

Регистрация аэродинамических параметров возмущений среды при движении объекта

Картуков А.В., Меркишин Г.В.* , Назаров А.Н. , Никитин Д.А.*****

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ, Волоколамское шоссе, 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993, Россия

**e-mail: merkishingv@rambler.ru*

***e-mail: prapor068@gmail.com*

****e-mail: dimka1293@mail.ru*

Аннотация

Статья посвящена проблеме регистрации аэродинамических характеристик в режиме реального времени. Существующие методы исследования не позволяют быстро регистрировать быстрое изменение параметров и колебаний неоднородностей в воздушной среде и дают усредненную в некотором отрезке времени картину. Представленная система позволяет проводить анализ проходящих колебаний давления в воздушной среде, возникающих под влиянием движущегося объекта, оценивать их амплитуду и частоту, длительность переходного процесса и может быть полезной при исследовании аэродинамических характеристик объектов различной формы.

Ключевые слова: анализ атмосферы, лазер, четырёхоконный фотоприёмник, аналого-цифровой преобразователь.

Введение

В ряде технических задач, связанных с движением объекта в воздушной среде, возникает потребность в информации о состоянии среды непосредственно за движущимся объектом[1]. Например, при взлете большого самолета необходимо знать время, в течение которого существует турбулентность после пролета самолета, чтобы наложить ограничения на временной интервал между взлетами самолетов. Для посадки самолетов и вертолетов необходимо оценить размеры воздушной подушки для выработки требований по минимальной высоте пролета над имеющимися зданиями и сооружениями в зоне подхода. Важным также является наличие турбулентности в операциях по дозаправке самолета в воздухе.

Блок-схема измерительной системы представлена на рис.1.

Измерение параметров среды за движущимся объектом

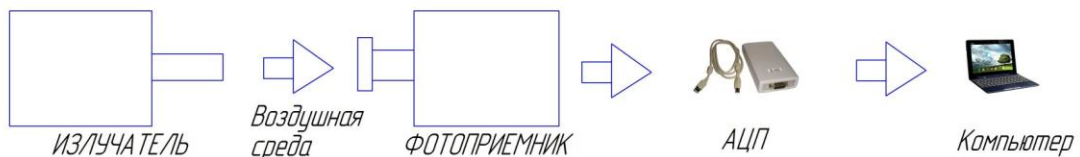
При движении в воздушной среде объект оставляет после себя возмущенную область, параметры которой в ряде случаев необходимо знать: спутный след самолета при дозаправке в воздухе, спутный след автомобиля, аэродинамическое сопротивление как объекта в целом, так и отдельных навесных предметов на нем и др.

Существующие методы исследования не позволяют регистрировать быстрое изменение параметров и колебаний неоднородностей в воздушной среде и дают усредненную в некотором отрезке времени картину[2].

Разработанная аппаратура дает возможность проводить регистрацию изменения плотности сред, возмущений за движущимся объектом в виде функции времени с разрешением менее 0.1 мс. Представлены угловые характеристики колебаний лазерного луча, проходящего через возмущенную среду после 4-х оконного преобразователя на квадратной фотоматрице[3].

Измерения выполнялись перпендикулярно трассе движущегося автомобиля типа “джип”, который пересекал лазерный луч на скоростях 20, 40, 60 км/ч. В результате образовывались вихри после проезда автомобиля, длительность которых составляла 15, 7.5, 5 мс соответственно. Данный метод позволяет оценивать численные характеристики возмущений среды и давления[4].

