

УДК 681.518

Г.Ю. КОНЦЕВИЧ<sup>1</sup>, А.А. ФИЛОНЕНКО<sup>1</sup>, В.Ф. МИРГОРОД<sup>2</sup>, Г.С. РАНЧЕНКО<sup>2</sup>.<sup>1</sup>ГП НПКГ «Зоря-Машипроект», Николаев, Украина<sup>2</sup>ОАО «Элемент», Одесса, Украина

## КОНЦЕПЦИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ УДАЛЁННОГО МОНИТОРИНГА ГТД В СОСТАВЕ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК НАЗЕМНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Предлагаются основные элементы Концепции создания систем удалённого мониторинга газотурбинных двигателей на основе современных информационных технологий для решения диагностических задач.

**техническая диагностика, удалённый мониторинг, газотурбинный двигатель, информационные технологии**

### Введение

Современное газотурбостроение является общепризнанной отраслью передовых технологий, в которой используются самые современные достижения научно-технического прогресса. Газотурбинные двигатели (ГТД) новых поколений продолжают тенденцию повышения удельных показателей и отличаются высоким уровнем силовой и температурной нагруженности отдельных компонентов [1]. Наряду с достижением технического совершенства и требуемых эксплуатационных качеств приобретает все большую актуальность проблема обеспечения заданных ресурсных показателей как вновь создаваемых, так и эксплуатируемых силовых установок (СУ) на основе ГТД. Решение указанной проблемы в настоящее время рассматривается на основе поэтапной реализации различных стратегий эксплуатации ГТД по техническому состоянию [2].

### 1. Формулирование проблемы

Достоверная оценка технического состояния (ТС) ГТД в процессе его жизненного цикла должна быть обеспечена современными технологиями и техническими средствами диагностирования. Естественным этапом развития таких технологий является перенос ответственности за решение диагно-

стических задач на разработчика (изготовителя) ГТД. Указанная форма информационных технологий оценки технического состояния ГТД получила название удаленного мониторинга [3] и широко используется передовыми двигателестроительными фирмами. Центры удаленного мониторинга (ЦУМ) и диагностики созданы и успешно эксплуатируются ведущими зарубежными производителями газотурбинных энергетических установок, в частности: “General Electric” (Великобритания), “Mitsubishi” (Япония), “Siemens” (Германия), “Alstom” (Швейцария). Эти центры, работающие в режиме 24/7/365, предлагают своим заказчикам широкий доступ к информации и техническим ресурсам, связанным с эксплуатируемым оборудованием.

Удаленный мониторинг технического состояния ГТД позволяет сконцентрировать интеллектуальные и информационные ресурсы всех участников создания и эксплуатации ГТД и повысить тем самым надёжность и достоверность диагностических выводов, обеспечивая организационную и методическую основу для решения проблемы эксплуатации СУ и ГТД по техническому состоянию, а в перспективе – по уровню функциональной надёжности [3, 4]

Тем не менее, проблемные вопросы реализации информационных технологий удалённого мониторинга ещё далеки от своего решения. На территории

СНГ известны лишь отдельные попытки решения задач удалённого мониторинга в инициативном порядке (ЗАО «Диагностика» (ЦИАМ), ГП НПКГ «Зоря-Машпроект», ОАО «Элемент», ООО «Котрис» и другие). Во многом внедрение технологий удаленного мониторинга сдерживается слабостью методологической базы, недостаточной обоснованностью целевых установок и ожидаемых результатов, путей решения организационных и технических проблем, то есть вопросов, имеющих концептуальный характер. На наш взгляд, фрагментарное использование новых технологий без комплексного решения возникающих задач может, в случае неудачи, дискредитировать новые подходы и создать негативное к ним отношение у заказчиков. В этом плане представляется актуальным рассмотреть основные, на наш взгляд, функционально необходимые элементы концепций удаленного мониторинга.

## 2. Решение проблемы

Концепция удаленного мониторинга включает ряд составных частей, основное содержание которых предлагается для обсуждения.

### 1. Основные положения.

1.1. Концепция удаленного мониторинга ГТД и силовых установок на их основе определяет основные направления организационной, научно-технической и экономической политики всех участников процесса разработки, изготовления и эксплуатации ГТД, по формированию единого информационного пространства, реализации мероприятий по созданию сети диагностических средств в эксплуатирующих организациях, каналов связи и центров удаленного мониторинга, созданию необходимого методического, научного, алгоритмического и программного обеспечения.

1.2. Нормативной базой концепции является «Временное положение об установлении и увеличении ресурсов и сроков службы газотурбинных двигателей гражданской авиации, их агрегатов и ком-

плекующих изделий» от 15.11.2005 г., государственные и отраслевые нормативные документы и стандарты, нормативные документы предприятий, участвующих в реализации концепций.

