

ВЛИЯНИЕ ШУМА ВИНТА НА ПОКАЗАНИЯ МИКРОФОНОВ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ ОТРЫВНОГО ТЕЧЕНИЯ В ЛЕТНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

П. А. Поливанов, В.В. Маркин, А.А. Сидоренко
*ИТПМ им. С.А. Христиановича СО РАН, Новосибирск,
polivanov@itam.nsc.ru*

Малые беспилотные летательные аппараты (БПЛА) часто совершают полеты в условиях турбулентной атмосферы. Для этих условий характерно наличие резких порывов ветра, что, с учетом небольших скоростей полета (10-30 м/с), может приводить к выходу БПЛА на закритические углы атаки [1]. В связи с этим, вопрос обнаружения отрыва потока на БПЛА по показаниям каких-либо датчиков приобретает большое значение. В работах [2, 3] были исследованы вопросы применимости микрофонов для определения отрыва течения на малом БПЛА в аэродинамической трубе. В работе [3] было показано, что акустический шум, генерируемый винтом [4], может существенно затруднить процесс детектирования отрывного течения по показаниям нестационарных датчиков. Целью этой работы является разработка методики позволяющей определять отрыв потока по показаниям микрофонов с учетом влияния шума винта в полете.



Рис. 1. Фотография БПЛА

Исследования выполнялись на БПЛА ZOHД Nano Talon Evo (рис. 1). Для сбора данных телеметрии полета и управления БПЛА использовался полетный контроллер miniPix Radiolink. Данные с нестационарных датчиков давления записывались на плату Teensy 4.1. В крыло БПЛА были встроены 2 датчика давления и 5 микрофонных датчиков. Датчики давления были расположены на расстоянии $X/b = 0.53$ от передней кромки крыла, и $Z/L = \pm 0.25$ относительно плоскости симметрии. Микрофоны располагались при $X/b = 0.54$ и $Z/L = \pm 0.19, \pm 0.167, 0.025$.

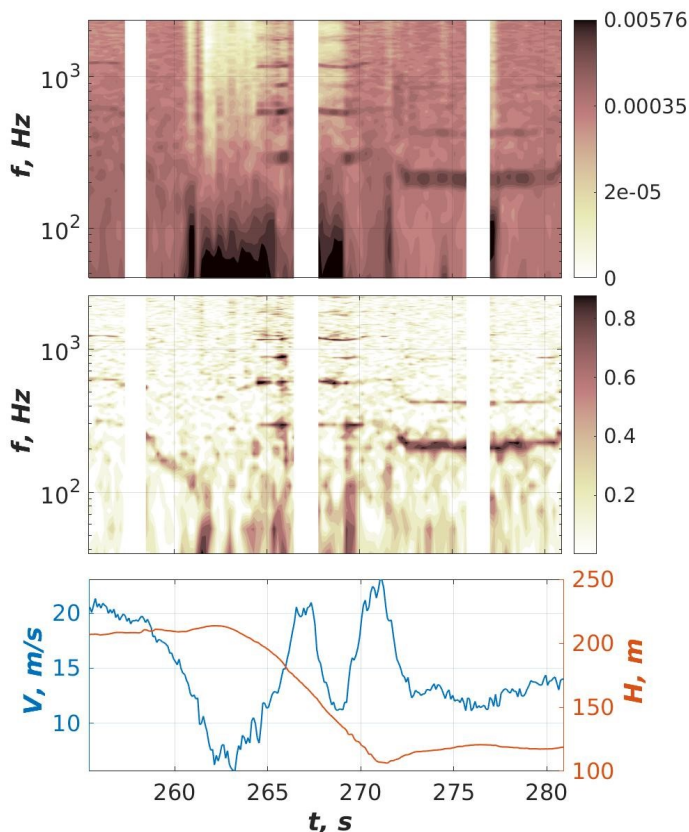


Рис. 2. Пример спектрограммы пульсаций давления (сверху), уровня когерентности сигнала между двумя микрофонами (посередине) и изменения воздушной скорости и высоты полета (снизу)

На рисунке 2 демонстрируются данные полученные при входе и выходе из штопора. На верхней части графика можно найти спектрограмму пульсаций давления полученных микрофонным датчиком. Спектральные данные нормировались на среднеквадратичную величину пульсаций. Средняя часть рисунка отображает изменение уровня когерентности сигнала между двумя близкорасположенными микрофонами ($\Delta Z/L = 0.023$). Нижняя часть рисунка 2 представляет данные о воздушной скорости и барометрической высоте полета БПЛА. Разрыв данных, наблюдаемый на рисунке, обусловлен необходимостью периодического сохранения данных в полете. Вход в штопор осуществлялся постепенным увеличением угла тангажа при выключенном двигателе ($t = 258 - 262.5$ с), что сопровождалось падением скорости. В диапазоне времен $t = 262.5 - 271.5$ с БПЛА находился в штопоре, что хорошо видно по падению высоты, после чего летательный аппарат возвращается в горизонтальный полет. Перед входом в штопор ($t = 260$ с) на спектрограмме видно появление низкочастотных осцилляций ($f < 130$ Гц). В работах [2, 3] было показано, что причиной низкочастотных пульсаций является отрыв потока. Для выхода из штопора был включен двигатель, что привело к появлению пиков пульсаций на частотах кратных частоте вращения пропеллера ($t > 265$ с, $f = 300, 600, 900, \dots$ Гц). В момент времени $t = 265 - 266.5$ с на спектрограмме наблюдается падение амплитуды низкочастотных пульсаций. Причиной этого является не исчезновение отрывного течения, а особенности нормировки спектров. Шум винтов приводит к росту среднеквадратичной величины пульсаций, что сопровождается падением относительного уровня пульсаций в низкочастотной области. При этом на спектрах когерентности по прежнему наблюдается высокая согласованность сигналов в низкочастотной области ($f < 130$ Гц), что свидетельствует о наличии отрывного течения [3].

В процессе поиска оптимальных способов детекции отрывного течения в работе были рассмотрены различные способы нормировки и фильтрации данных, в том числе с использованием данных о когерентности сигналов.

Работа поддержана грантом РНФ 20-49-08006 и выполнена с использованием оборудования ЦКП «Механика» (ИТПМ СО РАН).

Литература

1. Williams D, Quach V, Kerstens W, et al. Low-Reynolds number wing response to an oscillating freestream with and without feed forward control. AIAA Pap. 2009-143. doi: 10.2514/6.2009-143
2. Polivanov P.A., Sidorenko A.A. Determining the flow separation near a small UAV by unsteady pressure sensors. Journal of Physics: Conference Series: 6 All-Russian Conference on Thermophysics and Physical Hydrodynamics, Vol.2057, No.1, 2021. -012008(7)
3. Поливанов П.А., Сидоренко А.А. Проблемы обнаружения отрыва потока датчиками давления на беспилотных летательных аппаратах с пропеллером. Письма в Журнал технической физики, Т.48, N.3. 2022, С. 40-43. DOI: 10.21883/PJTF.2022.03.51982.18946
4. Cambray A, Pang E, Showkat Ali SA, et al.8) Investigation towards a better understanding of noise generation from UAV propellers, AIAA/CEAS Aeroacoustics Conf, 2018. doi: 10.2514/6.2018-3450