

УДК 621.45.01

Д.Ю. КОНОВАЛОВА, И.А. АТАДЖАНОВ, М.М. КУДИН

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ ЗОНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕКТОРА СКОРОСТИ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ГТД

Приведены результаты разработки и испытания зонда для измерения скорости со встроенным микрочипом. У зонда изменено положение боковых приёмных отверстий и выбраны новые безразмерные комплексы давлений, организована одновременная регистрация давлений в трубках, давления в приёмных отверстиях преобразуются в электрические импульсы переменной длительности, измерение и вычисление вектора скорости в реальном времени производит микрочип. Эти особенности позволили упростить процесс градуировки, применить для него методы планирования эксперимента, повысить точность и уменьшить объем обработки информации при измерениях.

Ключевые слова: многоканальный пневмоприёмник, потенциометрический датчик, одновибратор, микрочип, факторный план.

Введение

Несмотря на то, что пневмометрический способ измерения вектора скорости не нов и имеет свои существенные недостатки, он все ещё широко применяется при испытаниях ГТД, так как особенности более современных и точных методов затрудняют их применение в условиях эксплуатации двигателя. Так, например, лазерный доплеровский измеритель скорости [1] дорог и может использоваться только в специальных лабораториях, а термоанемометры нельзя использовать при больших скоростях потока. Интерес для практики представляет методика измерения вектора скорости неподвижным многоканальным зондом с предварительной градуировкой его в аэродинамической трубе. Она позволяет автоматизировать измерение вектора скорости с применением встроенного в зонд микрочипа.

1. Формулирование проблемы

При градуировке в аэродинамической трубе пятиканального зонда необходимо записать давления в его отверстиях и ресивере трубы для каждой комбинации углов установки при нескольких скоростях потока в трубе. Это требует длительной работы энергопотребляющего оборудования. В процессе измерения параметры потока в трубе не поддерживаются строго постоянными, что вносит дополнительную погрешность в результаты. При градуировке строится нелинейная поверхность отклика зонда, использовать которую при измерениях неудобно из-за громоздких формул, если измерения предполагается автоматизировать с применением 8-ми разрядного микроконтроллера.

2. Решение проблемы

Расположение приёмных отверстий и безразмерные комплексы давлений в них были выбраны таким образом, чтобы один из них (X1) линейно зависел только от угла тангажа а другой (X2) – от угла рыскания. На рис. 1 показано как изменилось расположение приёмных отверстий. При этом безразмерный комплекс давлений для определения угла тангажа (X1) изменился так:

$$X1 = \frac{P_2 - P_3}{D} \rightarrow X1 = \frac{P_5 + P_2}{2} - \frac{P_4 + P_3}{2}$$

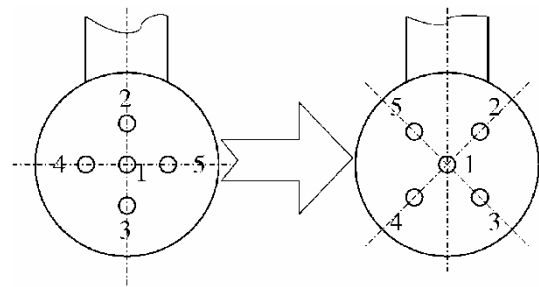


Рис. 1. Изменение расположения приёмных отверстий

На рис. 2 и 3 представлены диаграммы Парето для комплекса X1. На них видно, что для старого зонда статистически значимыми (при $\alpha = 0,01$, сплошная вертикальная линия) являются не только эффект тангажа, но и смешанные эффекты, в то время как для нового зонда – только эффект угла тангажа. Для комплекса X2 существенен только эффект угла рыскания для обоих зондов (рис. 4 и 5). Влия-

ние державки для старого зонда проявилось в нелинейности эффекта угла тангажа, показанной на рис. 6. Как видно из рис. 8 и 9 по углу рыскания и старый и новый зонд показали схожие результаты.

