



УДК 537.84.533

А.Б. Ватажин, Д.А. Голенцов, А.Г. Голубев, В.И. Ягодкин

Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова, Россия

ЭЛЕКТРОГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В АВИАЦИОННЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ

Рассмотрена проблема электрической зарядки тел (элементов летательного аппарата) потоком газа, содержащим электрически заряженную дисперсную фазу (заряженные капли воды) и заряженную компоненту (ионы). Исследована электризация сферы, обтекаемой двухфазным заряженным потоком, определены электрические характеристики: ток на заземленную сферу и ее плавающий потенциал.

С помощью специальной методики и аппаратуры (основанных на регистрации света, рассеянного частицами под малыми углами) найдены продольные и поперечные распределения размера капель и их концентрации в исследуемой турбулентной паровоздушной струе, содержащей ионы и заряженные капли.

ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ТЕЛ, ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПАРОВОЗДУШНОЙ СТРУИ, ЛАЗЕРНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ДИСПЕРСНОСТИ

1. ВВЕДЕНИЕ. При полете летательных аппаратов (ЛА) возникают условия, когда их движение происходит в среде, содержащей заряженную дисперсную фазу (капли воды) и заряженную компоненту (ионы), происходит внешняя электризация самолета – на нем накапливается электрический заряд. Это приводит к нежелательным последствиям – повышению вероятности поражения самолета атмосферным электричеством и возникновению помех на авионике самолета.

Для изучения особенностей электризации ЛА и для разработки способов устранения его заряда в ЦИАМ начаты работы по созданию экспериментальных методов моделирования в лабораторных условиях электризации тел, обтекаемых заряженным потоком. На специальной установке создавался поток, содержащий заряженные капли воды, а также ионы. Заряд вводится в поток с помощью коронного разряда, стекающего с иглы. Это позволяет изучать электризацию тел, помещенных в такой поток, получать конкретные результаты по зарядке тел (сферы): определены токи на заземленную сферу и ее плавающий потенциал при различных условиях создания паровоздушной струи и различных потенциалах в системе коронного разряда.

Важнейшей задачей оказалось создание метода измерения дисперсных характеристик жидкокапельной фазы в струйном течении. Был использован

метод, основанный на регистрации света, рассеянного каплями под малыми углами. На этом методе основано действие прибора ЛИД (лазерный измеритель дисперсности).

2. МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Экспериментальная установка.

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Пар с заданным расходом истекает из подогреваемого сопла 1 в неподвижное воздушное пространство с атмосферным давлением. Температура пара на срезе сопла может регулироваться. На оси паровой струи вниз по потоку от сопла установлена игла 2 коронного разряда и далее на расстоянии 100 мм от иглы расположена заземленная прозрачная для газа сетка 3 (второй электрод разряда). В этой установке была реализована следующая идея [1]. Коронный разряд интенсифицирует конденсацию, приводя к возникновению большого числа капель-зародышей, которые растут вследствие массообмена с окружающей средой, приобретают дополнительный электрический заряд в результате электрокинетического взаимодействия с ионами разряда в его электрическом поле и становятся заряженными микрочастицами – каплями. Сетка 3 “захватывает” часть ионов вследствие их большой электрической подвижности и малой гидродинамической инерционности. Капли же, обладающие гораздо большей инерционностью и меньшей электрической подвижностью, проходят через сетку в область 4 (в которой и устанавливается обтекаемое струей тело).

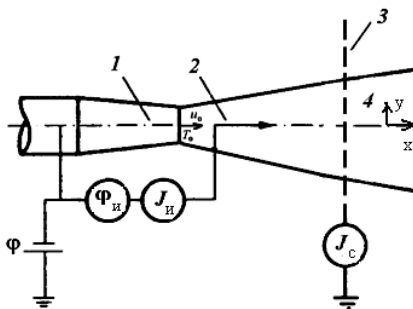


Рис. 1

2.2. Измерение дисперсных характеристик паровоздушного потока.

Основной задачей в описываемых экспериментах являлось измерение важнейших дисперсных характеристик потока – среднего заутеровского диаметра и концентрации капель. Для этого был использован прибор ЛИД. На рис. 2 показана схема измерений. Лазерный луч 1, генерируемый лазером 2, пройдя через диафрагму и оптическую систему 3, 4, попадает в паровоздушный поток 5 и частично рассеивается на каплях (Ми-рассеяние) на угол θ . Рассеянный и не рассеянный на каплях свет, собирается сферической линзой 7 в плоскости интегрирующей диафрагмы 9 прибора ЛИД 8. При отсутствии потока не рассеянный падающий свет I_0 фокусируется в точку в центре диафрагмы 9. При наличии потока этот свет ослабляется до $I_{ц}$ за счет рассеяния на каплях. Сфокусированный свет проходит через круглое отверстие в цен-

