

УДК 681.586

О.С. ГУРЕВИЧ¹, А.Г. БУРЯЧЕНКО², Г.С. РАНЧЕНКО²

¹ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова, Москва, Россия

²ОАО «Элемент», Одесса, Украина

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ И ОБЩЕПРОМЫШЛЕННЫХ ГТД

Сформулированы обобщенные современные требования к датчикам давления, предназначенным для работы в составе систем обеспечения общепромышленных и авиационных ГТД, и показаны пути решения технических и организационно-методических вопросов, которые позволяют реализовать датчики, удовлетворяющие указанным требованиям.

интеллектуальный датчик (преобразователь), бортовая аппаратура, погрешность измерений, внешний дестабилизирующий фактор, ресурс, срок службы, метрологическое обеспечение, переменное давление, импульсное давление, частота, амплитуда

Введение

В январе 2007 г. в АССАД состоялось научно-техническое совещание по теме «Датчики и системы измерения давления для САУ авиадвигателей и бортовых систем самолетов». В совещании приняли участие руководители и технические специалисты семнадцати ведущих предприятий России и Украины, как изготовителей, так и потребителей датчиков давления для двигателестроения. В решении совещания, в частности, признано целесообразным поручить ОАО «Элемент» разработать под методическим руководством ФГУП ЦИАМ им.П.И.Баранова концепцию построения интеллектуальных датчиков для авиационного двигателестроения.

Предлагаемая статья рассматривается авторами как первый шаг в выполнении решения о разработке концепции построения интеллектуальных датчиков для авиационного двигателестроения.

1. Формулирование проблемы

Эксплуатация датчиков давления в составе современных ГТД предопределяет, как правило, воздействие достаточно жестких внешних дестабилизирующих факторов, вызывающих дополнительные погрешности и сокращающих ресурс:

- широкий диапазон рабочих температур (наиболее типичным можно считать диапазон от минус 50 до +100 °С, но в ряде случаев верхняя граница может превышать +300 °С), причем время работы при температурах близких к максимальной нередко составляет значительную долю общего ресурса;
- механические удары, линейное ускорение и вибрация, соответствующие перегрузкам 10... 15 g и более;
- нестабильность питания, в том числе воздействие импульсов, которые практически в два раза превышают номинал;
- электромагнитные помехи – фактор, который становится все более существенным в условиях повышения степени «электрификации» современных самолетов;
- пульсации измеряемого давления с амплитудой 20... 90 % от верхнего предела измерений с частотой в десятки и сотни герц, которые в зависимости от конкретной задачи датчик должен либо отфильтровать и усреднить, либо передать без искажений на выход.
- химически агрессивные примеси как в измеряемой, так и в окружающей среде.

В то же время к параметрам датчиков предъявляются высокие требования – например, суммарная

погрешность измерений для датчиков систем управления и контроля авиационных ГТД не должна превышать $\pm 0,5 \dots 1\%$ ИЗ с одновременным требованием максимально возможного межповерочного интервала, ресурса и срока службы.

При этом потребитель заинтересован в полной унификации параметров, исключающей необходимость подстроек и регулировок при замене одного экземпляра на другой.

Актуальным требованием к современным датчикам давления для авиационных ГТД является также «встраиваемость» в распределенные ЭСУ профиля FADEC [1], работа в сети.

2. Решение проблемы

Для создания датчиков, соответствующих перечисленным требованиям, необходимо решение ряда задач как собственно технического, конструктивно-технологического, так и организационно-методического характера, которое в современных условиях возможно лишь на базе объединения усилий специалистов различных направлений [2].

Пути решения технических вопросов (в рамках применения существующей и доступной на сегодняшний день комплектации), в частности, на примере опыта ОАО «Элемент», отражены в [3 – 10]. В [7] приведена обобщенная структура канала измерения давления (рис. 1), в котором реализована компенсация температурной погрешности и погрешности нелинейности первичного преобразователя (сенсора) давления.

Дополнительная погрешность от воздействия механических ускорений (которая проявляется в первую очередь при измерении переменных давлений) практически сводится к нулю за счет использования так называемых g-нечувствительных первичных преобразователей фирмы Kulite (США), что достаточно подробно описано в [6].

В [7] приведен пример реконфигурируемой структуры, реализованной в опытном образце регулятора режимов работы двигателя (рис. 2). В этой

структуре предусмотрены все аппаратные и программные реконфигурационные связи, необходимые для устранения последствий локального отказа, обнаруженного системой встроенного контроля во время работы.

