

- При увеличении нагрузки время отдачи контента возрастает. Это связано с тем, что запросы не успевают обрабатываться сразу, а помещаются в буфер очереди.
- При увеличении количества одновременных запросов на различные виды выдаваемой информации загрузка процессора увеличивается, за счет этого время обработки динамических страниц становится выше по сравнению со статическими.
- Среднее время ответа сервера зависит от создаваемой нагрузки, но также сильное влияние на производительность оказывают параллельные фоновые процессы на сервере, которые могут существенно повлиять на результаты проведенных испытаний.

Заключение

На сегодняшний день стоимость имеющихся систем нагрузочного тестирования аппаратных и программных средств облачных web-приложений крайне высока, либо это системы не в состоянии создать достаточной нагрузки. На этапе разработки сайта это приводит к тому, что разработчики не имеют инструмента, который указал бы им на необходимость и проверку возможностей оптимизации используемого кода. На этапе последующей эксплуатации в период увеличения посетителей сайта у него увеличивается время отклика, или даже происходит превышение времени допустимого ответа ТСП/НТТР протоколов. Это приводит к тому, что посетители сайта не могут получить необходимую информацию либо произвести действия по формированию заказа, что, в конечном счете, приводит к репутационным и реальным финансовым убыткам предприятия.

Итогами данной работы явилось создание прототипа системы нагрузочного тестирования аппаратных и программных платформ. Разработанная система обладает такими функциями, как открытость и доступность, масштабируемость (для увеличения нагрузки необходимо увеличить количество станций СГА) и модульность. Созданный комплекс рассматривается не только как система нагрузочного тестирования web-приложений, но и как система тестирования платформ, предназначенных для обработки запросов иного вида (SQL, SMB, RPPoE и т. п.).

УДК 669.045

А. А. Гусаков, В. Ю. Митяков, С. А. Можайский

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет», г. Санкт-Петербург, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ И ТЕПЛООБМЕНА ЦИЛИНДРА С ПОМОЩЬЮ PIV-ДИАГНОСТИКИ И ГРАДИЕНТНОЙ ТЕПЛОМЕТРИИ

Аннотация

Современная энергетическая техника широко применяет теплообменные устройства различного назначения. Наиболее распространенными являются теплообменники, элементом которых является круглый цилиндр.

Процесс обтекания и теплоотдачи нагретого цилиндра в значительной мере зависит от числа Рейнольдса, степени турбулентности потока, теплообмена и других факторов.

Появление градиентных датчиков теплового потока (ГДТП) позволило совместить исследование течения и теплообмена в одном эксперименте.

Предложен новый метод исследования течения и теплообмена, основанный на совместном использовании PIV-диагностики и градиентной теплометрии. Одновременное использование измерительного комплекса ПОЛИС и градиентных датчиков теплового потока позволяют отслеживать изменения коэффициента теплоотдачи при изменении скорости и турбулентности потока. Представлены результаты экспериментальных исследований полей скорости и изменения местного теплового потока при поперечном обтекании нагретого цилиндра потоком воздуха. Обсуждаются достоинства и недостатки предложенного метода.

Ключевые слова: анемометрия частиц, градиентная теплометрия, аэродинамика

Abstract

A new method for fluid dynamics and heat transfer investigation, based on the combination of PIV and gradient heat flux measurement is proposed. Simultaneous using of PIV system POLIS and gradient heat flux sensor allows to detect the heat flux pulsation when the velocity changes. The first results of experimental studies of the velocity field and heat flux measurement of a circular cylinder in cross-flow.

Keywords: particle Image Velocimetry, gradient heat flux sensors, heat flux, fluid dynamics

Применяя новый метод исследования теплообмена, основанный на совместном использовании PIV-диагностики [1] и градиентной теплометрии [4], исследуем обтекание и теплообмен горячего цилиндра в потоке воздуха.

Метод PIV (Particle Image Velocimetry) основан на измерении скорости по изображению частиц. Для этого газовый поток засевают трассерами и лазерным лучом, разведенным в лазерный нож, подсвечивают трассеры двойными вспышками. Интервал между вспышками составляет несколько десятков миллисекунд и зависит от скорости потока. Цифровая видеокамера в момент вспышек фиксирует изображение трассеров. Программа Actual Flow обрабатывает изображения трассеров и строит поле скорости.

