

УДК 629.7.03.

**В.С. МИХЕЕВ, И.Е. КИТАЙЧУК, Т.Ф. ЖЕРЕБКИНА, И.Е. АВРАМЕНКО**

**НТ СКБ “ПОЛИСВИТ” ГНПП “Объединение Коммунар”, Украина**

## **ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

В данной статье представлены результаты решения актуальной задачи создания программно-технического комплекса для испытаний газотурбинных двигателей. Описываемые решения позволяют повысить качество испытаний на основе применения высоконадежных технических средств и увеличения точности измерения параметров.

**газотурбинный двигатель, программно-технический комплекс, управление режимами работы двигателя, измерение, регистрация, обработка и отображение параметров**

### **Введение**

Для достижения высоких эксплуатационных характеристик двигателей летательных аппаратов особое место при их создании отводится стендовым испытаниям. На современных стендах с максимальной степенью соответствия имитируются условия эксплуатации и реализуются широкие диапазоны требуемых режимов работы двигателей. Сравнительный анализ технических и эксплуатационных характеристик предлагаемых на рынке доступных промышленных программно-технических комплексов (ПТК) показал, что ни один из них в готовом виде не обеспечивает необходимых функций и не отвечает требованиям автоматизации технологического процесса испытаний серийных двухконтурных газотурбинных двигателей [1, 2].

**Постановка проблемы.** Проблемой является повышение качества проведения испытаний и отладки газотурбинных двигателей. В качестве объекта автоматизации рассматривается технологический процесс испытаний двухконтурных газотурбинных двигателей со смешением потоков первого и второго контуров.

### **Решение проблемы**

Для решения проблемы потребовалось создание ПТК, предназначенного для решения таких задач:

- управление режимами работы двигателя согласно технологическому процессу испытаний;
- контроль исправности датчиков, тестовый контроль технических средств и программного изделия;
- автоматизированное измерение и регистрация параметров двигателя и технологических систем;
- сигнализация о предаварийных и аварийных значениях параметров на мониторе;
- математическая обработка измеряемых параметров;
- ведение электронного и печатного протокола испытания;
- отображение параметров испытуемого двигателя и технологических систем на мониторе;
- сохранение результатов испытаний в базах данных и сопровождение баз данных;
- определение характеристик измерительных каналов при их метрологической аттестации (поверке);
- задание оператором циклограмм испытания двигателя согласно технологическому процессу.

Была синтезирована структура ПТК с набором  $x_i$  модулей  $\{M_i\}$ , реализующая вышеперечисленные задачи при минимальной стоимости. Определен набор величин  $b_j$  требуемого ресурса  $B_j$ , определяющего локальные требования к ПТК, и введена матрица коэффициентов  $A = \{a_j\}$ , характеризующих исполь-

зование ресурса  $B_j$  модулем  $M_i$ . Условия работоспособности ПТК при этом выражаются неравенством

$$\sum_{i=1}^n a_{ji} x_i \geq b_j, \quad j=1 \dots k, \quad (1)$$

где  $a_{ji}$  – весовые коэффициенты использования ресурса;  $x_i$  – модули из состава ПТК;  $b_j$  – величина требуемого ресурса. Оптимизация по стоимости ПТК определяется целевой функцией

$$f(C, A, X) = \sum_{i=1}^n c_i x_i \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $c_i$  – цена использования модуля  $M_i$ .

Решив задачу в указанной постановке, был разработан ПТК в двухуровневом исполнении.

Структурная схема ПТК и схема его связей с устройствами испытательного стенда представлена на рис. 1.