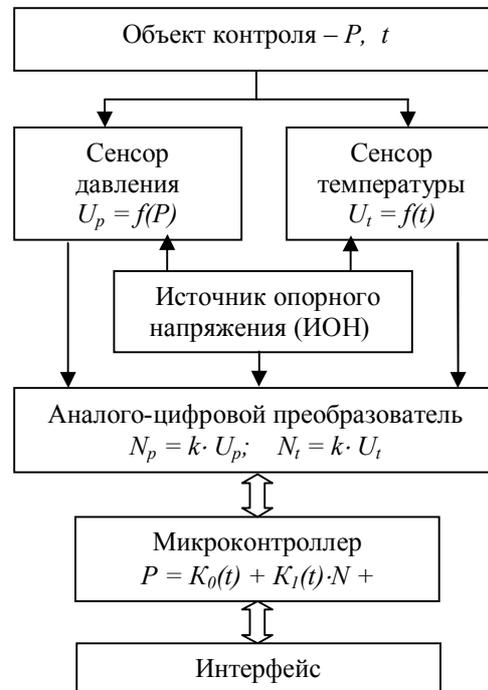


Рис. 1. Обобщенная структурная схема канала измерения давления.

Развитие автоматизированных систем контроля и управления резко повысило востребованность интеллектуальных датчиков, которые оцениваются как стратегическое направление в измерительной технике. Этот факт нашел отражение в разработке семейства стандартов IEEE 1451 Smart Transducer Interface Standards, предпринятой в настоящее время (как отмечено в [11], часть подразделов уже утверждены и опубликованы, другие находятся в разработке) с целью помочь изготовителям в разработке интеллектуальных преобразователей, пригодных для подключения к любой сети или системе. Бесспорно, положения стандарта применимы к разработке датчиков давления для ГТД и следует считать целесообразным разработку отечественного отраслевого стандарта на базе IEEE 1451, что само по себе явилось бы решением одного или нескольких организационно-методических вопросов.

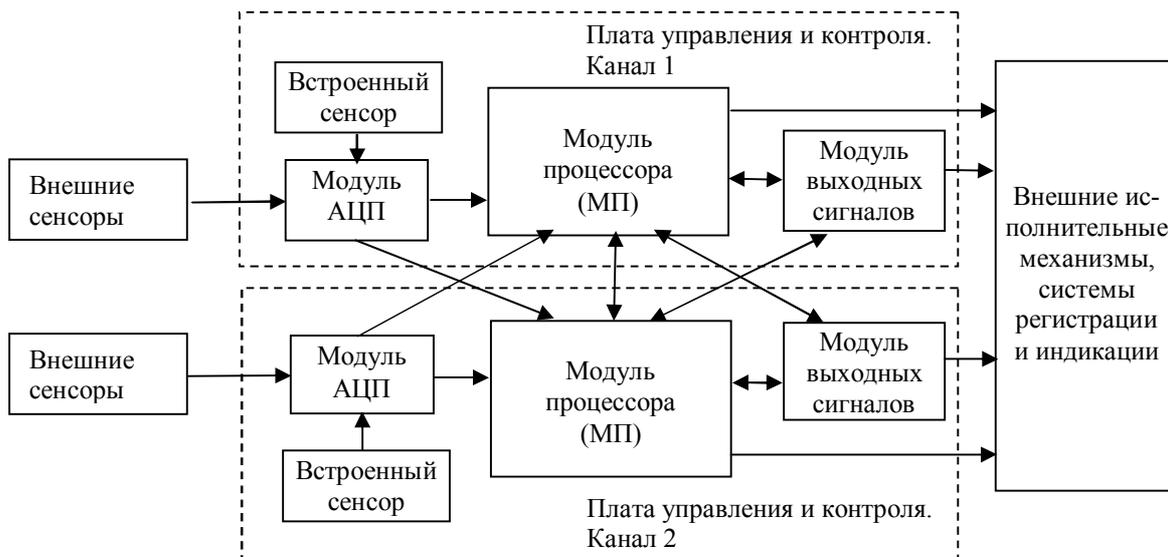


Рис. 2. Обобщенная структура реконфигурируемого изделия

Следует отметить, что в настоящее время в России и в Украине имеется действующий государственный стандарт, представляющий собой общие технические условия на датчики давления с аналоговыми выходными сигналами [12], но какой-либо подобный стандарт, который распространялся бы и на датчики с цифровым (кодовым) выходом (по крайней мере, в Украине) отсутствует. Имеется лишь Рекомендация по методике поверки.