Действие ГДТП основано на поперечном эффекте Зеебека: при прохождении теплового потока через пластину с анизотропией теплофизических и термоэлектрических свойств возникает термоЭДС, нормальная вектору теплового потока и пропорциональная модулю теплового потока. Интересен тот факт, что при нестационарном тепловом воздействии термоЭДС формируется в поверхностном слое. Постоянная времени ГДТП составляет 10^{-9} – 10^{-8} с, что позволяет считать ГДТП практически безынерционным средством измерения для большинства процессов теплообмена. В эксперименте использовался ГДТП на основе монокристалла висмута, изготовленный в СПбГПУ.

Исследования проводились на аэродинамической трубе открытого типа с камерой Эйфеля и охладителем. Камера Эйфеля изготовлена из оптически прозрачного материала, что позволяет использовать PIV-технологии. Охладитель нужен для того, чтобы поддерживать постоянную температуру в ходе эксперимента. Труба работает в диапазоне скоростей 0,3–60 м/с и обеспечивает степень турбулентности потока, не превышающую 1–2 %.

В качестве модели использовался цилиндр диаметром 66 мм, выполненный из стального листа толщиной 0,1 мм. Цилиндр обогревается водяным насыщенным паром с температурой, близкой к 100 °С.

ГДТП, размещенный на поверхности цилиндра, имеет толщину 0,2 мм, размеры в плане 4x7 мм. Его вольт-ваттная чувствительность составляет 8,4 мВ/Вт. Цилиндр может проворачиваться вокруг оси с помощью электромеханического привода.

Опыт проводился при поперечном обтекании нагретого цилиндра потоком воздуха со скоростью 3 м/с и 6 м/с в аэродинамической трубе. Поток засеивался частицами с помощью дымогенератора; средний диаметр частиц составляет 2 мкм. Измерения проводились после достижения необходимой концентрации и равномерного распределения частиц. При этом цилиндр проворачивался, и положение закрепленного на его поверхности ГДТП менялось от 0 градусов в лобовой точке до 180 градусов в кормовой. За время поворота цилиндра синхронно произведено и зафиксировано 485 пар фотографий трассеров и сигналов ГДТП. На основании этих данных было получено поле скорости (рис. 1), на котором видна критическая точка отрыва пограничного слоя.

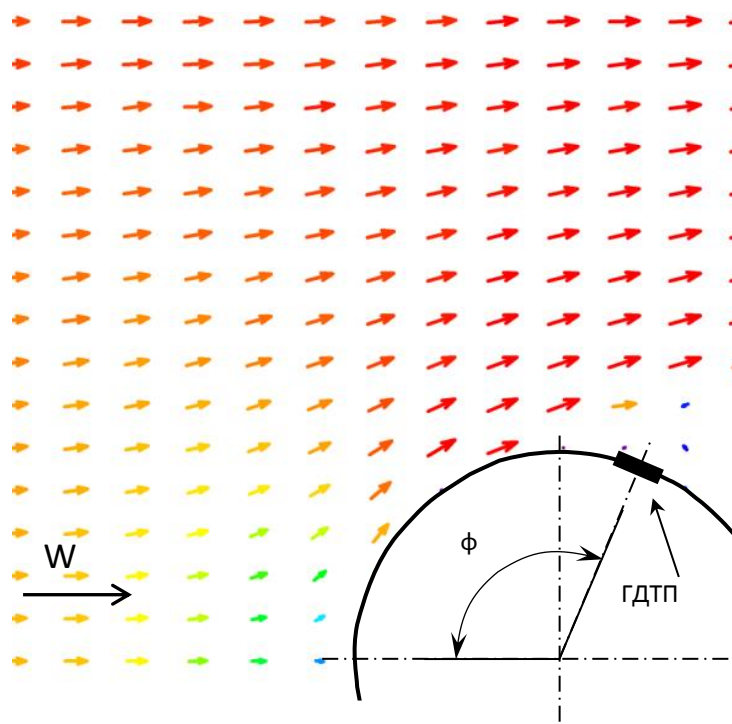


Рис. 1. Поле скорости на поверхности цилиндра и положение ГДТП при повороте цилиндра на угол ϕ

В результате эксперимента измерены местные плотности теплового потока на поверхности цилиндра от лобовой точки, соответствующей 0 градусов, и до кормовой точки, соответствующей 180 градусам при скорости 3 м/с и 6 м/с.

