

В. А. Павлов¹, В. Г. Меледин¹, И. К. Кабардин^{1}, Г. В. Бакакин¹*

Применение методов лазерной доплеровской анемометрии для исследования структуры топливно-воздушной струи

¹ Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск,
Российская Федерация
* e-mail: ivankabardin@gmail.com

Аннотация. В данной работе описан эксперимент по исследованию внутренней структуры топливной струи. В частности, было исследовано то, как влияет геометрия отверстий для распыла и давление этого распыла на скорость движения частиц в струе, а также на величину турбулентных пульсаций. Для контроля скорости движения частиц и турбулентных пульсаций использовался метод лазерной доплеровской анемометрии. Этот метод был реализован в лазерном доплеровском анемометре ЛДА АВС. Измерение скорости и турбулентных пульсаций проводилось в поперечном сечении струи, удаленной от устья распыляющего отверстия на 125 мм. Процесс истечения топлива был стационарным. Измерены осевые составляющие вектора скорости по сечению струи, а также радиальные пульсации вектора скорости на оси струи. Показано, что геометрия отверстий для распыла и давление, при котором впрыскивается струя, заметно влияют на скорость движения капель, а также на величину турбулентных пульсаций скорости. Показано, что метод лазерной доплеровской анемометрии хорошо подходит для исследования топливно-воздушных струй.

Ключевые слова: распыл, метод лазерной доплеровской анемометрии, скорость струи, турбулентные пульсации, двухфазный поток, топливно-воздушная струя

V. A. Pavlov¹, V. D. Meledin¹, I. K. Kabardin^{1}, G. V. Bakakin¹*

Development of an Ultrasonic Method for Classifying Two-Phase Flow Regimes

¹ S. S. Kutateladze Institute of Thermophysics SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: ivankabardin@gmail.com

Abstract. In this paper, an experiment was conducted to study the internal structure of the fuel jet. In particular, it was investigated how the geometry of the spray holes and the pressure of this spray affect the velocity of particles in the jet, as well as the magnitude of turbulent pulsations. The method of laser Doppler anemometry was used to control the particle velocity and turbulent pulsations. This method was implemented in the laser Doppler anemometer LDA ABC. The measurement of velocity and turbulent pulsations was carried out in the cross section of the jet, 125 mm away from the mouth of the spraying hole. The process of fuel expiration was stationary. The axial components of the velocity vector along the section of the jet are measured, as well as the radial pulsations of the velocity vector on the axis of the jet. It is shown that the geometry of the spray holes and the pressure at which the jet is injected significantly affect the velocity of the droplets, as well as the magnitude of turbulent velocity pulsations. It is shown that the method of laser Doppler anemometry is well suited for the study of fuel-air jets.

Keywords: spraying, laser Doppler anemometry method, jet velocity, turbulent pulsations, two-phase flow fuel-air jet

Введение

Двухфазные потоки широко распространены в науке и технике. Частным случаем является топливно-воздушная струя дизельных двигателей судов. В данной работе изучалась структура этой струи. Проводилось исследование совместно с Сибирским государственным университетом водного транспорта, г. Новосибирск. Проведены экспериментальные исследования внутренней структуры топливной струи с использованием метода лазерной доплеровской анемометрии [1].

Топливо-воздушная струя является непростым объектом исследования, так как она является объемным объектом, в котором часть струи, находящаяся перед измерительным прибором, загромождает ту часть, которая находится дальше (рис. 1).

