



УДК 548.0:535.0.122

Н.М. Скорнякова¹, С.И. Иншаков², А.Ю. Поройков¹, Д.Г. Сычѐв¹.

¹ – Национальный Исследовательский Университет «МЭИ», Россия, 111250 Москва, улица Красноказарменная 17, E-mail: nmskorn@mail.ru; sychdmitrij@yandex.ru

² – Государственный научный центр ФГУП «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского», Россия, 140180 Жуковский, Московская область улица Жуковского 1

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНО СГЕНЕРИРОВАННОГО ВИХРЯ ТЕНЕВЫМ ФОНОВЫМ МЕТОДОМ

АННОТАЦИЯ

Проведено лабораторное тестирование применимости теневого фонового метода в аэродинамическом эксперименте. В качестве тест-объекта был взят тороидальный воздушный вихрь, создаваемый поршневым генератором. Вихрь регистрировался непосредственно на выходе из генератора. Для улучшения качества визуализации воздух внутри генератора подогревался горением ацетона, а фоновый экран для теневого фонового метода подсвечивался светодиодным прожектором. Для подтверждения результатов использовался сдвиговый интерферометр ИТ-228. Сравнение полученных результатов показывает возможность использования теневого фонового метода для визуализации оптических неоднородностей течения.

**ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ, ТЕНЕВОЙ ФОНОВЫЙ МЕТОД,
ВОЗДУШНЫЕ ВИХРИ**

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время оптические методы диагностики набирают все большую популярность. Наглядность, бесконтактность, точность – все это делает оптические методы диагностики весьма привлекательными для использования в различных технических и энергетических задачах.

Аэродинамика и гидродинамика, процессы теплообмена, прочностные эксперименты – этот список можно продолжать достаточно долго. Развитие любой области сопряжено с обнаружением и последующим поиском способов устранения найденных проблем. И далеко не всегда то или иное явление заметно без предварительной обработки. Исходя из вышесказанного, ответ на вопрос, почему же оптические методы все больше набирают популярность, очевиден, сколь очевидна величина потенциального диапазона их применимости.

Данный доклад посвящен одному из оптических методов визуализации, а именно теневому фоновому методу [1] и его применимости в аэродинамическом эксперименте. Эксперимент проводился на базе московского филиала ЦАГИ.

ЭКСПЕРИМЕНТ

В качестве исследуемого объекта был выбран тороидальный воздушный вихрь. Изучение данного явления представляет определенный интерес при решении некоторых аэродинамических задач. К примеру, известно о возникновении тороидального вихря при посадке вертолетов. Поток воздуха, который движется через винт, заворачивается наружу, далее поднимается вверх и, затягиваясь вовнутрь, снова идет через винт. Подобная циркуляция воздуха может привести к катастрофической потере высоты вертолета и создает возможность его крушения, что говорит об актуальности изучения подобных воздушных вихрей.

Суть эксперимента заключалась в визуализации тороидального воздушного вихря теневым фоновым методом. Для контроля полученных результатов использовался сдвиговой интерферометр ИТ-228 [2]. На рис. 1 и 2 представлены фотографии с эксперимента, на которых изображена экспериментальная установка.



Рис. 1. Часть экспериментальной установки с реализацией теневого фонового метода



Рис. 2. Часть экспериментальной установки с реализацией интерферометра для контроля измерений

