

Влияние длины актуатора на параметры диэлектрического барьерного разряда и тягу создаваемых им струй

В.М. Бочарников^{1,2}, В.В. Володин², В.В. Голуб²

¹Московский Физико-Технический Институт (Государственный университет)

²Объединенный институт высоких температур РАН

Для управления низкоскоростными высотными беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), не требующими высокой маневренности, актуаторы на основе диэлектрического барьерного разряда (ДБР) могут быть использованы в качестве единственных средств управления полетом. В работах, посвященных диэлектрическому барьерному разряду и создаваемым им струям, размеры ДБР актуатора не превышают 100 мм [1-3]. Реальные высотные БПЛА имеют размах крыльев порядка нескольких метров. Отсюда возникает задача масштабирования лабораторных результатов на проектируемые аппараты.

Для создания управляющих моментов крыла БПЛА необходимо придать достаточный для маневра импульс. ДБР симметричного актуатора создает синтетическую струю, которая взаимодействует с потоком. Чем больше величина погонной тяги синтетической струи f_l , тем быстрее производится маневр. Соответственно величину погонной тяги необходимо максимизировать. Для этого проводились измерения погонной тяги в зависимости от длины внешних электродов.

$$f_l = \frac{f}{L},$$

где f – тяга синтетической струи, L – длина разряда вдоль внешних электродов. Так же важно, чтобы затраты электроэнергии были минимальны насколько это возможно при максимальном значении погонной тяги. В качестве индикатора энергетической эффективности ДБР был выбран параметр удельная тяга по мощности f_p :

$$f_p = \frac{f}{P_{abd}},$$

где f – величина тяги синтетической струи, P_{abd} – электрическая мощность диэлектрического барьерного разряда. Эксперименты проводились при постоянных значения частоты 5 кГц и амплитуды переменного напряжения 6,2 кВ.

График зависимости погонной тяги от длины внешних электродов показан на рис. 1. Зависимость имеет ряд локальных максимумов и минимумов. При $L = 150$ мм наблюдается абсолютный максимум. При этом значении длины внешних электродов сила, создаваемая актуатором на поверхности крыла максимальна. На рис. 2 показана зависимость удельной тяги по мощности от длины внешних электродов. В точке, соответствующей $L = 150$ мм наблюдается локальный максимум.

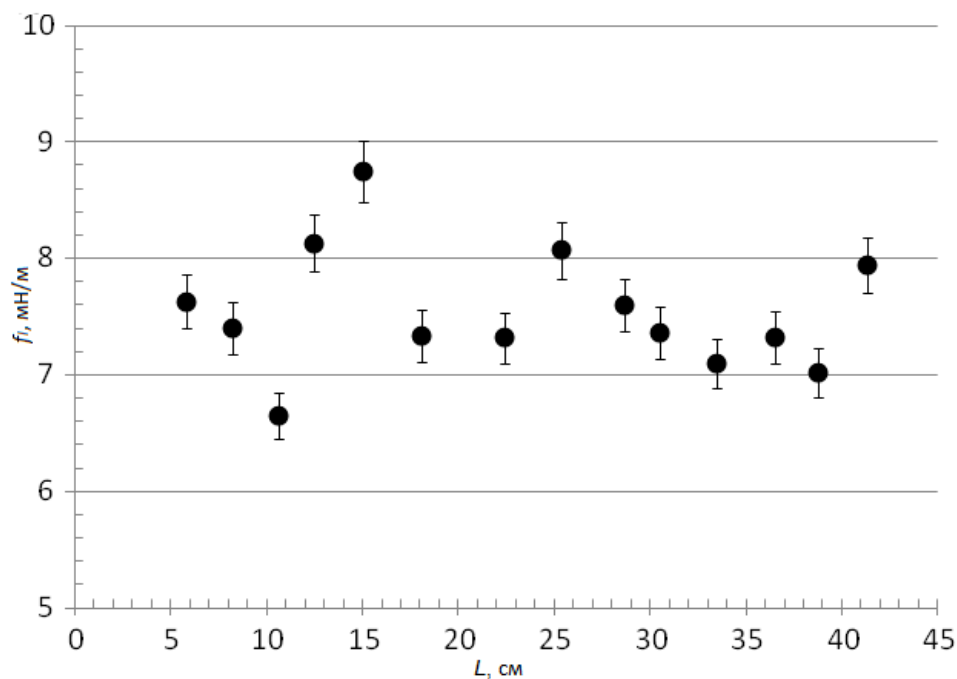


Рисунок 1. Зависимость погонной тяги синтетической струи от длины внешних электродов

Совпадение абсолютного максимума погонной тяги и локального максимума удельной тяги по мощности при $L = 150$ мм в исследованном диапазоне позволяет утверждать, что такая длина электродов является оптимальной при фиксированной частоте переменного напряжения. То есть энергия разряда эффективно преобразуется в кинетическую энергию струи и сама струя имеет максимум погонной тяги. Важно отметить, что для наилучшей работы плазменного актуатора необходимо его согласование с источником высокого переменного напряжения.

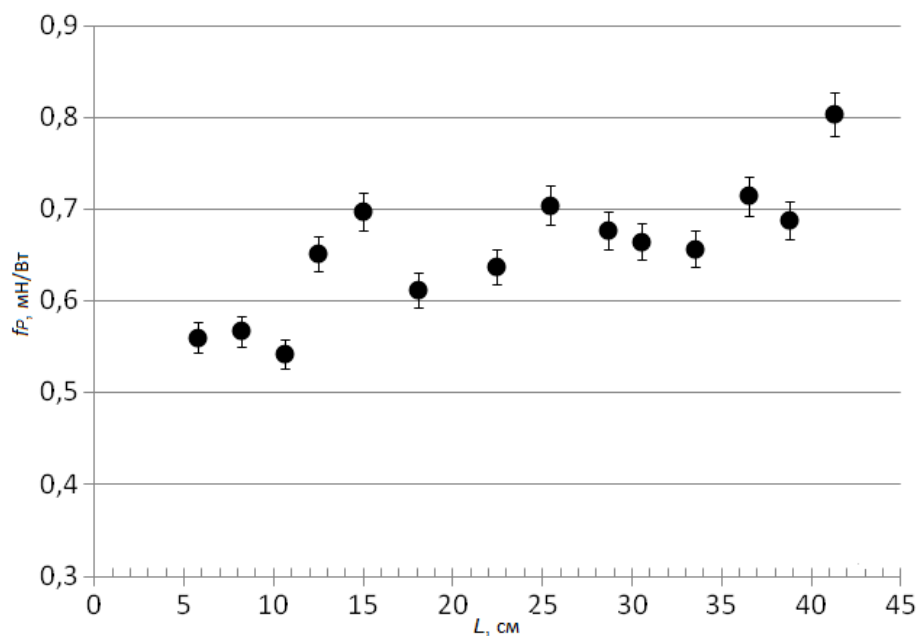


Рисунок 2. Зависимость удельной тяги по мощности от длины внешних электродов

Литература

1. Benard N., Moreau E. // 6th AIAA Flow Control Conference, 2012, 3136.
2. Moralev I., Boytsov S., Kazansky P., Bityurin V. // Exp. Fluids, 2014, 55:1747.
3. Budovsky A.D., Zanin B.Yu., Zverkov I.D. at al. // 14th ICMAR, 2008.