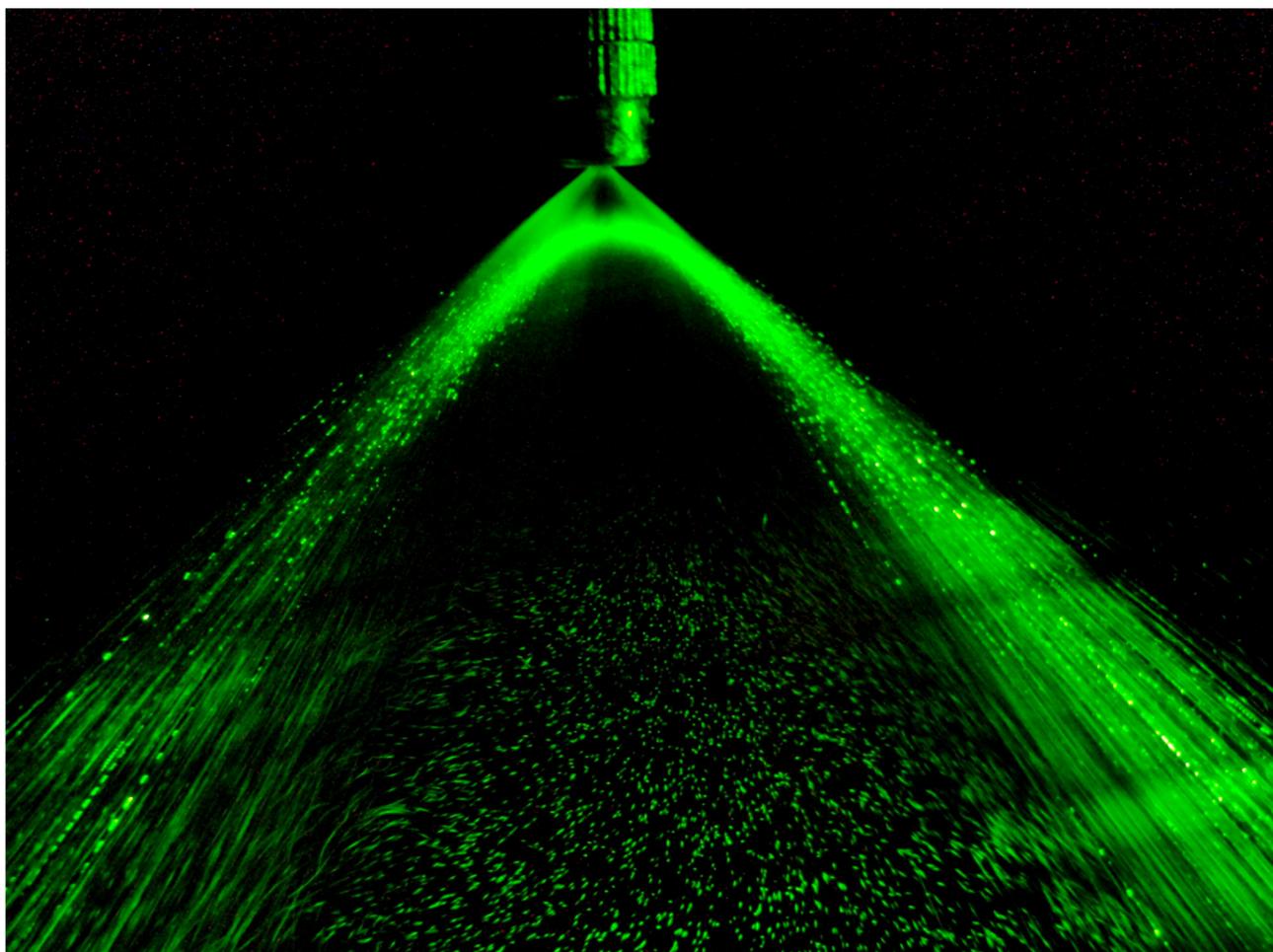


Рис. 1. Внешний вид топливно-воздушной струи

Метод лазерной доплеровской анемометрии позволяет получать данные во всем объеме, так как зона перетяжки лазерного доплеровского анемометра успевает получать значения в толще объема струи. Сами значения не искажаются, так как в те моменты, когда пролетающие капли загромождают лучи лазерного доплеровского анемометра до зоны перетяжки, то анемометр не выдает никакого

значения. В это же время он успевает получать данные в промежуточные моменты, когда лучи лазера не искажаются или загораживаются пролетающими каплями до перетяжки.