Построена зависимость $Nu(\phi)$ и, для сравнения, представлена экспериментальная кривая, которую получили Schmidt & Winner [5] (рис. 2). Подтверждено соответствие опыта классическим представлениям [6].

Нам удалось в режиме реального времени записать параметры течения и местную плотность теплового потока на поверхности нагретого цилиндра. Изменение локального теп-

лового потока на поверхности нагретого цилиндра соответствует классическому представлению.

Результаты первых опытов показали, что предложенный метод требует развития, его можно использовать в различных областях.

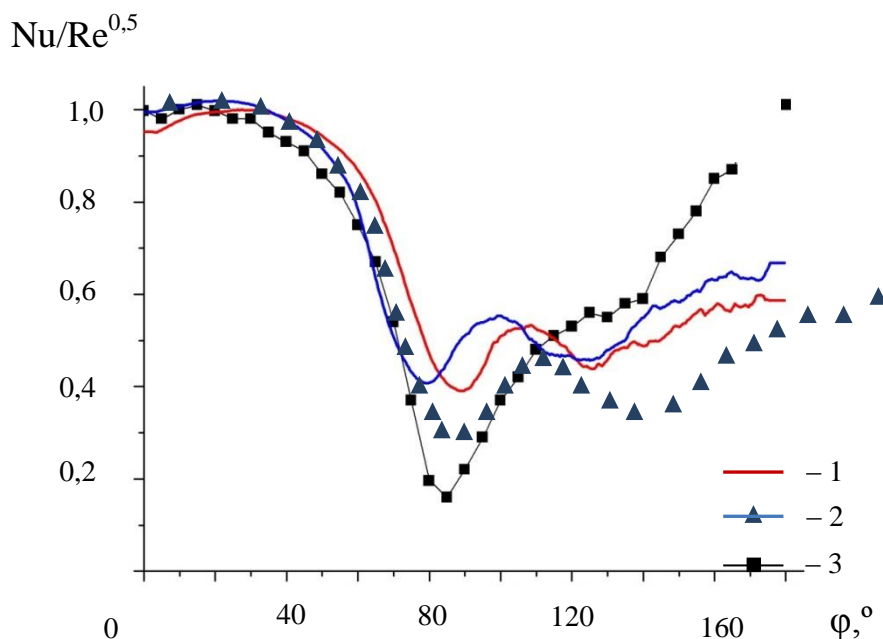


Рис. 2. Изменение числа Нуссельта в зависимости от угловой координаты φ :
 1 – данные авторов для $Re = 2,6 \cdot 10^4$; 2 – данные авторов для $Re = 1,8 \cdot 10^4$;
 3 – сравнительные данные Schmidt & Winner для $Re = 1,89 \cdot 10^4$

Список использованных источников

1. Маркович Д. М., Небучинов А. С., Гусаков А. А., Митяков А. В., Митяков В. Ю., Можайский С. А., Сапожников С. З. Возможности совместного применения PIV и градиентной теплотметрии // Оптические методы исследования потоков: XII Межд. науч-технич. конференция [Электронный ресурс]: труды конференции. – Электрон. дан.
2. «ПОЛИС» измеритель полей скорости [Электронный ресурс] / Институт теплофизики СО РАН, Новосибирск. – Режим доступа: <http://www/itp.nsc.ru/piv/piv.htm>.
3. Сапожников С. З., Митяков В. Ю., Митяков А. В. Градиентные датчики теплового потока. – СПб.: изд-во СПбГПУ, 2003. 168 с.
4. Сапожников С. З., Митяков В. Ю., Митяков А. В. Основы градиентной теплотметрии. – СПб.: изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 203.
5. Hajime Nakamura and Tamotsu Igarashi Unsteady heat transfer in separated flow behind a circular cylinder // Department of mechanical Engineering, National Defense Academy, 1-10-20 Hashirimizu, Yokosuka 239-8686, Japan.
6. Жукаускас А., Жюгжда И. Теплоотдача в ламинарном потоке жидкости. Вильнюс: Минтис, 1969. С. 266.