1.3. Конечной целью реализации концепции является создание условий для эксплуатации ГТД и СУ на их основе по техническому состоянию до выработки фактического ресурса при соблюдении экологических ограничений и при условии экономической целесообразности.

1.4. Концепция отражает согласованные позиции и целевые установки реализующих её организаций.

### 2. Предпосылки реализации системы удаленного мониторинга ГТД.

2.1. Ограничения и недостатки действующих систем мониторинга и диагностики ГТД.

Мониторинг технического состояния ГТД, реально осуществляемый в настоящее время, имеет ряд глубоких системных недостатков, в частности:

- не ведется история каждого конкретного двигателя, а только история конкретного дефекта;
- нормативно не определен минимально необходимый состав параметров ГТД для решения диагностических задач, интервалы дискретизации таких параметров, требования к точности измерительных каналов;
- не определены требования к полноте, составу, точности математических моделей ГТД, их параметрической идентификации для учёта индивидуальных особенностей конкретного двигателя.
- не установлены требования к составу, полноте и возможностям методологического и алгоритмического обеспечения, в частности, по процедурам выделения трендов параметров ГТД, использования математических моделей;
- диагностическая информация должным образом не систематизируется и не доводится до разработчиков ГТД для выработки решений по улучшению характеристик двигателя;

– аппаратная и программная реализация систем мониторинга и диагностики выполняется различными фирмами, зачастую весьма далёкими от специфики отрасли, по отдельным ТЗ, не всегда согласованными с разработчиком двигателя.

Таким образом, по данным существующих диагностических систем, находящихся в эксплуатации, установить текущее реальное состояние ГТД практически затруднительно, или невозможно. Поэтому большинство ремонтов двигателей выполняется в соответствии регламентом (капитальный) или после аварии. Следовательно, реализация стратегии эксплуатации ГТД по техническому состоянию с помощью существующих диагностических средств не представляется возможной.

2.2. Предпосылки к созданию технологий удалённого мониторинга ГТД.

– наличие и доступность современных информационных технологий сбора, обработки, передачи данных практически неограниченного объёма;

– наличие научного, научно-технического и методического задела по диагностированию состояния сложных объектов, в том числе ГТД (ЦИАМ, ХАИ, НАУ, ИПМЭ, НП ИПКГ «Зоря-Машпроект», ОАО «Элемент» и другие);

– наличие технико-экономических условий, обеспечивающих конкурентоспособность информационных технологий и услуг ЦУМ.

**3. Состав и назначение системы удалённого мониторинга.**

3.1. Информационная технология удалённого мониторинга организована по радиальной структуре в составе ЦУМ и объектных станций мониторинга и диагностики (ОСМД), связанных между собой цифровыми каналами связи (рис. 1). Коммуникационный канал удалённого мониторинга создаётся посредством организации выделенной линии на базе спутникового оптоволоконного, радио или смешанного (гибридного) канала связи (КС).

3.2. Объектная станция мониторинга и диагностики состоит из рабочей станции диагностики (РСД) и сервера параметрической диагностики (СПД), связанных как с ЦУМ, так и с техническими средствами, установленными на объектах для решения локальных задач измерения, контроля параметров и управления (САУК) каждой из силовых установок – рис. 2.

Сервер параметрической диагностики, выполненный на ПЭВМ промышленного типа, предназначен для сбора, первичной отработки, архивации параметров ГТД.

Сервер предоставляет также сетевые интерфейсы для удалённого доступа к диагностическим параметрам, результатам работы алгоритмов, к базам данных (БД) и другим диагностическим данным. Связь с техническими средствами системы управления осуществляется по согласованному с разработчиком САУК интерфейсу. Рабочая станция диагностики предоставляет оператору графический интерфейс к системе мониторинга и диагностики и, соответственно, интерфейс удалённого доступа к экрану оператора.

3.3. В ЦУМе устанавливаются удалённые терминалы, каждый из которых является полноценной рабочей станцией, которая путём удалённого подключения к сетевым интерфейсам сервера СПД даёт возможность наблюдать и диагностировать оборудование из ЦУМ.

Терминалы центра удалённого мониторинга объединены в сеть, изолированную от внешних сетей в целях предотвращения несанкционированного доступа.

