

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

V.P. Zinchenko, S.V. Zinchenko,
F.N. Gorin, V.G. Chumakov

REALIZATION MEANS FOR INFORMATION TECHNOLOGIES FOR AERODYNAMIC TESTS

Realization of information technology of aerodynamic tests conducting has been suggested. Structural, functional schemes of measuring system channel have been developed, errors calculation has been made and the way of their reduction by means of triple screening has been suggested. Application software on the assembler language has been developed.

Предложена реализация информационной технологии проведения аэродинамических испытаний. Разработана структурная, функциональная схема измерительного канала, произведен расчет погрешностей и предложен метод их уменьшения путем тройного экранирования. Разработано прикладное ПО на языке assembler.

© В.П. Зинченко, С.В. Зинченко,
Ф.Н. Горин, В.Г. Чумаков, 2007

УДК 681.3:519.6

В.П. ЗИНЧЕНКО, С.В. ЗИНЧЕНКО,
Ф.Н. ГОРИН, В.Г. ЧУМАКОВ

СРЕДСТВА РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Усложнение экспериментальных исследований (ЭИ) в аэродинамических трубах (АДТ), связанных с развитием авиации и ракетной техники, вызывает необходимость применения быстродействующих цифровых модулей измерения экспериментальных данных (ЭД). Это требует выполнение модификации или разработки новых модулей для существующего оборудования АДТ для реализации информационной технологии (ИТ) весовых испытаний моделей летательных аппаратов (МЛА) в АДТ. Разрабатываемая система позволяет автоматизировать процесс контроля измерений. Она содержит микропроцессор, выполняющий функции сбора, хранения, первичной обработки и передачи в персональный компьютер (ПК) данных эксперимента, а также управления процессом измерения.

В работе предложены средства ИТ, позволяющие проводить весь комплекс работ по отработке аэродинамических компоновок летательных аппаратов, различного вида наземного транспорта, ветроэнергетических устройств и других источников энергии.

Как известно, весовые испытания в АДТ выполняются для определения аэродинамических сил и моментов, действующих на МЛА от внешнего потока в разных условиях полета летательного аппарата (ЛА). Варьируемые параметры – число Маха, угол атаки α и скольжения β , органы управления и механизации крыла и другие параметры, используемые при определении аэродинамических истинных коэффициентов. Однозначное соответствие между электрическими

сигналами и физическими величинами обеспечивается за счет математических моделей (ММ) аэродинамических весов механических (АВМ).

Применение ЭВМ для автоматической обработки ЭД проводилось в двух направлениях: обработка в темпе ЭИ, где ЭД вводятся в ЭВМ и обрабатываются в темпе ЭИ; обработка после ЭИ, когда ЭД записываются в БД, потом выполняется обработка ЭД.

Это позволило получать результаты ЭИ в темпе их выполнения (пока МЛА находится в АДТ). Например, результаты одного опыта ЭИ могут быть получены через 3 часа.

