

В. А. КАРГИН, О. В. МАЙДАНОВИЧ, М. Ю. ОХТИЛЕВ

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО КОНТРОЛЮ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ СОСТОЯНИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ**

Представлен системный анализ результатов испытаний космических комплексов и управления ими. Предложены решения по внедрению элементов новой информационной технологии мониторинга состояния сложных технических объектов в реальном масштабе времени.

*Ключевые слова:* информационная поддержка принятия решений, система информации, ракетно-космический комплекс, мониторинг состояния космических средств, реальный масштаб времени.

Стратегический характер и сложность задач, возлагаемых на средства ракетно-космической техники, с одной стороны, обусловили резкое ужесточение временных и других ресурсных ограничений на процесс принятия решений как при проведении испытаний, так и при штатной эксплуатации космических средств (КС), а с другой — привели к возрастанию объемов информации, поступающей в центры управления полетами (ЦУП), на командные пункты (КП), контрольно-измерительные станции заводов-изготовителей (ЗИ), технические и стартовые комплексы (ТК, СК) космодромов. Все это происходит на фоне снижения уровня квалификации технического персонала и большой текучести кадров на заводах-изготовителях, на космодромах и объектах наземной космической инфраструктуры (НКИ). Заказчики космических комплексов не имеют возможности оперативно и эффективно воздействовать на эксплуатирующие организации, предприятия-разработчики и изготовителей по вопросам повышения надежности и безопасной эксплуатации РКК [1].

Для обеспечения процесса испытаний ракетно-космических комплексов (РКК) и управления ими создана и функционирует система информации о техническом состоянии и надежности РКК, основная цель которой — достоверная оценка состояния космических средств и их подсистем для определения готовности к выполнению поставленных задач. Традиционно решение задач анализа и оценивания технического состояния и надежности, а также принятие

решений по управлению РКК осуществляется персоналом дежурных смен, руководителями расчетов подготовки и пуска, техническим руководством на всех этапах испытаний и эксплуатации существующих и перспективных ракетных, космических и наземных комплексов. Практика испытаний космических комплексов и управления ими показывает, что при возникновении неисправностей, отказов или аварий лица, принимающие решения, из-за сложности интерпретации результатов мониторинга не справляются с оперативным оцениванием гигантских объемов разнородной информации и, как следствие, несвоевременно формируют управляющее воздействие [2].

При оценивании технического состояния и надежности РКК обычно различают два основных этапа — этапы первичной и вторичной обработки информации. В настоящее время найдены достаточно приемлемые решения по вопросам автоматизации первичной обработки отдельных видов информации (телеметрической, баллистической, командно-программной, навигационной) без их системной интеграции [3—5]. По вопросам вторичной обработки или автоматизированного анализа информации, хотя этой проблеме и уделялось серьезное внимание, за последние 20—25 лет нельзя отметить сколько-нибудь значительных сдвигов, приведших к кардинальным изменениям [6, 7].

Для отдельных КС (как правило, обитаемых космических аппаратов) существуют версии специального программного обеспечения для автоматизированного анализа информации. Однако трудозатраты на разработку этих версий столь велики, а используемые в их основе методы (алгоритмы) столь уникальны, что ни сами версии, ни опыт их разработки неприемлемы для широкого круга потребителей информации (ЦУП, КП, контрольно-измерительных станций ЗИ, СК, ТК), обеспечивающих как процессы проведения испытаний, так и непосредственно управление сложными техническими средствами.

Комплексный анализ результатов испытаний РКК и управления ими позволил выявить и обобщить недостатки, присущие системе информации о техническом состоянии и надежности РКК [8].

1. Каждый из потребителей информации имеет в своем составе разнообразный по назначению и принципам построения широкий спектр программно-аппаратных средств взаимодействия с контролируемыми космическими комплексами, которые в большинстве своем морально и физически устарели.

2. Отсутствует единая для всех потребителей автоматизированная база данных и знаний об этапах жизненного цикла космических комплексов — от проектирования до вывода из эксплуатации, что приводит:

— к низкой оперативности получения информации о качестве функционирования и надежности космических комплексов (особенно при возникновении нештатных и аварийных ситуаций) и принятию несвоевременных решений по их дальнейшей эксплуатации;

— к низкому уровню достоверности и объективности оценки технического состояния и надежности космических комплексов вследствие ограниченного доступа к имеющейся у потребителей (предприятий-разработчиков, изготовителей, организаций, эксплуатирующих данные комплексы) информации о причинах неисправностей, отказов и аварий, а также об эффективности проведенных доработок.

3. Отсутствует единая технология разработки программных средств для решения конкретных задач информационного обеспечения, что не позволяет достичь приемлемых характеристик функционирования системы информации о техническом состоянии и надежности РКК.

Для устранения указанных недостатков предлагается от эвристических алгоритмов оценивания технического состояния и надежности РКК перейти к теоретически и методически обоснованным алгоритмам анализа состояния РКК и управления им. Для этого необходимо создать распределенную автоматизированную систему информационной поддержки принятия решений (АСИППР), обеспечивающую эффективное решение задач мониторинга РКК.

Создаваемая АСИППР должна обеспечить:

- автоматизированную обработку потоков информации о состоянии объекта управления с отображением ее в реальном масштабе времени в удобном для пользователя виде;
- автоматизированную идентификацию состояния объекта управления и выдачу рекомендаций по управлению им лицам, принимающим решение;
- возможность моделирования реакции объекта управления на различные управляющие воздействия на основе использования системы имитационного моделирования;
- получение пользователями справочной информации по устройству, принципам функционирования, правилам эксплуатации объекта управления и его составных частей, а также статистических данных о параметрах его функционирования;
- возможность индивидуальной настройки параметров функционирования АСИППР и интерфейса ее взаимодействия с пользователями.