Состав ЦУМ определяется спецификой организации, его создающей. В качестве функционально необходимых подразделений можно указать следующие:

– технической поддержки КС и обслуживания сетевого оборудования;

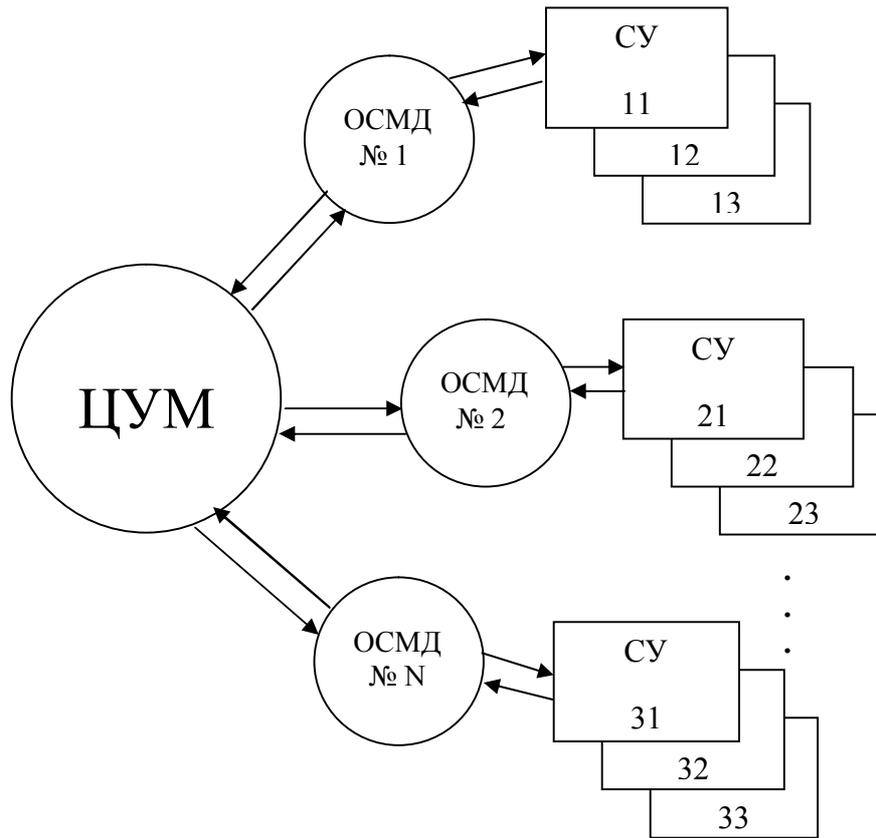


Рис. 1. Состав системы удалённого мониторинга

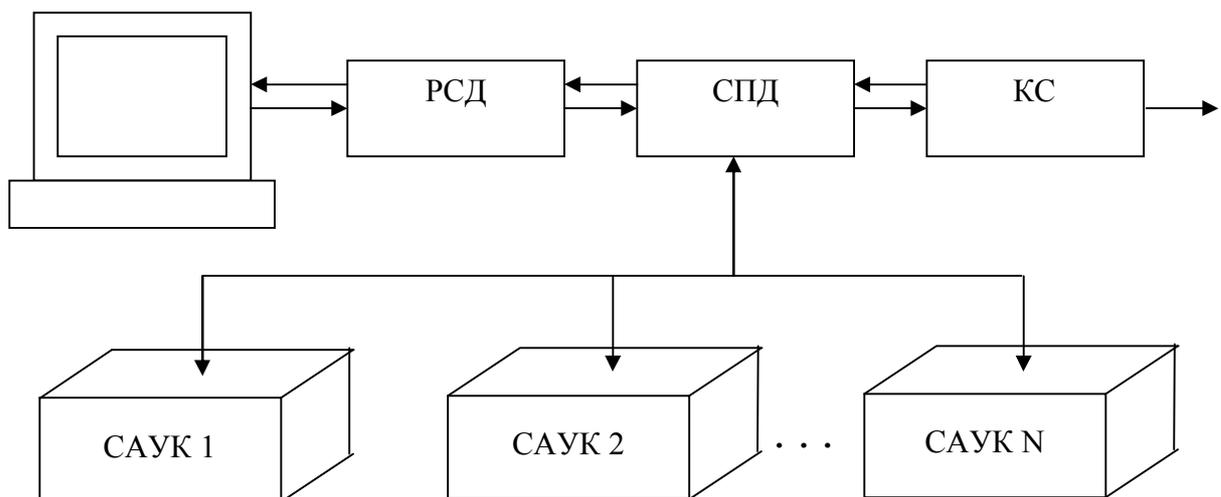


Рис. 2. Состав объектной станции мониторинга и диагностики

- адаптации алгоритмического и разработки программного обеспечения системы мониторинга и диагностирования;

- установки, отладки, ввода в эксплуатацию и сопровождения ОСМД на объектах;

- обработки данных мониторинга, формирования архивов параметров и баз данных.

