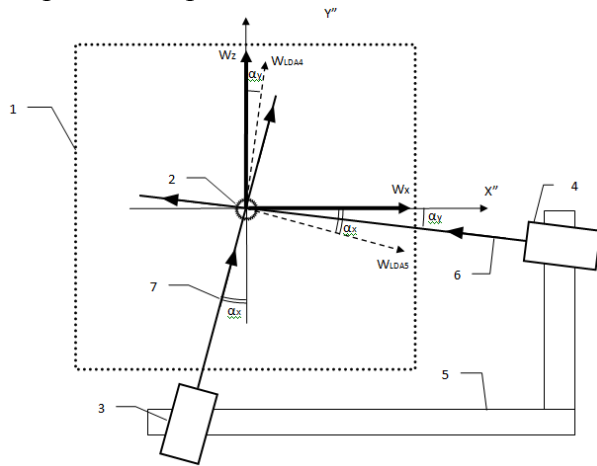


Рис. 1. Расположение оптических головок 3D-LDA-PDA вокруг рабочей камеры установки УПФ-372

Параметры факела распыла измеряются с помощью LDA-PDA в горизонтальной плоскости $X''OY''$ в точках, которые совпадают с узлами прямоугольной решётки из 17×17 ; 23×23 или 25×25 линий.

Оптическая головка № 1 (ОГ-1, поз. 4) является исключительно передающей – она направляет в каждую «точку» пространства 4

лазерных луча, оптическая головка № 2 (ОГ-2, поз. 3) – направляет 2 луча и одновременно принимает сигнальные потоки лазерного света, рассеянного из измерительных объёмов пролетающими топливными каплями. Шесть лучей необходимы для измерения трёх компонент скорости и диаметров капель одновременно.

Ниже представлены измеренные поля осевой скорости (рис. 2а, б) и потока числа капель (рис. 2в; из-за схожести полей показано поле только для форсунки ТФ1.2). Продольная ось ОГ-1 близка по направлению к оси X'' , ось ОГ-2 – к оси Y'' . Взгляд вдоль оси X'' совпадает с взглядом на факел распыла с фронтального окна УПФ-372. После обработки результаты измерений имеют следующий типичный вид:

- поля осевой скорости потока капель – своим рельефом отражают конструкцию форсунки: на рис. 2а – поле для двухканальной центробежной форсунки, на рис. 2б – поле для трёхканальной форсунки;
- поля плотности потока числа капель получаются часто с областью повышенных значений в небольшом кольцевом секторе, который оказывается почти всегда (рис. 2в) в левом нижнем углу картин полей, в секторе между осями ОГ-1 и ОГ-2.

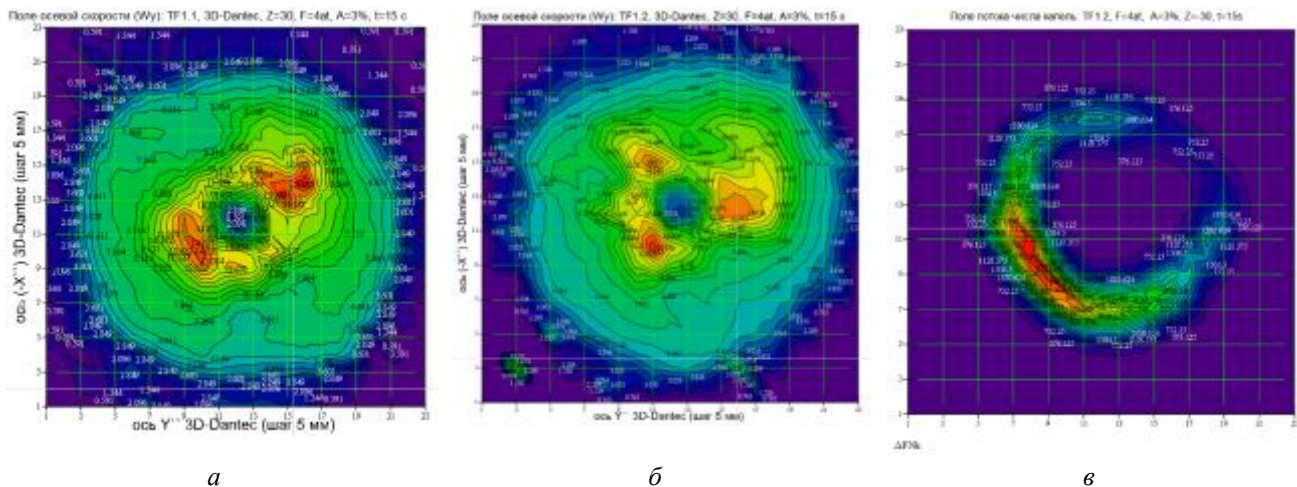


Рис. 2. Поля осевой скорости капель форсунок ТФ1.1 (а), ТФ1.2 (б) и потока числа капель ТФ1.2 (в, поле для ТФ1.1 не показано)