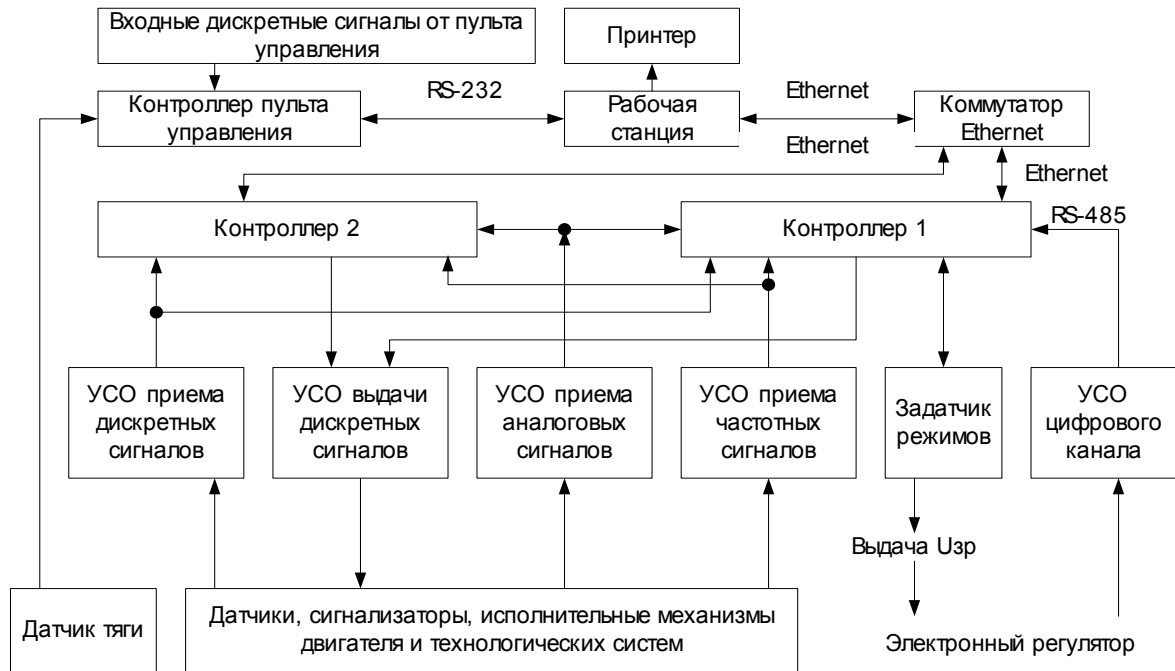


Рис. 1. Структурная схема ПТК

В состав верхнего уровня ПТК входят рабочая станция и сетевой коммутатор.

В состав нижнего уровня ПТК входят:

- 1) комплект датчиков и сигнализаторов для измерения параметров двигателя и стендовых систем;
- 2) устройства связи с объектом (УСО), обеспечивающие передачу сигналов от датчиков и сигнализаторов на контроллеры нижнего уровня;
- 3) УСО, обеспечивающие выдачу дискретных сигналов на исполнительные механизмы двигателя и стендовых систем;
- 4) УСО, обеспечивающее передачу на контроллер нижнего уровня данных цифрового канала;
- 5) контроллеры нижнего уровня, обеспечивающие обработку и передачу данных на верхний уровень;

б) контроллер пульта управления, обеспечивающий передачу сигналов на рабочую станцию.

Рабочая станция располагается в помещении пультовой и реализует функции представления (архивирования) информации, выдачи команд для дистанционного управления стендовыми агрегатами и двигателями, сопровождения программного и информационного обеспечения, расчета оценочных параметров двигателей и формирования отчетов.

С учетом жестких условий эксплуатации контроллеры нижнего уровня и УСО смонтированы в шкафу фирмы Schroff, расположенном в боксе стенда, с экранированием на уровне 55 – 75 дБ в диапазоне частот от 30 до 600 МГц и степенью защиты IP55. Контроллеры выполнены на модулях в формате PC/104:

- процессорная плата с поддержкой Ethernet CPU686EC-104 фирмы Fastwel;
- универсальные модули ввода-вывода UNI096-5-104 фирмы Fastwel;
- модули ввода-вывода аналоговых сигналов DMM-32-AT фирмы Diamond Systems.

Вычислительные возможности контроллеров ориентированы на непосредственную первичную обработку входных аналоговых и дискретных сигналов.

Источники питания Jupiter в формате PC/104 фирмы Diamond Systems обеспечивают надежное питание контроллеров с защитой от импульсных помех и короткого замыкания. Гальваническую изоляцию каналов дискретного ввода-вывода обеспечивают платы TBI-24/0C и TBI-0/24C (Fastwel). В целях гальванического разделения входных аналоговых сигналов и их нормирования используются оригинальные модули сопряжения.

Связь между составными частями ПТК обеспечивается внутрисистемными информационными шинами. В ПТК осуществлена синхронизация работы рабочей станции и встроенных контроллеров нижнего уровня в рамках временного цикла. Связь между ПТК и информационной сетью испытательного стенда и предприятия в целом осуществляется по интерфейсу Ethernet.

Специфические требования, предъявляемые к системе управления стендовыми испытаниями газотурбинных двигателей, не позволили использовать какое-либо стандартное программное обеспечение. Это явилось главной причиной того, что для реализации нестандартных требований были адаптированы собственные программные разработки.

В конце 2006 года был проведен цикл экспериментов по оценке работы измерительных и вычислительных каналов ПТК. На первом этапе были проведены автономные исследования работы каналов измерения физических параметров.

Затем проводились проверки работы ПТК по формированию автоматических циклограмм управления для различных режимов работы газотурбинных двигателей. В конце этого цикла работ были проведены стендовые испытания технологического двигателя.

Окончательный анализ результатов экспериментальных исследований работы ПТК в реальных условиях подтвердил реализуемость требований по автоматизации технологического процесса испытаний серийных газотурбинных двигателей.

## Заключение

С внедрением представленного ПТК обеспечивается качественное повышение уровня автоматизации основных технологических процессов – подготовки и проведения стендовых испытаний двухконтурных газотурбинных двигателей. При этом существенно повышаются надежность технических средств и точность измерения параметров двигателя и технологических систем. Полученный опыт предполагается использовать для дальнейшего развития информационных технологий в части автоматизации технологических процессов.

## Литература

1. Адаменко В.А., Жеманюк П.Д., Карасев В.А., Потапов И.А. Вибрационная диагностика подшипников авиационного двигателя // СТА. – 1998. – Вып. 1. – С. 98-101.
2. Гершов В.И., Кутуков К.И. Многоканальный измерительный преобразователь Ш9327 // СТА. – 1999. – Вып. 4. – С. 42-47.

*Поступила в редакцию 14.02.2007*

**Рецензент:** канд. техн. наук, доцент Н.Ф. Сидоренко, НТ СКБ «ПОЛИСВИТ» ГНПП «Объединение Коммунар», Харьков.