#### 4. *Ожидаемые результаты реализации концепции удалённого мониторинга.*

4.1. Реализация концепции удалённого мониторинга позволит:

- объединить интеллектуальные, информационные и технические ресурсы всех участков создания и эксплуатации ГТД и силовых установок на их основе;

- повысить надёжность и достоверность диагностических выводов и рекомендаций;

- обеспечить разработчиков двигателя объективной информацией об эксплуатационных характеристиках оборудования для своевременного внесения необходимых изменений;

- снизить вероятность аварийных ситуаций, внеплановых отключений и простоев, уменьшить экологический риск.

В целом реализация Концепции создаёт организационную, методическую и техническую основу для реализации стратегий эксплуатации ГТД по техническому состоянию.

4.2. Система показателей и ценовых индикаторов реализации Концепции.

Система технико-экономических показателей и ценовых индикаторов реализации Концепции устанавливается предприятием – организатором ЦУМ.

#### 5. *Этапы реализации.*

5.1. Согласование нормативно-технической документации на:

- состав системы удалённого мониторинга;
- математическое, алгоритмическое и программное обеспечение;

- состав и интервалы дискретизации диагностических параметров;

- требования к метрологии измеряемых каналов;

- требования к полноте и точности математических моделей, методик их индивидуализации применительно к конкретному двигателю.

5.2. Подготовка базы и создание ЦУМ на ГП НПКГ «Зоря-Машпроект».

5.3. Создание демонстрационного образца системы удалённого мониторинга на одном из объектов и его подконтрольная эксплуатация.

5.4. Создание опытного образца системы удалённого мониторинга и проведение испытаний.

5.5. Последовательное подключение к ЦУМ новых объектов по мере их готовности.

#### 6. *Направления развития системы удалённого мониторинга.*

6.1. В части аппаратных средств:

- последовательный перевод САУ общепромышленных ГТД в профиль FADEC;

- совершенствование каналов связи;

- применение новых технологий диагностики (вихретоковых, электронных, SMART – датчиков и т.п.).

- применение сертифицированных технических средств.

6.2. В части методов диагностирования:

- применение в ЦУМ экспертных систем и технологий искусственного интеллекта;

- совершенствование математических моделей диагностируемых моделей и на их основе методов долгосрочной диагностики трендов;

- разработка эффективных методов сертификации аномалий в фиксируемых временных рядах данных регистрации.

6.3. В части программного обеспечения:

- применение специализированных верифицированных и сертифицированных программных продуктов;

– адаптация к задачам ЦУМ универсальных программных инструментов.

#### **7. Техничко-экономическое обоснование Концепции.**

Техничко-экономическая целесообразность внедрения Концепции удалённого мониторинга обусловлена последовательным переходом заказчиков на такую форму взаиморасчётов, что в цену их оборудования включается не только стоимость собственного оборудования (двигатель, ЗИП и т.д.), но и стоимость времени его эксплуатации при выполнении основной технологической операции (например, перекачки газа). Простои, ремонт и связанные с ним расходы не оплачиваются. При простоях свыше оговоренного времени (48-ми часов), начисляются штрафные санкции.

Таким образом, под стоимостью ГТД понимается стоимость его работоспособного состояния, то есть жизненного цикла. При указанных условиях поставки ГТД экономическая целесообразность внедрения Концепции удалённого мониторинга является бесспорной.

### **Заключение**

Представленные элементы Концепции удалённого мониторинга ГТД охватывают далеко не все важные вопросы совершенствования систем диагностирования и поэтому требует расширения и

детализации, что составляет перспективу дальнейших разработок в данном направлении.

### **Литература**

1. ЦИАМ. 2001-2005. Основные результаты научно-технической деятельности. В 2-х т. // Под ред. В.А. Скибина, В.И. Солонина, М.Я. Иванова. – М.: ЦИАМ, 2005. – Т. 1. – 471 с.; Т. 2. – 493 с.
2. Временное “Положение об установлении и увеличении ресурсов и сроков службы газотурбинных двигателей гражданской авиации, их агрегатов и комплектующих изделий” от 15.11.2005 г.
3. Работы ведущих авиадвигателестроительных компаний по созданию перспективных авиационных двигателей (аналитический обзор) / Под общей ред. В.А. Скибина, В.И. Солонина. – М.: ЦИАМ, 2004. – 424 с.
4. Машков О.А. Методы построения функционально-устойчивых сложных динамических систем // Тр. Междунар. научн. конф. «Интеллектуальные системы принятия решений и прикладные аспекты информационных технологий». – Х.: ХНТУ, 2007. – Т. 2. – С. 184-186.

*Поступила в редакцию 28.05.2007*

**Рецензент:** д-р техн.наук, проф, В.А. Крислов, Одесский национальный политехнический университет, Одесса.