Описание экспериментального метода

В работе проводится исследование влияния давления впрыска, а также геометрии распыливающих отверстий на скорость движения, уровень турбулентности и число частиц.

Основными параметрами распыла топливно-воздушной струи являются:

- 1) распределение размера капель;
- 2) однородность распыла – распределение массового расхода жидкости в поперечном сечении факела распыла;
- 3) ударная сила – глубина проникновения распыленного топлива в газовую среду;
- 4) расходные характеристики – объемный поток при определенном давлении.

Расходная характеристика струи определяется распределением осевой скорости. Измерение этих величин проводилось в поперечном сечении струи, удаленном от устья распыляющего отверстия на 125 мм. Процесс истечения топлива был стационарным. Течение в топливно-воздушной струе исследовалось при помощи метода лазерной доплеровской анемометрии. Данный метод был реализован в измерителе ЛДА АВС (рис. 2).

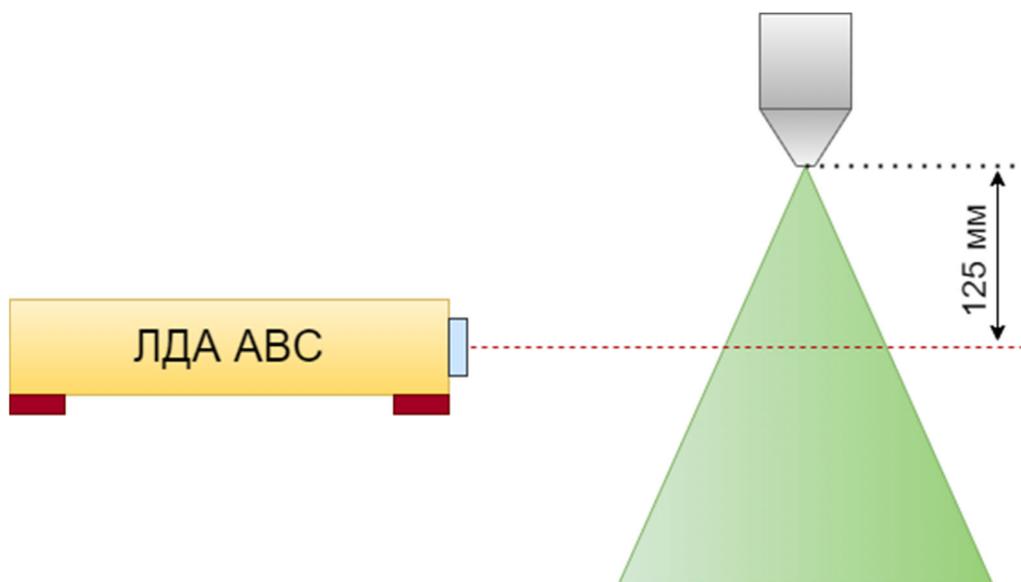


Рис. 2. Экспериментальный стенд с топливно-воздушной струей

Измерительный прибор содержит оптоэлектронный модуль, компьютер и программное обеспечение к нему. Подробно устройство работы лазерного доплеровского анемометра описано в работе [2]. Схема работы ЛДА АВС представлена на (рис. 3).