К организационно-методическим вопросам следует отнести и проблему метрологического обеспечения разработок датчиков быстропеременных давлений, поскольку, как отмечено в [6], в организациях Госпотребстандарта Украины на сегодняшний день отсутствуют оборудование для испытаний и поверки средств измерений переменного, периодического и импульсного давлений [13]. Между тем, контроль быстропеременного давления (пульсаций давления) в камере сгорания необходим для предотвращения выхода ГТД в аварийно-опасный режим работы и особо актуален для малоэмиссионных ГТД нового поколения, при разработке и эксплуатации которых должны быть максимально учтены требования по защите окружающей среды.

Во время проведения работ по созданию средств

измерения пульсационного давления, описанных в [6], авторы обращались в Украинский Национальный научный Центр «Институт метрологии» (который является хранителем государственных эталонов Украины, в том числе эталонов давления). Руководство центра выразило готовность принять участие в развитии этой области измерений на Украине. Разумеется, нужна поддержка государства и наиболее крупных предприятий, заинтересованных в рассматриваемом вопросе.

Наряду с проблемами имеются определенные успехи в формировании деловых связей, в том числе международных, направленных на обеспечение отечественного авиадвигатростроения современными датчиками давления. В частности, уже не первый год партнером ОАО «Элемент» является фирма Kulite Semiconductor Products (США) – мировой лидер в производстве полупроводниковых датчиков давления, изготовитель датчиков различного назначения, в том числе сертифицированных для бортового применения, давно и успешно сотрудничающая с такими фирмами, как Boeing Helicopter, Bell Helicopter, Fokker Aircraft, General Electric, Pratt & Whitney, Rolls Royce и др, а также с украинскими и российскими предприятиями. Представители фирмы

приняли участие в упомянутом выше совещании в АССАД, членом которого является фирма Kulite.

Некоторые работы ОАО «Элемент» выполнены в содружестве с фирмой Kulite [3, 6]. В настоящее время достигнута договоренность о совместной работе по созданию интеллектуального датчика давления для ГТД. Особо важным представляется тот факт, что уже начата практика разработки фирмой датчиков по техническим заданиям украинских заказчиков – ОАО «Мотор Сич», ЗМКБ «Прогресс».

Другим примером международного сотрудничества можно считать тот факт, что образцы ранее разработанных ОАО «Элемент» и прошедших государственные приемочные испытания при включении в Госреестр СИТ Украины датчиков П419 (с цифровым выходом) предоставлены ФГУП ЦИАМ им.П.И.Баранова для подконтрольной эксплуатации в составе стендов для комплексных исследований [14], в частности, в распределенной демонстрационной системы в условиях реальных помех и пульсаций давления.

Заключение

1. Сформированные на сегодняшний день деловые связи между предприятиями России, Украины и США, работающими над созданием датчиков давления, предназначенных для современных ГТД (в том числе бортовой аппаратуры) являются предпосылкой успешного решения вопросов, возникающих в этой области.

2. Перспективы развития датчиков давления для авиационных и общепромышленных ГТД, повышение их метрологического уровня и надежности, расширение их функциональных возможностей и востребованности неразрывно связано с повышением уровня интеллектуальности датчиков, что и обусловило принятие решения о разработке концепции интеллектуальных датчиков для авиационного двигателестроения.

3. На сегодняшний день украинскими разработчиками накоплен значительный опыт решения тех-

нических вопросов в области создания датчиков для авиационного двигателестроения, в связи с чем особенно актуальными становятся вопросы организационно-методического характера, такие как:

- разработка нормативных документов,
- решение вопросов метрологического обеспечения,
- дальнейшее развитие международного сотрудничества.

Справка

Разработка средств измерения давления – традиционная сфера интересов ОАО «Элемент», причем многолетний опыт коллектива предприятия берет свое начало с проектирования и изготовления полупроводниковых чувствительных элементов давления еще в конце прошлого века [15, 16].