Структурная схема системы измерения:



Структурная схема фотоприемника

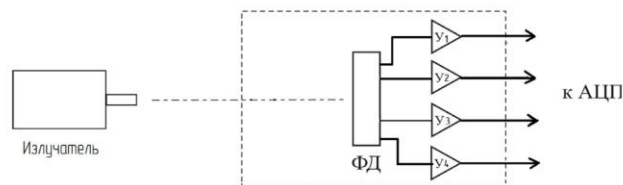


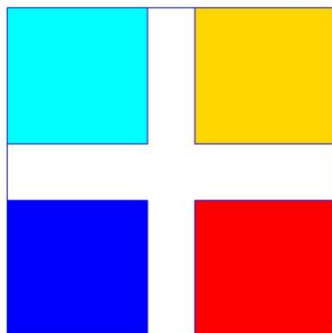
Рис.1 Блок-схема измерительной системы

Излучатель (лазерный диод) устанавливался на обочине автомобильной трассы и его луч направлялся перпендикулярно движению автомобилей на высоте 1 м. С другой стороны трассы располагался фотоприемник. Выходные сигналы фотоприемника через аналого-цифровой преобразователь подавались в компьютер, где проходила их регистрация и обработка. После пересечения луча автомобилем возникающие турбулентность и неоднородности в воздушной среде вызывали рефракцию луча и его движение по апертуре четырехоконного фотоприемника. По соотношению уровней сигнала в фотоприемных окнах определялось текущее положение луча. В качестве автомобилей использовались седан (Шкода Октавия) и джип (Рено Дастер) (рис. 2). На рис. 3 показаны зависимости уровней сигналов на выходе четырех фотоприемных окон (каждое окно имеет свой цвет) в виде функций времени. Можно выделить три характерных участка на приведенных зависимостях. Начальный участок кривых соответствует записи сигналов до момента пересечения автомобилем трассы луча (рис.4). Колебания луча связаны с действием естественных движений воздуха и его турбулентностью[5]. Далее движущийся автомобиль перекрывает луч, и на границах этого участка возникают характерные импульсы, обусловленные перезарядом переходных емкостей схемы фотоприемника[6]. После того, как автомобиль перестает перекрывать луч, возникают его интенсивные колебания, движения по апертуре фотоприемника (рис.5). Они обусловлены образованием вихрей, которые вначале двигаются вслед за автомобилем и постепенно затухают[7] (рис.6). По временной шкале на

горизонтальной оси можно оценить длительность процесса затухания переходного процесса и время перехода к уровню исходных (до пересечения луча) колебаний. Расстояние между метками на горизонтальной оси равно 10 мс.



Рис. 2 Схема эксперимента на трассе



	Джип
20 км/ч	Сразу после перекрытия луч отклоняется вправо-вниз, задев левый нижний угол и продолжает затухание в правом верхнем углу.
40 км/ч	После перекрытия луч "скачет" по левому нижнему и правому верхнему каналу. Далее идет затухание, колебания в правом верхнем канале.
60 км/ч	Луч после перекрытия сразу отклоняется в правый верхний угол. В нем происходит дальнейшее затухание.
	Седан
20 км/ч	Луч после перекрытия отклонился в правый верхний угол. Там происходит дальнейшее затухание.
40 км/ч	Луч после перекрытия отклонился в правый верхний угол. В нем происходят дальнейшие колебания, вплоть до конца затухания.
60 км/ч	Луч после перекрытия "прыгает" по левому нижнему и правому верхнему каналам. Так же происходит затухание в этих каналах.