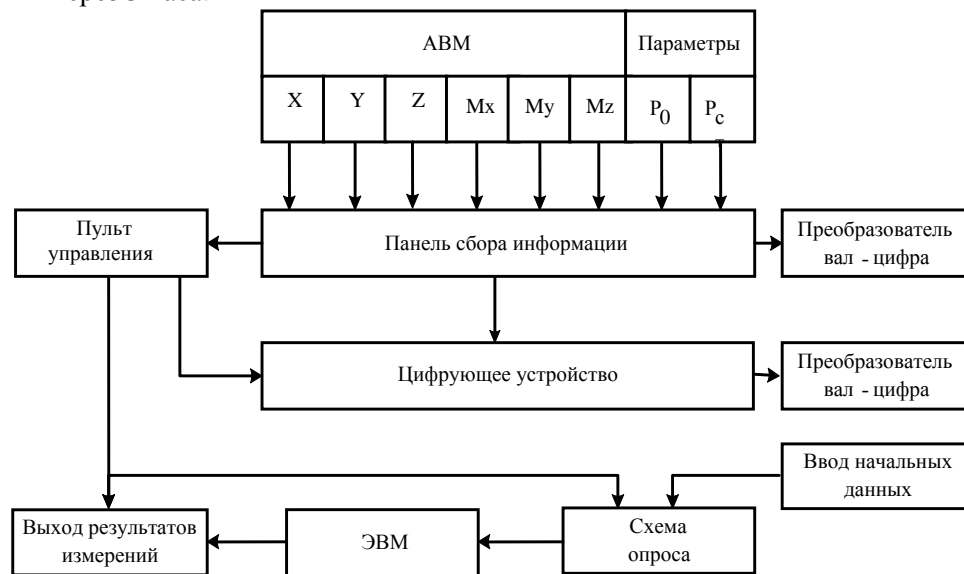


РИС. 1. Система регистрации и обработки ЭД весовых испытаний МЛА в АДТ

Существующая система (рис. 1) устаревшая и не соответствует требованиям, которые предъявляются к ИТ весовых испытаний МЛА в АДТ. Поэтому предложено усовершенствовать АВМ путем создания тензодинамометрического модуля (ТМ) на основе тензодинамометров (ТД). Применение ТМ позволит усовершенствовать АВМ и удовлетворить такие требования к ним: обеспечение заданными метрологическими характеристиками при минимальном времени измерений; обеспечение испытаний МЛА различного класса; возможность дистанционного управления α и β МЛА; возможность ЭИ по заданной программе; обеспечение одновременной регистрации и ввода ЭД в компьютер.

Рассмотренные вопросы модернизации АВМ требуют создания специального устройства для ввода результатов измерений в компьютер и, удовлетворяющего следующим требованиям: обладать надежностью при длительной эксплуатации; не вносить дополнительных погрешностей; обеспечивать быстродействие; иметь высокую помехоустойчивость. При этом необходимо обеспечить измерения трех сил и трех моментов, действующих на МЛА, которые с помощью

рычажной системы АВМ передаются на ТД в диапазоне $0 \div 10$ кГ. В модуле ТМ в качестве первичных преобразователей использованы ТД силы Z6-4 фирмы НВМ с номинальным диапазоном измерения $\Delta F_n = 10$ кГ [1].

Предложена схема измерительного канала (ИК) ТМ (рис. 2), состоящая из устройств питания ТД, представляющих собой два мощных операционных усилителя (ОУ) УМ1, УМ2, которые подключаются по 4-х зажимной схеме к группе из семи ТД.

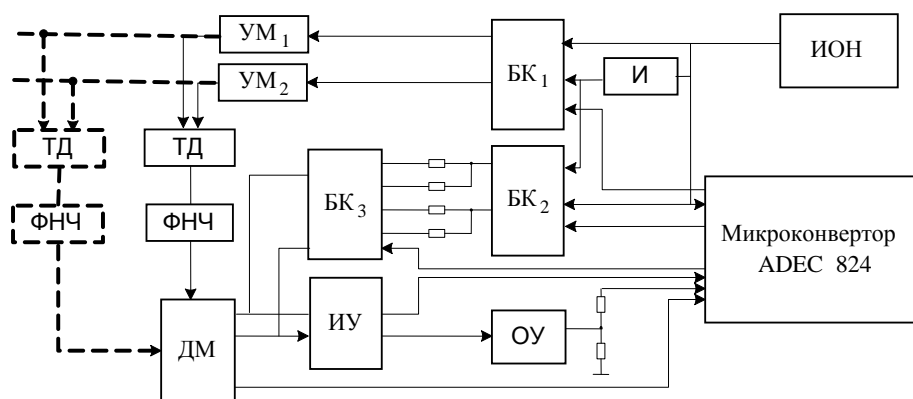


РИС. 2. Структурная схема ИК ТМ

В качестве усилителей использованы мощные широкополосные (полоса пропускания 300 кГц, полоса пропускания коэффициента усиления 5 МГц) ОУ LH0101 фирмы Maxim с максимальным выходным током до 5 мА, прочным корпусом типа ТО-3. Наличие защиты от короткого замыкания позволяет использовать этот ОУ для управления электродвигателями постоянного и переменного тока, большими емкостными нагрузками, электромагнитными вычислительными механизмами. Выходная фаза исключает искажение типа "ступенька" в статическом режиме при использовании малой мощности.