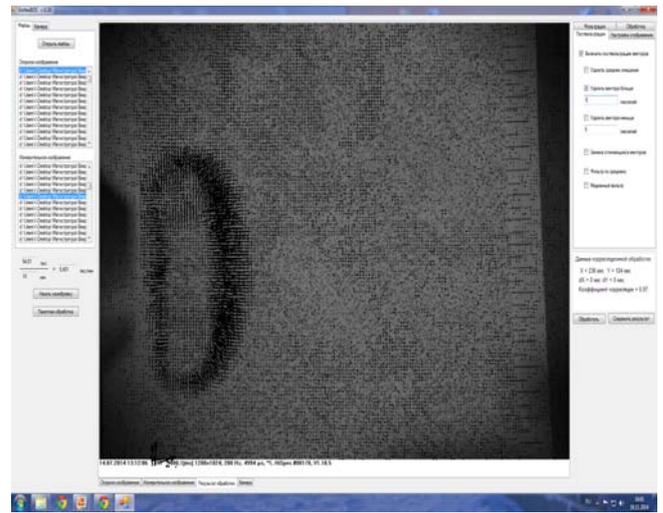
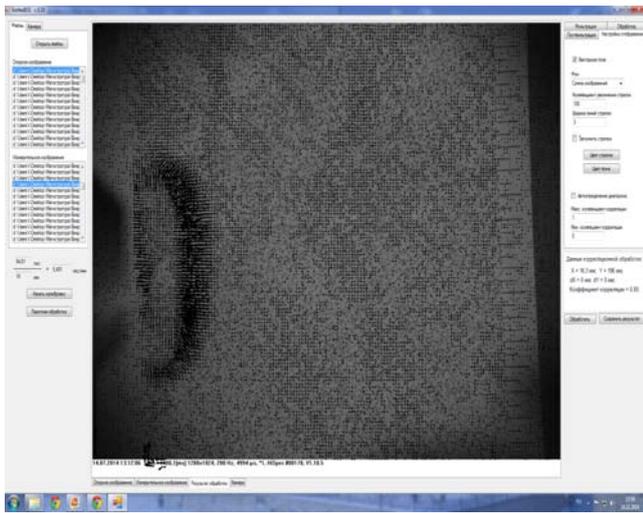
Поле зрения видеокамеры для теневого фонового метода и интерферометра находились рядом и под углом друг к другу. Регистрировался тороидальный вихрь непосредственно на выходе из генератора. Фоновый экран для теневого фонового метода и зеркало для интерферометра располагались в одной плоскости. Для получения наилучшего контраста фоновый экран дополнительно подсвечивался.

Так как исследуемый процесс протекал достаточно быстро, для регистрации изображений использовалась высокоскоростная камера модели Fastec HiSpec 1 с частотой 500 или 1000 кадров в секунду и разрешением 1280×1024 пикселя. Поле зрения составило 220×175 мм.

Для получения более качественных результатов подогревался горением ацетона перед запуском до температуры около 50°C при температуре окружающей среды в 23°C .

РЕЗУЛЬТАТЫ

С помощью вышеописанной установки удалось получить картины зарождения и распространения воздушного тороидального вихря. По нормировочной линейке, расположенной в правой части фонового экрана можно оценить его размеры. Цена деления – 5 мм. Результат визуализации представлен на рис. 3.



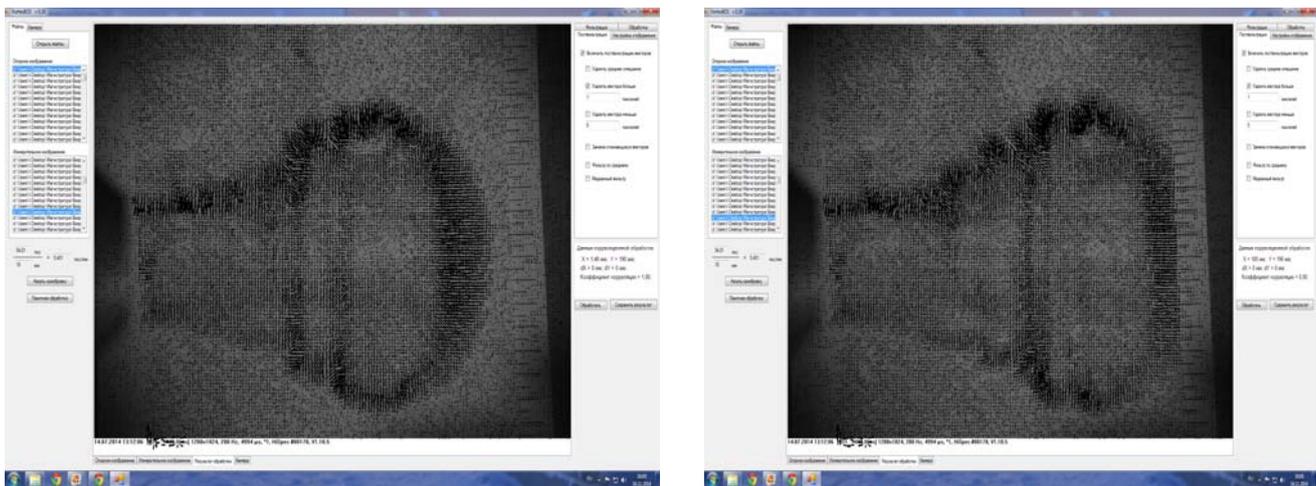


Рис. 3. Результаты обработки картин ТФМ

Данный вихрь визуализировался также при помощи сдвигового интерферометра ИТ-228, изображение которого представлено на рисунке 2, схема – на рисунке 4.