Для создания АСИППР предлагается использовать интеллектуальную информационную технологию (ИИТ) автоматизации процессов мониторинга состояния КС в реальном масштабе времени [2], для которой характерны:

- сбор, формализация, верификация и коррекция всех необходимых для мониторинга состояния КС данных и знаний, осуществляемые технологами предметной области, а не инженерами-программистами;
- организация вычислений в составе распределенной системы информационного обеспечения, возможность создания системы разнородных математических моделей, достаточно адекватных контролируемым процессам и явлениям, даже при наличии факторов, разрушающих информацию и снижающих ее достоверность;
- возможность обеспечения удобного для пользователя интерфейса и диалога с информационной системой и отображения (представления) обработанных данных с помощью средств когнитивной графики;
- единая для всех потребителей автоматизированная база данных и знаний об этапах жизненного цикла космических комплексов — от проектирования до вывода из эксплуатации;
- единая технология автоматизированного проектирования и разработки различных программно-аппаратных средств (от устройств управления силовым оборудованием до человеко-машинного интерфейса);
- серийное производство унифицированных программно-технических комплексов с применением оптимальных технологических процессов разработки;
- надежное резервирование информации на аппаратно-программном уровне с применением обработанных средств самодиагностики оборудования.

Следует отметить, что синтез АСИППР для конкретных целей и условий применения должен производиться на основе использования конкретных экспертных эвристических методик или ИИТ, их реализующих и ориентированных зачастую на нечеткость и слабую формализуемость достигаемых при информационном обеспечении целей, выполняемых задач и принимаемых решений.

Таким образом, использование ИИТ автоматизации процессов мониторинга состояния КС в реальном масштабе времени для создания АСИППР позволит сформировать единую базовую систему информационного обеспечения на всех этапах жизненного цикла КС, что приведет к существенному повышению достоверности и оперативности получения всеми потребителями информации, необходимой для принятия решения по выполнению целевых задач [9]. Реализация АСИППР, построенной на базе ИИТ, позволит повысить эффективность деятельности руководителей всех уровней благодаря следующим факторам:

- реализации функций получения и визуализации в интерактивно формируемом виде обобщенных результатов мониторинга состояния космических аппаратов, ракет-носителей, объектов НКИ и других объектов управления;

- формированию рекомендаций по идентификации состояния объекта и принятию соответствующих решений в условиях жестких временных ограничений;
- максимальному взаимодействию со всеми участниками проекта, учету их знаний и интересов за счет итерационного сквозного режима проектирования;
- оперативному уточнению в ходе разработки сложных динамических моделей функционирования технологических процессов АСИППР;
- повышению надежности и эффективности процессов мониторинга объектов за счет поддержки в принятии решений по предупреждению аварий и катастроф, в поиске причин возникновения неисправностей;
- интеграции существующих специализированных программных комплексов в единую систему мониторинга и управления и их кроссплатформенности.

Междисциплинарные исследования по рассматриваемой тематике проводились при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты 10-07-00311, 10-08-90027, 09-07-00066, 08-08-00403, 09-07-11004), Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН (проект № 2.3).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каргин В. А., Майданович О. В., Охтилев М. Ю., Россиев А. Ю. Автоматизированная система управления подготовкой и пуском ракет космического назначения как корпоративная информационная система // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2010. № 7. С. 78—83.
2. Охтилев М. Ю., Соколов Б. В., Юсупов Р. М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. М.: Наука, 2006. 410 с.
3. Статистические методы обработки результатов наблюдений / Под ред. Р. М. Юсупова. М.: МО СССР, 1984. 563 с.
4. Козырев Г. И., Назаров А. В., Обрученков В. П. и др. Современная телеметрия в теории и на практике. СПб: Наука и техника, 2007. 668 с.
5. Каргин В. А., Николаев Д. А., Нездоровин Н. В. и др. Особенности обработки телеметрической информации ракет-носителей в реальном масштабе времени // Информация и космос. 2009. № 4. С. 77—82.
6. Стёпкин В. С., Шмыголь С. С. Автоматизированная обработка и анализ измерительной информации. М.: МО СССР, 1980.
7. Охтилев М. Ю., Соколов Б. В., Чуприков А. Ю. и др. Перспективные направления развития информационных технологий мониторинга состояния сложных технических объектов в реальном масштабе времени // Авиакосмическое приборостроение. 2004. № 11. С. 50—59.
8. Каргин В. А., Россиев А. Ю. Анализ основных проблем при создании автоматизированных систем управления подготовкой и пуском ракет космического назначения // Науч. сессия ГУАП: Сб. докл.; Ч. II. Технические науки. СПб: ГУАП, 2010. С. 173—175.
9. Охтилев М. Ю., Чуприков А. Ю., Ничипорович О. П. др. Унифицированная информационная технология мониторинга динамически изменяющихся состояний космических средств и средств НКУ на основе измерительной информации и представления его результатов на индивидуальных и коллективных средствах отображения // Авиакосмическое приборостроение. 2007. № 5. С. 20—24.

#### Сведения об авторах

- Виктор Александрович Каргин** — канд. техн. наук; ЗАО „СКБ ОРИОН“, Санкт-Петербург; E-mail: vic\_kargin@mail.ru
- Олег Владимирович Майданович** — канд. техн. наук, доцент; Космодром „Плесецк“, г. Мирный; начальник космодрома; E-mail: sid.sn@yandex.ru
- Михаил Юрьевич Охтилев** — д-р техн. наук, профессор; ЗАО „СКБ ОРИОН“, Санкт-Петербург; зам. генерального конструктора; E-mail: oxt@mail.ru

Рекомендована СПИИРАН

Поступила в редакцию  
09.07.10 г.