Рис.3 Соответствие цвет-канал

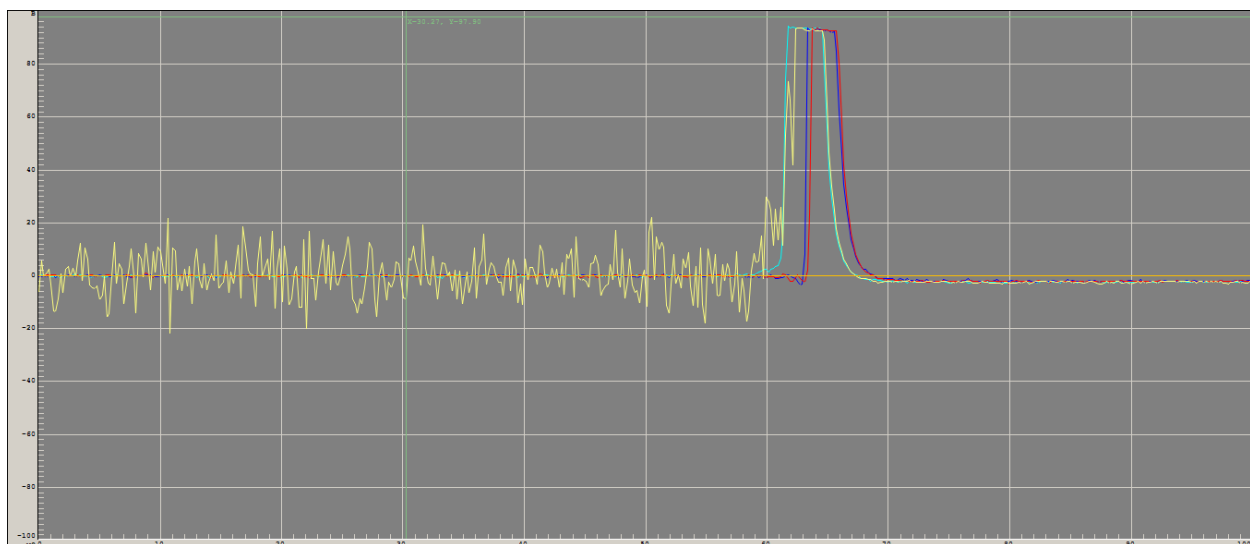


Рис. 4 Запись сигнала до момента пересечения автомобилем трассы луча

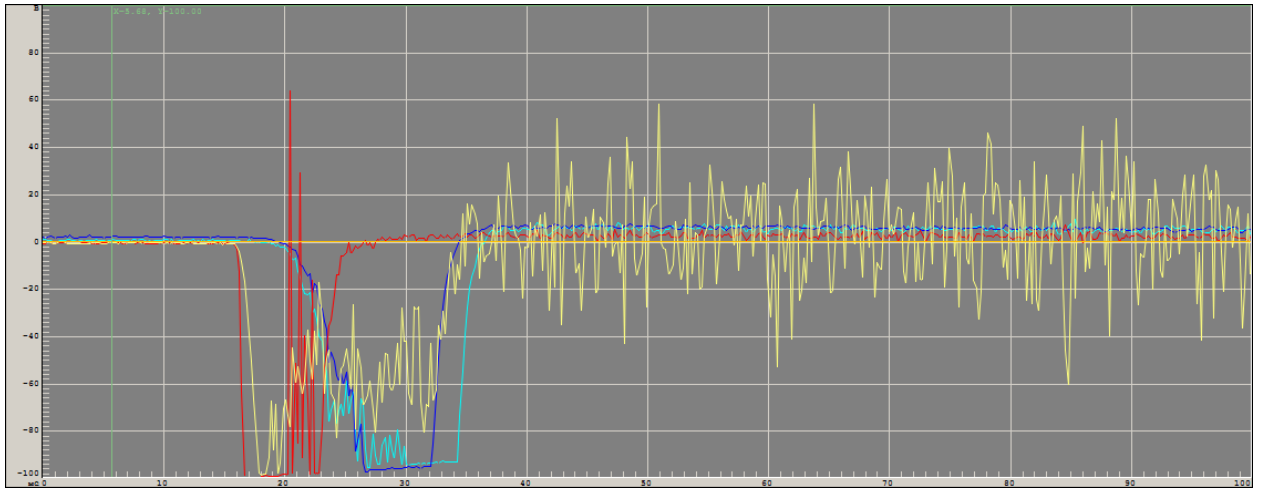


Рис.5 Сигнал после проезда автомобилем трассы луча

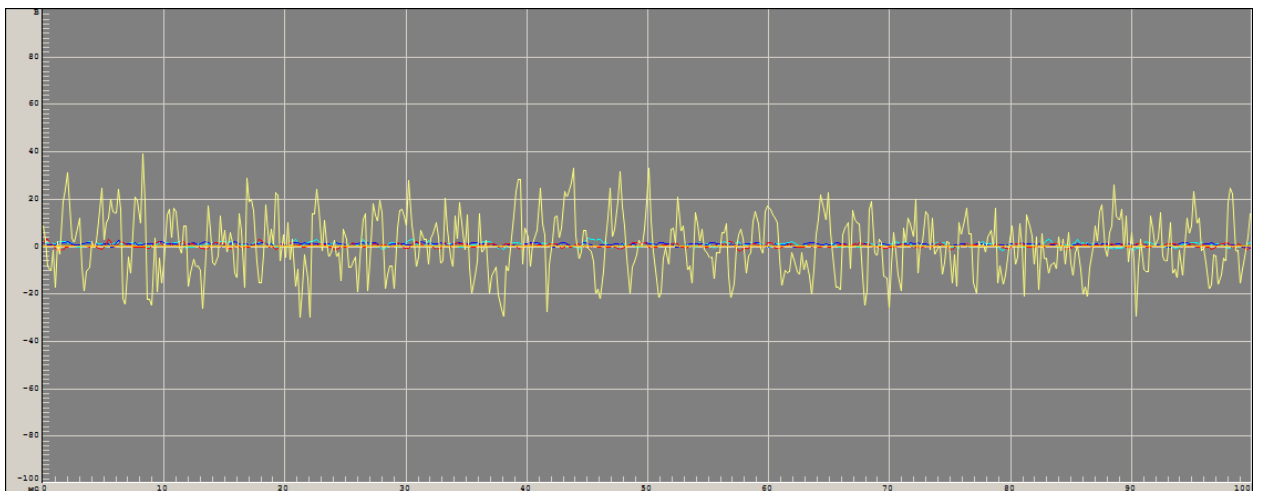


Рис.6 Затухание сигнала

Заключение

Из анализа приведенных графиков видно, что вначале (до перекрытия луча автомобилем) луч находится в области желтого окна и движется под влиянием естественных турбулентностей атмосферы. Скорость ветра составляла примерно 5 м/с.

В момент перекрытия луча наблюдаются сильные импульсы положительной и отрицательной полярности, обусловленные процессами перезаряда переходных емкостей схемы. После окончания перекрытия луч отклоняется в сторону областей с большим давлением и совершает колебания в районе красного, синего и зеленого окон. Примерно через двадцать мс луч возвращается в область желтого окна и совершает колебания с уменьшающейся амплитудой до уровня, существовавшего до перекрытия луча.

Представленная система позволяет проводить анализ проходящих колебаний давления в воздушной среде, возникающих под влиянием движущегося объекта, оценивать их амплитуду и частоту, длительность переходного процесса и может быть полезной при исследовании аэродинамических характеристик объектов различной формы.

Библиографический список

1. Статистические методы анализа безопасности сложных технических систем / Под редакцией В.П. Соколова. – М.: Логос, 2001. – 232 с.
2. Козинцев В.И. и др. Оптико-электронные системы экологического мониторинга природной среды. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с.

3. Меркишин Г.В. Многооконные оптико-электронные датчики линейных размеров. - М.: Радио и связь, 1985. – 186 с.
4. Картуков А. В., Меркишин Г. В., Репин А. И., Сушко С. В. Исследование методов применения лазерного излучения для анализа параметров топлива поршневых двигателей // Труды МАИ, 2012, №57: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=31096>
5. Зуев. В.Е. Оптика атмосферного аэрозоля. - Л.: Гидрометиздат, 1989.- 254 с.
6. Павлов П.В., Горюнов А.Е. Аппаратно-программный комплекс неразрушающего контроля авиационных деталей // Труды МАИ, 2015, №80: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=57019>
7. Ребров С.Г., Голиков А.Н., Голубев В.А., Молчанов А.М., Яхина Г.Р. Численное моделирование процесса смесеобразования в модельной камере сгорания с лазерным зажиганием при работе на компонентах кислород-водород, кислород-метан // Труды МАИ, 2013, №69: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=43154>