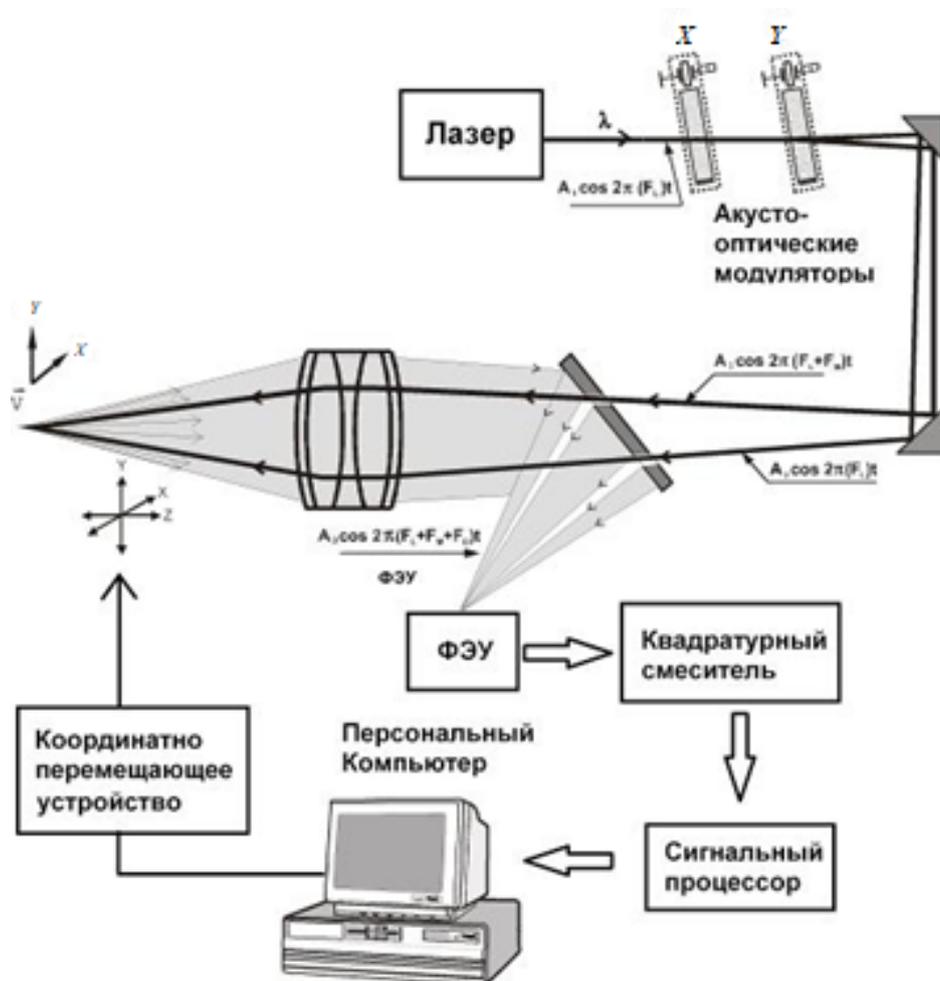


Рис. 3. Схема работы измерительной системы ЛДА АВС

Оптический прибор устанавливался на координатно-перемещающее устройство, точность перемещения которого составляет 0,1 мм.

Результаты

В ходе эксперимента были получены данные о том, как влияет геометрия отверстий для распыления и давление при впрыскивании на скорость движения частиц струи и на уровень турбулентности. Измерены осевые составляющие вектора скорости по сечению струи, а также радиальные пульсации вектора скорости на оси струи. Полученные данные показывают, что давление, при котором подается топливо, заметно влияет на распределение осевой скорости по сечению струи (рис. 4). Также давление подачи влияет на то, как ведут себя радиальные пульсации скорости в отдельно взятой точке, которая находится на оси этой струи (рис. 5).

Показана возможность применения методов лазерной доплеровской анемометрии для измерения распылов топливно-воздушных смесей.