Для ограничения полосы шумов входного сигнала ТД и частичного подавления сетевой наводки применяется RC-фильтр первого порядка.

Измерительные диагонали ТД поступают на дифференциальный мультиплексор (ДМ) ADG407, осуществляющий переключение ИК, и, который в свою очередь подключен к измерительному усилителю (ИУ). Для уменьшения погрешности от входных синфазных напряжений в качестве ИУ применяется ИУ AD620 (Analog Devise) содержащий три ОУ, имеющий цельную конструкцию и обеспечивающий стабильность характеристик. Точность значения подстройки позволяет программировать значение коэффициента усиления (до 0,15 % для $K_{ИУ} = 100$) одним резистором.

Поскольку задачей ТМ является коррекция погрешности, то в его состав включены три блока коммутации (БК), которые формируют корректирующие величины. БК1 – это аналоговый коммутатор MAX312 (Maxim), имеющий низ-

кое сопротивление в открытом состоянии (до 10 Ом), сопротивление 1,5 Ом в открытом состоянии при согласовании каналов и диапазон рабочих напряжений от $\pm 4,5$ В до ± 20 В.

БКЗ – это источник образцового напряжения, который формирует напряжение +5 В, коммутирует сигнал и создает разнополярные напряжения.

В качестве интерфейса выбран интерфейс RS-485, сочетающий скорость преобразования (до 100 кГц) и помехозащищенность [2].

В модуле ТМ используется аддитивно-мультипликативная коррекция без коммутации измерительной диагонали тензомоста, что позволяет уменьшить влияние таких составляющих погрешностей как термо-ЭДС контактов, паразитные токи утечки и сопротивление линии, а также все аддитивные и мультипликативные погрешности ИК.

Выбор конкретных элементов модуля ТМ зависит от требований к его техническим характеристикам [3]. Наиболее важными являются такие характеристики: число аналоговых каналов; производительность, как всего модуля, так и максимальная производительность для отдельных каналов; расположение измерительных преобразователей (вблизи или в удалении от выходного терминала); точность преобразования; окружение, в частности, важно знать уровень электрических помех и диапазон изменения окружающей температуры; стоимость.

Одним из основных критериев при проектировании ИИС является помехозащищенность. Критерий помехозащищенности разрабатываемого модуля определяется необходимостью: подавления помех нормального вида (при частоте сети 50 Гц ± 1 % и скорости 20 изм./с), не менее 80 дБ; подавления помех общего вида (при частоте сети 50 Гц ± 1 % и разбалансировке линий связи в канале 1 кОм) не менее 140 дБ.

Эффективность интегрирования можно повысить за счет применения весовых функций. Однако реализовать прецизионные весовые функции очень сложно [4]. Возможно, заменить весовое интегрирование нерекурсивной цифровой фильтрацией. Но в этом случае появляются эффекты наложения при дискретизации входного сигнала.

Так как в модуле ТМ применяются ТД, у которых уровень выходных напряжений низкий, и существует влияние различных помех (факторы, искажающие результаты измерения) [5], целесообразно применять гальванический развязанный блок питания со схемой тройного экранирования [6].

Помехи во входных цепях измерительных устройств обусловлены как внешними факторами (электромагнитные наводки, термо-ЭДС и т. д.), так и внутренними факторами (действие импульсных помех, созданных цифровой частью, электромагнитным реле и т. д.). Существенное влияние имеет сетевая помеха, возникающая из-за питания измерительного устройства от промышленной сети частотой 50 Гц.

Для борьбы с помехами общего вида используют экранирование в сочетании с симметричным входом, дифференциальный усилитель, ИУ, изолирующий

усилитель. Наиболее эффективный метод борьбы с сетевыми помехами общего вида – тройное (защитное) экранирование.

Существует ряд мер, направленных на уменьшение помех нормального вида, а именно: скручивание проводников и линий связи, магнитное и электростатическое экранирование, а так же подавление помех нормального вида, присутствующих на входе измерительного прибора – фильтрация и интегрирование.

Структурная схема модуля ТМ построена по принципу цифровой компенсации. Однако такие преимущества, как непрерывность измерительной диагонали является одним из свойств тестовых методов; маленькое количество тестов и линейность канала входят в достоинства метода образцовых мер; для работы с ТД используется метод вспомогательных измерений.