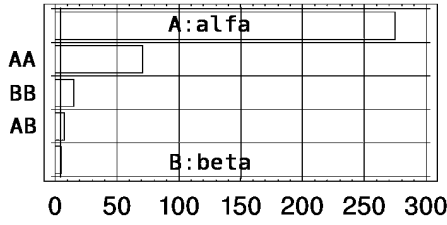


Рис. 2. Диаграмма Парето для параметра X1 старого зонда

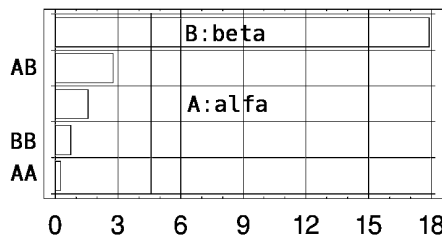


Рис. 3. Диаграмма Парето для параметра X1 нового зонда

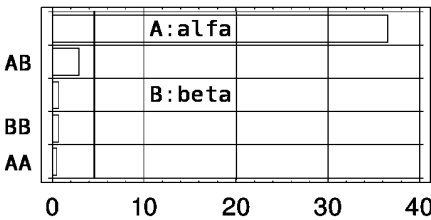


Рис. 4. Диаграмма Парето для параметра X2 старого зонда

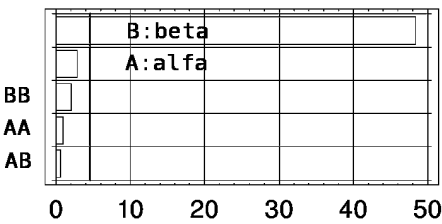


Рис. 5. Диаграмма Парето для параметра X2 нового зонда

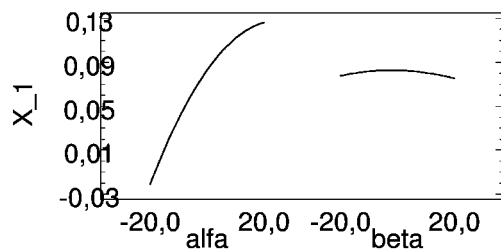


Рис. 6. Эффекты факторов для параметра X1 старого зонда

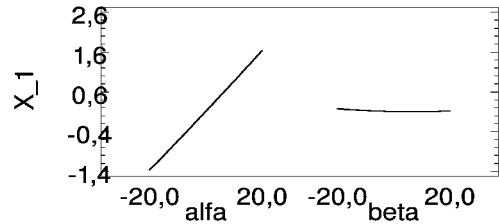


Рис. 7. Эффекты факторов для параметра X1 нового зонда

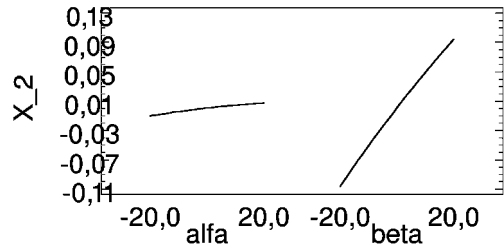


Рис. 8. Эффекты факторов для параметра X2 старого зонда

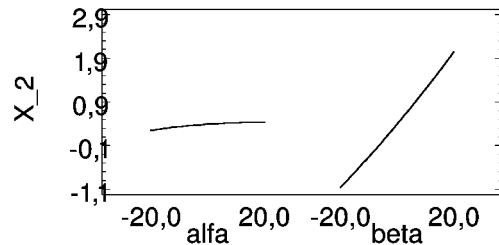


Рис. 9. Эффекты факторов для параметра X2 нового зонда

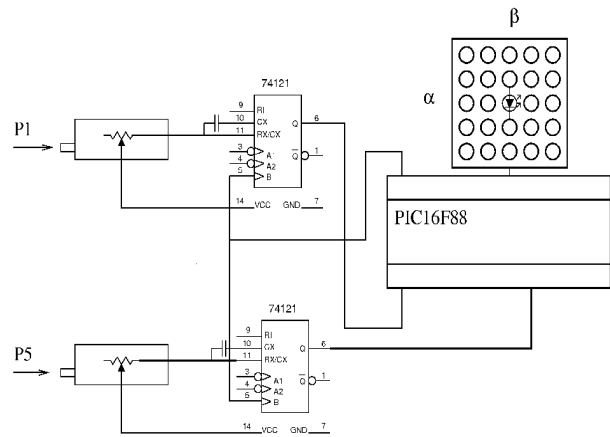


Рис. 10. Функциональная схема измерительной системы

Направление вектора скорости определяют два параметра (X1 и X2), каждый из которых почти линейно связан со своей компонентой угла потока. Для определения этих зависимостей применено планирование двухфакторного эксперимента с изменением каждого фактора на двух уровнях.