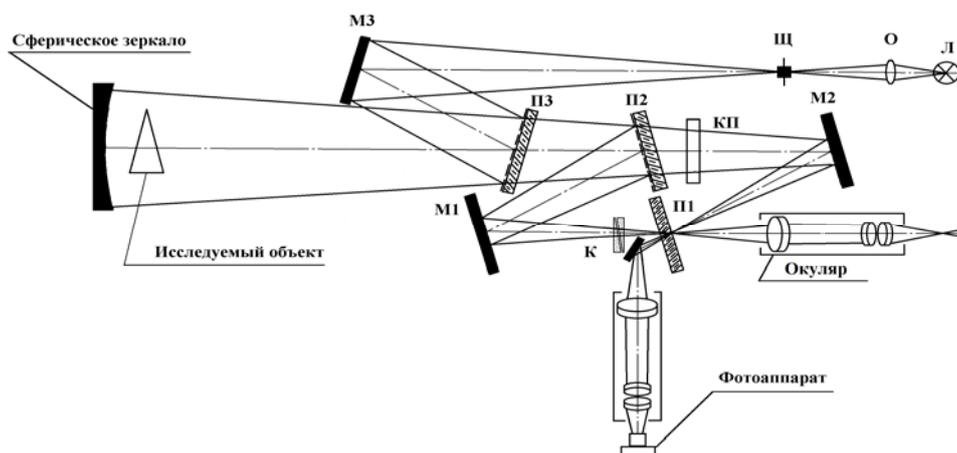
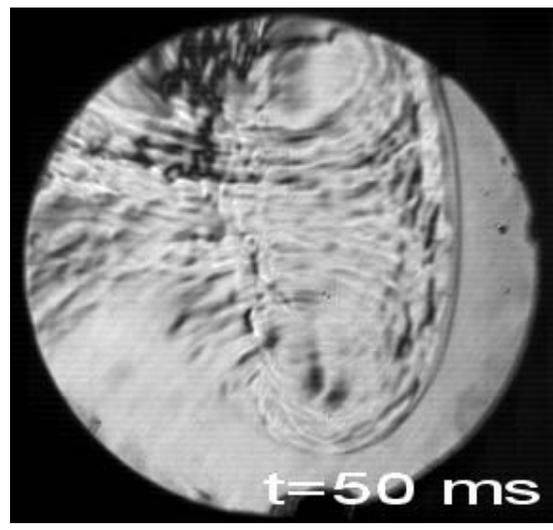
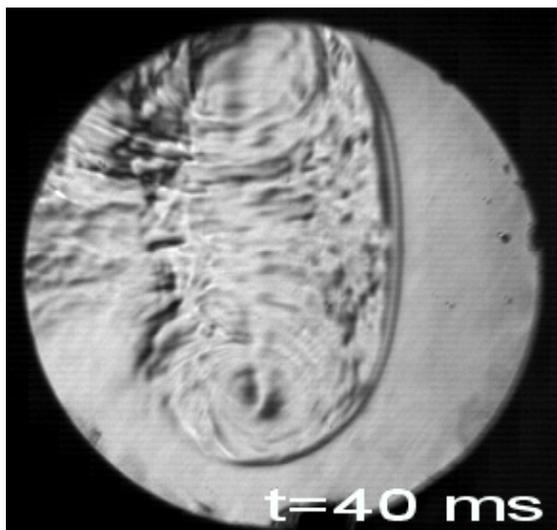
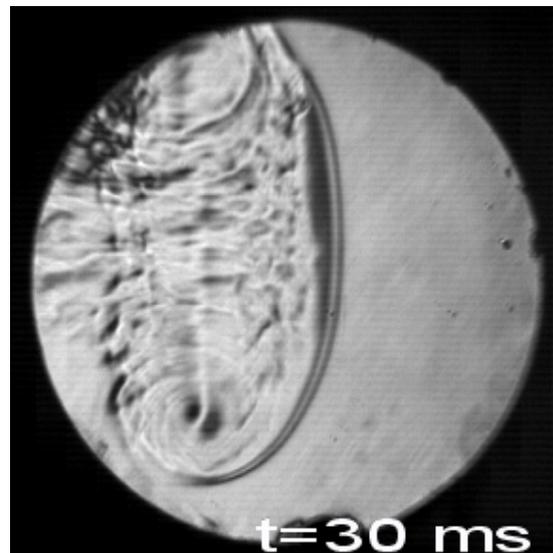