За последние 10 лет на предприятии создан ряд средств измерения давления для комплектации ГТД и АСУ испытаний ГТД. Это датчики (в том числе интеллектуальные), двухканальные системы для работы в составе бортовой аппаратуры, измерительные каналы программно-технических комплексов АСУ. Опыт этих разработок, конкретные проблемы и пути их решения отражены в научно-технических публикациях, основные из которых (касающиеся непосредственно измерения давления) указаны в списке литературы [3 – 10].

Литература

1. Кессельман М.Г., Костылев М.Д., Трофимов А.С. Разработка демонстрационного образца интеллектуального датчика давления для распределенных САУ ГТД. ЦИАМ 2001-2005. Основные результаты научно-технической деятельности. – М.: ЦИАМ, 2005. – 96 с.

2. Ранченко Г.С., Кравченко И.Ф., Епифанов С.В., Седристый В.А., Павлюк Е.В. Комплексный подход при создании электронных устройств измерения, контроля и регулирования параметров и управления

режимами ГТД // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2005. – № 10 (26). – С. 146-150.

3. Буряченко А.Г., Волошина Н.П., Ранченко Г.С., Деклама Ж. Критерии и результаты оценки надежности датчиков давления для авиационных двигателей // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2004. – № 7 (15). – С. 158-161.

4. Буряченко А.Г., Ранченко Г.С., Уляшин С.В. Интеллектуальный датчик давления // *Электронные компоненты и системы*. – 2004. – № 8. – С. 46-47.

5. Буряченко А.Г., Волошина Н.П., Ранченко Г.С. Опыт использования датчиков давления фирмы Kuli-te // *Датчики и системы*. – 2004. – № 11. – С.38-40.

6. Буряченко А.Г., Уляшин С.В., Ушаков В.Ю., Деклама Ж. Создание новых средств измерения пульсационного давления для контроля процессов в камерах сгорания малоэмиссионных ГТД // *Вестник двигателестроения*. – 2005. – № 2. – С. 47-51.

7. Буряченко А.Г., Грудинкин В.М. Технические и алгоритмические средства повышения метрологического уровня и надежности датчиков и систем измерения давления // *Авиационно-космическая техника и технология*. 2005. – № 8 (24). – С. 105-109.

8. Миргород В.Ф., Грудинкин В.М. Динамические характеристики системы измерения давления в контуре регулирования π_k // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2006. – № 8 (34). – С. 42-45.

9. Миргород В.Ф., Ранченко Г.С., Буряченко А.Г., Грудинкин В.М. Методика и результаты статистического анализа распределения погрешностей датчиков давления для диагностических систем газотурбинных двигателей // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2006. – № 10 (36). – С. 134-137.

10. Буряченко А.Г., Ранченко Г.С., Соколовский В.И., Деклама Ж. Создание и опытная экс-

плуатация датчиков и систем измерения давления для ГТД (ПЗ19, П419, СИД-4, СИД-3, СИД-3-148) // *Сборник тезисов II Межд. научн.-техн. конф. ЦИАМ «Авиадвигатели XXI века»*, 13.12.2005. – Т. III. – С.77, 235.

11. Чанов Л. Интеллектуальные преобразователи // *Электронные компоненты*. – 2007. – № 3/4.

12. ГОСТ 22520. Датчики давления, разрежения и разности давлений с электрическими аналоговыми выходными сигналами ГСП. Общие технические условия/

13. ГОСТ 8.433-81 ГСИ. Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений переменного давления в диапазоне $1 \cdot 10^2 - 1 \cdot 10^6$ Па для частот от $5 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^4$ Гц и длительностей от $1 \cdot 10^5$ до 10 с при постоянном давлении до $5 \cdot 10^6$ Па.

14. Гуревич О.С., Близиюков Л.Г., Трофимов А.С. Системы автоматического управления авиационными силовыми установками // *Конверсия в машиностроении*. – 2000. – № 5 (42)/ – С.50-61

15. Ранченко Г.С., Буряченко А.Г. Проектирование чувствительного элемента давления для СОТР РЭА // *Вопросы радиоэлектроники. Сер.ОВР (ТРТО)*/ – 1987/ – Вып. 4. – С. 57-61.

16. Буряченко А.Г., Прохоров В.А., Ранченко Г.С., Сафонов В.А. Тензопреобразователи на поперечной пьезо-э.д.с. с профилированной мембраной // *Вопросы радиоэлектроники. Сер.ОВР (ТРТО)*, 1991. Вып. 1. – С. 34-41.

Поступила в редакцию 12.06.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Л. Костенко, Одесский национальный политехнический университет, Одесса.