Для определения скорости важно, чтобы измерения давления производились одновременно. Была разработана измерительная система, работающая по принципу, изложенному в [2], в которой потенцио-

метрические датчики давления включены как времязадающие элементы одновибраторов. Величина давления при этом представлялась в виде длительности электрического импульса на выходе одновибратора. Один датчик занимал один бит информации. Это дало возможность объединить выходные сигналы датчиков в пятибитное слово, считываемое с выходов одновибраторов микрочипом.

Заключение

Разработан и опробован зонд для измерения вектора скорости воздушного потока со встроенным микрочипом. Выбор места расположения боковых отверстий зонда и соответствующих этому положению безразмерных комплексов давления позволил упростить градуировочные зависимости, сделать их линейными, что дало возможность использовать для

автоматизации измерений 8-ми разрядный микрочип. При градуировке это дало возможность применить планирование эксперимента, сократить время его проведения и повысить точность результатов.

Литература

1. *Современные лазерные доплеровские измерители скорости (Вопросы теории и практической реализации) / Г.А. Барило, Ю.Г. Ващенко и др. // Экспериментальные методы и аппаратура для исследования турбулентности. – Новосибирск, 1977. – С. 43-69.*

2. *Дубровский И.И. Устройство параллельного ввода аналоговой информации в микроЭВМ / И.И. Дубровский, Л.Н. Финякин, В.В. Кафаров // Микропроцессорные средства и системы. – 1986. – № 5. – С. 81-83.*

Поступила в редакцию 30.05.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедры В.П. Герасименко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Харьков.

МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ЗОНД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВЕКТОРУ ШВИДКОСТІ У ПРОТОЧНІЙ ЧАСТИНІ ГТД

Д.Ю. Коновалова, І.А. Атаджанов, М.М. Кудін

Надано результати розробки та випробування зонда для вимірювання вектору швидкості з вбудованим мікрочипом. У зонда змінено розташування бокових приймальних отворів та обрані нові безрозмірні комплекси тиску, організовано одночасну реєстрацію тиску в отворах, тиск у приймальних отворах перетворюється на електричні імпульси змінної тривалості, вимір та обчислення вектору швидкості у реальному часі виконує мікрочип. Ці особливості дозволили спростити процес градуїровки, застосувати методи планування експерименту а також підвищити точність та зменшити обсяг обробки інформації при вимірюванні.

Ключові слова: багатоканальний зонд, потенціометричний датчик, одновібратор, мікрочип, планування експерименту.

THE PROBE WITH EMBEDDED MICROCHIP FOR GAS TURBINE FLOW PASSAGE VELOCITY VECTOR MEASUREMENTS

D.U. Konovalova, I.A. Atajanov, M.M. Kudin

There are velocity probe with embedded microchip development and testing results. The holes positions were changed and new pressure coefficients were proposed, the simultaneous registration of pressure in holes was organized, pressure in the holes is converted to electrical pulses with variable duration, the measurement and computation of the velocity vector was produced by the built-in microchip in real time. All these features simplify calibration, permit to apply experimental design methods for achieve more accuracy with less amount of information's processing in the measurements.

Key words: multi-hole probe, resistive sensor, monostable, microchip, experimental design.

Коновалова Дарья Юрьевна – студентка 4 курса факультета авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Атаджанов Ибрагим Ахметджанович – студент 5 курса факультета авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: ibragimkhai86@mail.ru.

Кудин Михаил Михайлович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры теории авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: shel@3g.ua.