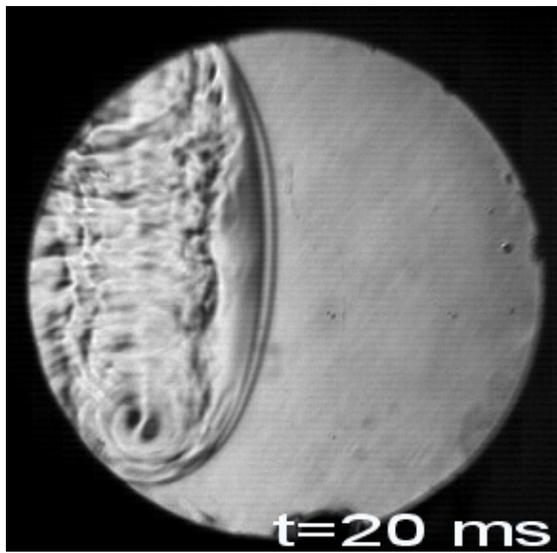
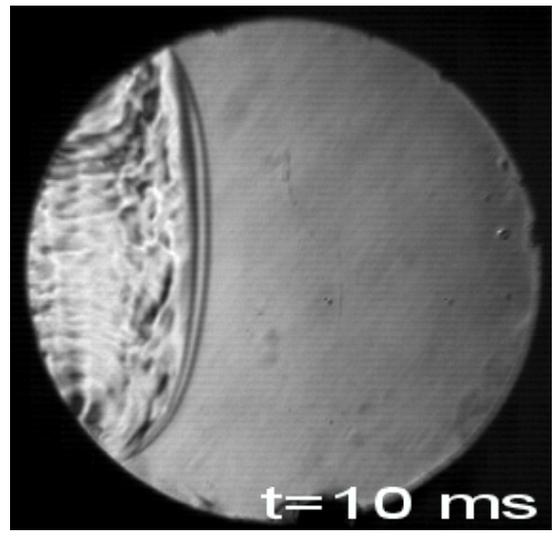
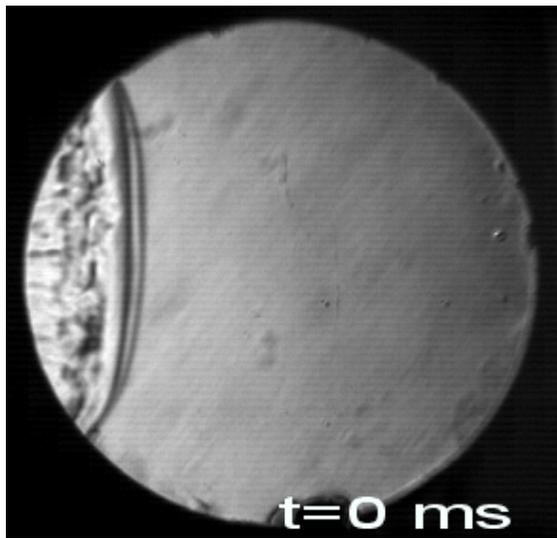