Таким образом, из вышеперечисленных свойств следует, что предложенная структурная схема (рис. 2) с цифровой компенсацией погрешности на основе ТД является наиболее точной и построена на современной элементной базе. Основные показатели ТМ представлены в таблице.

ТАБЛИЦА

Показатель	Значение
Класс точности	0,1/0,05
Быстродействие, изм./ с	4
Коэффициент подавления помех нормального вида, $K_{НП}$, дБ	60
Коэффициент подавления помех общего вида, $K_{ОП}$, дБ	140
Наработка на отказ T_0 , час.	30000
Вероятность безотказной работы за 1000 ч. $P(t)$	0,96
Коэффициент технического уровня, $K_{ТУ}$	6,32

Алгоритм работы прикладного ПО взаимодействия микропроцессора с модулем ТМ включает такие действия (рис. 3) [7, 8]: инициализацию; подготовку внутренних портов к выполнению данной программы. Основная программа содержит подпрограмму измерения (измерение проходит в пять тактов); подпрограмму опроса каналов; подпрограмму подсчета результатов.

Подпрограмма измерения выполняет измерения ЭД в соответствии с такой процедурой.

Шаг 1. Ключи коммутатора DA5 переходят в верхнее положение. Подается напряжение питания на ТД. Опорные резисторы на коммутаторе DA6 заземляются. Обеспечивается значение образцовых резисторов R_0 . Подключается ТД. При этом все управляющие сигналы обнуляются. Делается пауза в 65 мс. Дается команда АЦП определить значение выходного напряжения ИУ. Выходной код из АЦП записывается в ОЗУ. Снимаются показания с ТД.

Шаг 2. Снимаются показания с ТД. Измеряется аддитивное смещение нуля.