Таким образом, поля «интенсивных» характеристик (скорости капель) сохраняют и отражают конструктивные особенности форсунок, а поля «экстенсивных» параметров (плотности потока диаметров, числа капель и другие) оказываются очень похожи-

ми, но особенности конструкции форсунок демонстрируют плохо.

Для проверки подмеченных закономерностей внешнего вида полей интенсивных и экстенсивных параметров было принято специальное исследование. Пнев-

момеханическая форсунка с трёхканальным центробежным распылителем поочередно была установлена в три положения с поворотом по часовой стрелке вокруг оси факела на угол $\varphi_2 = 90^\circ$ и $\varphi_3 = 180^\circ$ относительно исходного положения - $\varphi_1 = 0^\circ$. Результаты следующие:

- поля осевой скорости капель, относительно положения $\varphi_1 = 0^\circ$, повернулись на углы $\varphi_2 = 90^\circ$ и $\varphi_3 = 180^\circ$ и имели высокий уровень сходства;

- поля плотности потока капель получились в большом сходстве, но при этом наблюдаемая область с повышенными значениями плотности потока оказалась на том же самом месте. Т.е. эти поля не повернулись вслед за поворотом форсунок.

В работе также изучаются поля диаметров капель, количества капель в единицу времени и поля потоков массы капель; анализируется изменение средних диаметров капель (СДК) вдоль «кольца» - концентричной окружности, совпадающей с кольцевой линией максимумов плотности потока числа капель. В частности, показано, что СДК оказываются всегда наименьшими, а число зарегистрированных капель всегда наибольшим в передней области, находящейся на «кольце» (рис. 2в) между осями оптических голо-

вок, и, наоборот, СДК оказываются наибольшими, а число зарегистрированных капель наименьшим в диаметрально противоположной области – в точках, как выяснилось, с наибольшим оптическим экранированием полезного сигнала, который регистрируется ОГ-1. СДК в сходственных областях могут различаться в 2 раза. Эффект оптического экранирования полезного сигнала представлен количественно.

Результаты LDA-PDA измерений были использованы для подсчёта величин СДК, которые показал бы в этих же условиях принципиально другой лазерно-оптический измеритель, реализующий интегральный метод малоуглового дифракционного рассеяния (ИММР) лазерного излучения на сферических частицах.

Полученные результаты необходимо учитывать при аккуратном использовании других данных LDA-PDA измерений.

Специальными приёмами вторичной обработки удаётся улучшить общую достоверность результатов. Но для получения более убедительных результатов необходимо выполнить исследования на специальных калибровочных смесях сферических полидисперсных частиц с заранее известными их диаметрами и количеством.

УДК 621.452 (07)

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРДДФ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПО ДАННЫМ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

©2018 И.М. Горюнов, А.И. Надыршин

Уфимский государственный авиационный технический университет

ASSESSMENT THE CHANGE OF TURBOJET DUAL-CIRCUIT WITH AFTERBURNER COMBUSTION ENGINE PARAMETERS DURING OPERATION BY THE DATA OF BENCH TESTS

Gorjunov I.M. Nadyrshin A.I. (Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation)

The method of parametrical diagnostics of turbojet dual-circuit with afterburner combustion engine was compiled and implemented according to the data of bench tests. The object of research is AL-3 IF the aircraft engine and the data of bench tests of one engine during its life cycle. The identification of the mathematical model of the engine in controlled modes has been performed, as a result of which the change in the characteristics of the nodes during the operation of the engine has been determined.

Возрастание сроков службы авиадвигателей, тенденция к переходу на эксплуатацию их по техническому состоянию, дальнейшее повышение надёжности обуславли-

вают разносторонние исследования средств и методов диагностирования авиационных двигателей.