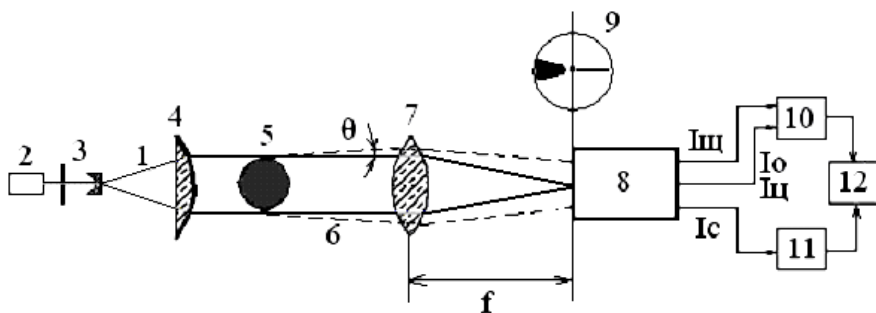


Рис. 2

тре диафрагмы и поступает на фотоприемник в приборе ЛИД и преобразуется в электрический сигнал, служащий для определения величины ослабления каплями света при измерении объемной концентрации c_v капель. Рассеянный каплями на угол θ свет проходит через отверстия в виде щели ИЩ и сектора I_C в интегрирующей диафрагме 9 и преобразуется фотоприемниками прибора ЛИД в электрические сигналы соответственно пропорциональные интенсивностям $I_{Щ}$, I_C . Электрические сигналы с выходов прибора ЛИД подаются на входы преобразователей энергии 10, 11 в постоянные напряжения, которые поступают на вход компьютера 12.

Величины среднего заутеровского диаметра d_{32} и объемная концентрация частиц c_v определяются соотношениями

$$d_{32} = \frac{3\lambda}{8} \cdot \frac{\gamma f}{\delta} \cdot \frac{I_{Щ}}{I_C}, \quad C_V = \frac{2}{3} \cdot \frac{d_{32}}{kL} \ln \frac{I_0}{I_{Щ}} \quad (1)$$

В приведенных формулах λ – длина волны луча лазера; δ – ширина щели диафрагмы; γ – угол сектора диафрагмы, f – фокусное расстояние собирающей линзы; k – средний коэффициент рассеяния, зависящий от показателя преломления, $k \approx 2$; L – длина луча в зоне рассеяния. Эта теория справедлива при условии $2\pi r/\lambda > 1$.

В качестве примера на рис. 3 представлена зависимость средних (по длине луча L) заутеровских диаметров от расстояния Y до оси струи (эта координата может быть положительной и отрицательной). Пунктирная и сплошная кривые соответствуют $x = 5$ и 7 см от кончика коронирующей иглы.

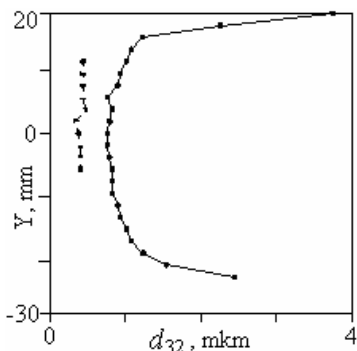


Рис. 3

Ширина области, в которой имеются капли, монотонно возрастает с ростом координаты x , что связано с монотонным расширением турбулентной струи. Увеличение размера капель с ростом x объясняется тем, что конденсация пара происходит только в области коронного разряда (примерно до сечения $x = 10$ см), а после нее новые капли не образуются. Рост же “старых” капель практически невозможен вследствие малого содержания пара в потоке при больших x .

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Создан метод экспериментального моделирования электрической зарядки тел (элементов ЛА). Сведения о величине зарядки элементов ЛА необходимы для разработки средств их защиты от последствий электризации. С помощью прибора ЛИД найдены распределения дисперсных характеристик капель, которые зависят от условий возникновения конденсации в паровоздушной струе. Диаметр и концентрация капель в проведенных экспериментах находятся на уровне 1 мкм и 10^{-6} см⁻³ соответственно.

4. БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 08-01-00142).

5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ватажин А.Б., Лихтер В.А., Шульгин В.И. Турбулентные конденсационные струи и возможность управления ими с помощью электрического поля // Проблемы современной механики. Ч.1. / под ред. академика Л.И. Седова. М.: Изд. МГУ, 1983. С. 113-122.

A.B. Vatazhin, D.A. Golentsov, A.G. Golubev, V.I. Jagodkin

Central Institute of Aviation Motors, Russia

DEFINITION OF PARAMETERS OF THE STEAM-AIR FLOW IN ELECTRIZATION OF BODIES

The problem of electric charging of bodies (elements of aircraft) by the gas flow containing the charged disperse phase (the charged drops of water) and ions is considered. It is investigated the electrization of the sphere which are flowed round by the bi-phase charged flow. The electric characteristics are found such as the current on the grounded sphere and its floating potential.

By means of a special technique and the equipment (based on registration of light dispersed by particles under small corners) the longitudinal and cross-section distributions of both the size of drops and their concentration in the turbulent steam-air flow are found.

THE ELECTRIZATION OF BODIES, MEASUREMENT OF PARAMETERS OF THE STEAM-AIR FLOW, THE LASER MEASURING INSTRUMENT OF PARAMETERS OF DROPS