Рис. 4. Оптическая схема сдвигового интерферометра ИТ-228 [2]

Поле зрения интерферометра такого типа определяется размерами сферического зеркала. Результаты визуализации представлены на рисунке 5.



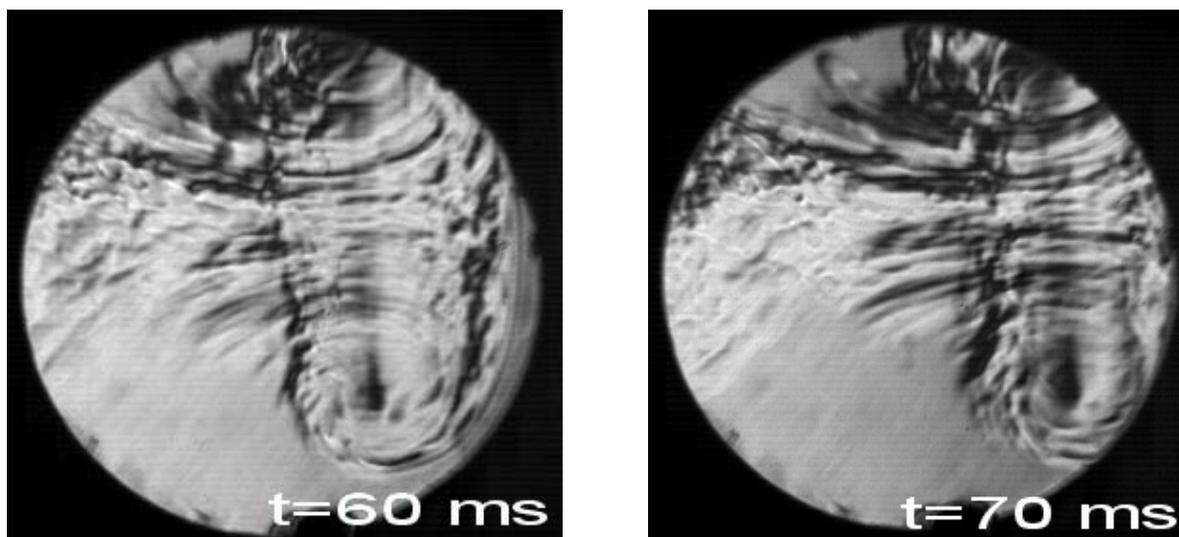


Рис. 5. Последовательные визуализации прохождения тороидального вихря около сферического зеркала, метод сдвиговой интерферометрии

Сравнение с результатами, полученными с помощью интерферометра, показывает, что теневой фонный метод достаточно надёжно визуализирует основные элементы тороидального вихря, в частности, непосредственно его внешнюю поверхность и след. С учётом того, что поле визуализации теневым фонным методом определяется лишь полем зрения регистрирующей аппаратуры, теневой фонный метод является весьма перспективным для использования в больших аэродинамических трубах для визуализации оптических неоднородностей течения в пределах нескольких метров при обтекании испытуемых моделей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования выполнялось лабораторное тестирование применимости теневого фонного метода в аэродинамическом эксперименте. Для подтверждения результатов использовался метод сдвиговой интерферометрии. Исследуемый вихрь регистрировался непосредственно на выходе из генератора. Для получения наилучшего контраста фонный экран для теневого фонного метода подсвечивался светодиодным прожектором.

Из сравнения результатов, полученных при помощи теневого фонного метода и сдвигового интерферометра, можно сказать, что теневой фонный метод достаточно надёжно визуализирует вихрь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Скорнякова Н.М.** Теневой фонный метод и его применения / В кн. Современные оптические методы исследования потоков: Коллективная монография. Под ред. Б.С. Ринкевичюса. М. Оверлей 2011. С. 93-107.
2. **Иншаков С.И.** Визуализация структуры газовых потоков теневыми и интерференционными методами.// Вестник Самарского Государственного Аэрокосмического Университета им. С.П. Королёва №2 (13), 2007г., С. 108-113

N.M. Skornyakova¹, S.I. Inshakov², A.U. Poroykov¹, D.G. Sychev¹.

¹ – National Research University «MPEI», Russian Federation, 111250 Moscow, Krasnokazarmennaya st., 17. E-mail: nmskorn@mail.ru; sychdmitrij@yandex.ru.

² – TsAGI Zhukovsky, Russian Federation, 140180 Moscow Region, Zhukovsky, Zhukovsky st., 1

VISUALIZATION LABORATORY- GENERATED VORTEX BY BACKGROUND ORIENTED SCHLIEREN METHOD

Laboratory testing the applicability of background oriented schlieren method in aerodynamic experiments is accomplished. As a test-object was considered toroidal air vortex created by plunger generator. The vortex was recorded directly at the outlet of the generator. Air inside the generator is heated by combustion of acetone to improve the quality of visualization. Background for BOS-method was illuminated led spotlight. To confirm the results were used shift-interferometer IT-228. Comparison of the obtained results shows the possibility using the BOS-method for visualization optical inhomogeneities of the flow.

OPTICAL VISUALIZATION, BACKGROUND ORIENTED SCHLIEREN METHOD, AIR VORTICES.