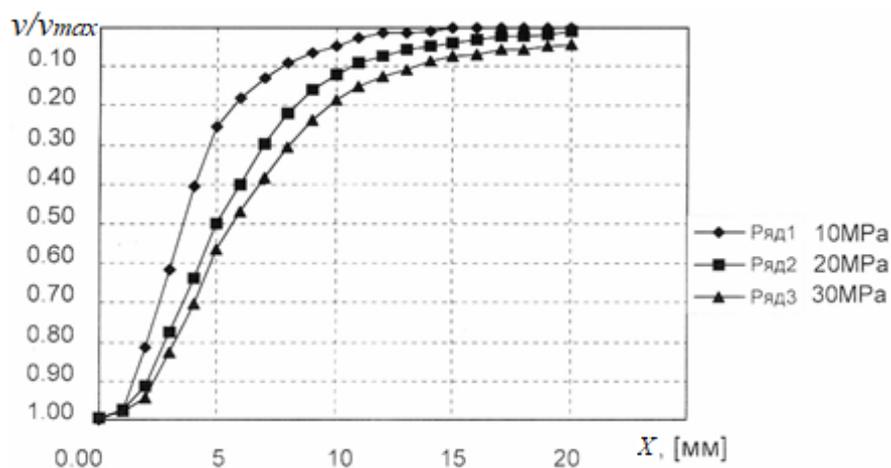


Рис. 4. Изменение осевой скорости по сечению топливной струи

Обнаружено, что давление подачи топлива существенно влияет на характер радиальных пульсаций в точках на оси струи.

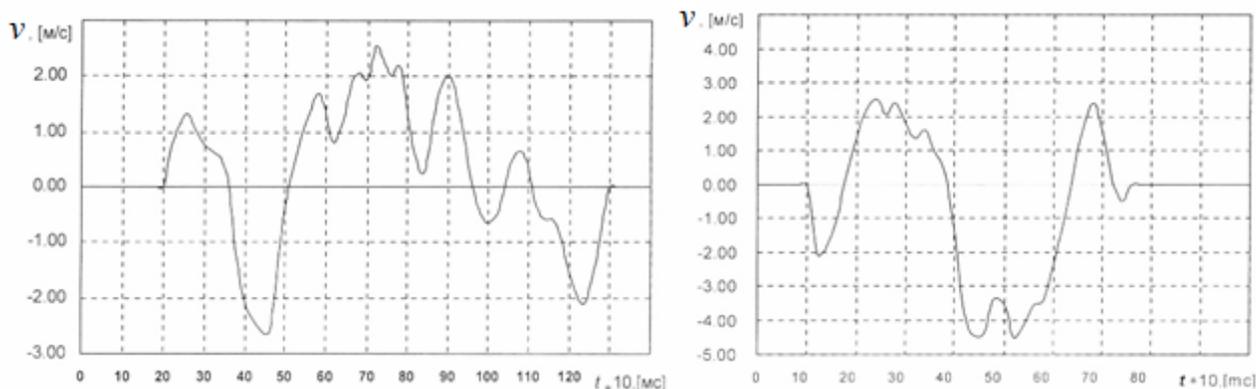


Рис. 5. Радиальные пульсации скорости в точке на оси струи топлива

Заключение

Проведены исследования внутренней структуры топливной струи форсунки судового дизеля с использованием метода лазерной доплеровской анемометрии.

Показано, что геометрия отверстий для распыла и давление, при котором впрыскивается струя, заметно влияют на скорость движения капель, а также на величину турбулентных пульсаций скорости.

Измерены осевые составляющие вектора скорости по сечению струи, а также радиальные пульсации вектора скорости на оси струи.

Показана возможность применения методов лазерной доплеровской анемометрии для измерения распылов топливно-воздушных смесей.

Благодарности

Исследования выполнены в рамках государственного задания ИТ СО РАН

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. R. Evseev, Diagnostics of two-phase flows with high concentration of a solid dispersed phase using fiber-optic sensors // AIP Conference Proceedings. - 2016. - Vol. 1770. – P. 030102.
2. Kabardin I.K., Meledin V. G., Yavorsky N. I., Gordienko M. R., Pravdina M. Kh., Kulikov D. V., Polyakova V. I., Pavlov V. A. LDA Diagnostics of velocity fields inside the Ranque tube // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. – 2018. – Vol. 980, No. 1. – P. 012043.

© *В. А. Павлов, В. Г. Меледин, И. К. Кабардин, Г. В. Бакакин, 2023*