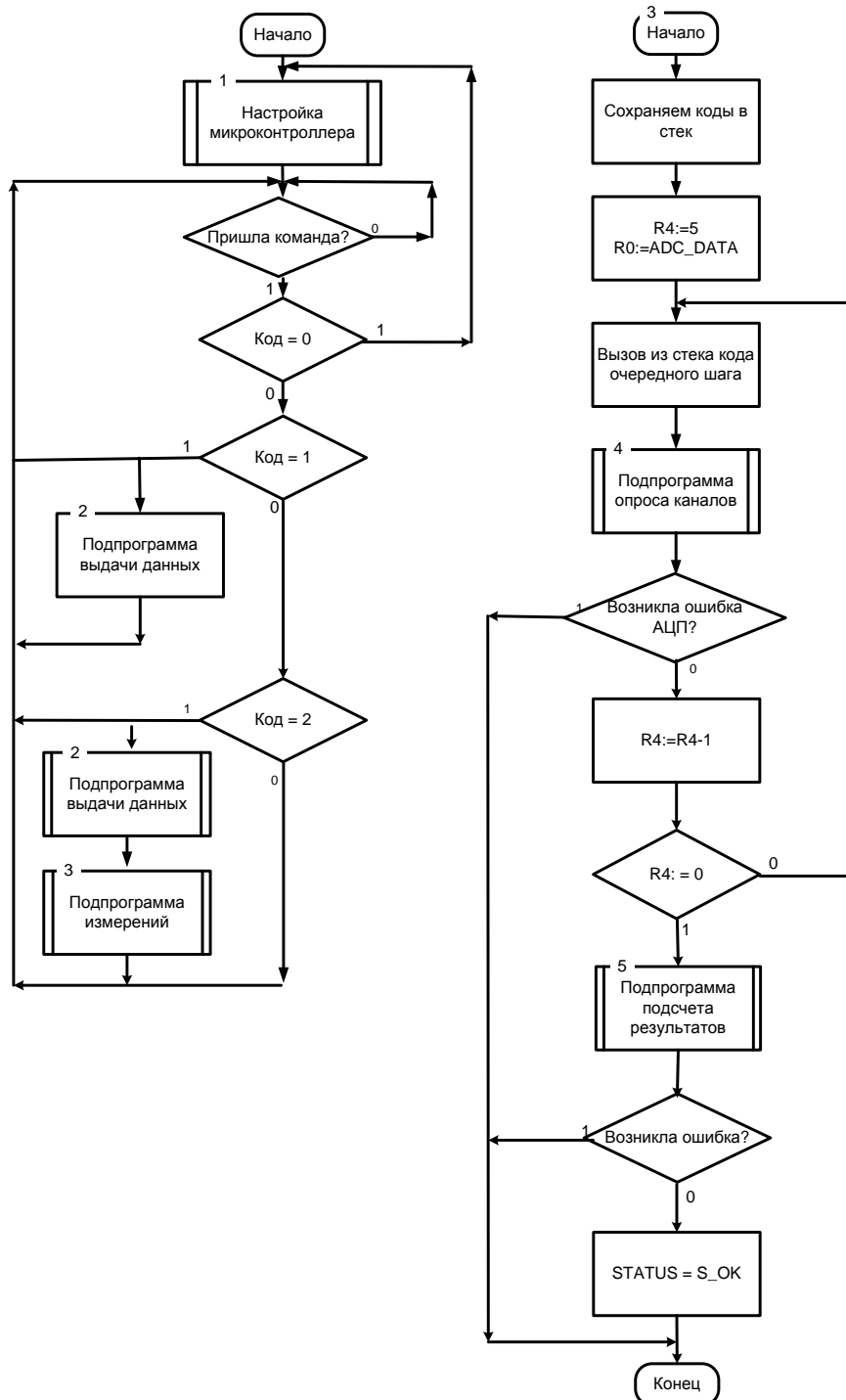


РИС. 3. Алгоритм работы ПО ТМ

Шаг 3. Ключи коммутатора DA4 переходят в верхнее положение, чем обеспечивается значение образцовых резисторов R_0 и снимаются показания с ТД.

Шаг 4. Ключи коммутатора DA6 переходят в верхнее положение и снимаются показания с ТД.

Шаг 5. Ключи коммутатора DA4 переходят в верхнее положение, снимаются показания с ТД и записываются в ОЗУ.

Шаг 6. Конец.

Выводы. Выполнена разработка ТМ для измерения сил и моментов, действующих на МЛА при весовых испытаниях МЛА в АДТ, который удовлетворяет по быстродействию, помехоподавлению и точности.

Разработана структурная, функциональная схемы измерительного канала, произведен расчет погрешностей и предложен метод их уменьшения путем тройного экранирования. Разработано прикладное ПО на языке assembler. Показано, что модернизация АВМ за счет применения ТМ позволяет улучшить эффективность ИТ весовых испытаний МЛА в АДТ за счет улучшения точности измерений, помехозащищенности и быстродействия, а также большего коэффициента технического уровня и меньшей стоимости.

1. *Зинченко В.П.* Автоматизация экспериментальных исследований в аэродинамической трубе // УСиМ. – 1989. – № 1. – С. 95 – 99.
2. *Зинченко В.П., Зинченко С.В., Горин Ф.Н. и др.* Программно-управляемый обмен данными в системах реального времени // Технології створення перспективних комп'ютерних засобів та систем з використанням новітньої елементної бази. – К.: Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, 2000. – С. 55 – 60.
3. *Дубов Б.С.* Многокомпонентные механические весы. – М.: ЦАГИ, 1971. – Вып. 1270. – 128 с.
4. *Артвин Б.А.* Сопряжение микро-ЭВМ с внешними устройствами. – М.: Машиностроение, 1983. – 352 с.
5. *Горлин С.М., Слезингер И.И.* Аэромеханические измерения. Методы и приборы. – М.: Наука, 1964. – 720 с.
6. *Erb K., Fischer P.* Digitales Kompensation sverfahren zur Verbesserung von Messfuhlen. "Bulletin SEV / VSE", 1989. – 80 p.
7. *Куликовский К.Л., Купер В.Я.* Методы и средства измерений. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 448 с.
8. *Zinchenko V.P., Zinchenko N.P.* Designing a component of information technology of strain-gauge experimental researches // Proceedings of NAU, 2005. – N 2 (24). – P. 21 – 24.

Получено 16.07.2007