

О.В. МАЙДАНОВИЧ  
**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА  
СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

---

*Майданович О.В. Интеллектуальные технологии автоматизированного мониторинга сложных технических объектов.*

**Аннотация.** Проведен анализ современного состояния исследований в области информационных технологий проектирования автоматизированных систем мониторинга для сложных организационно-технических систем, решающих широкий спектр возложенных на них задач, эффективное функционирование которых немислимо без наличия автоматизированной системы управления ими. Предложен подход к созданию распределенной системы информации о контроле состояния космических объектов и объектов наземной космической инфраструктуры на основе современных информационных технологий автоматизированного сбора, интеграции и комплексного анализа всех видов информации, циркулирующей в контуре как отдельных автоматизированных систем управления (АСУ) технологическими процессами, так и АСУ подготовки и пуска и АСУ космодрома в целом, и создания многоуровневой АСУ космодрома с использованием современных принципов организации корпоративных информационных систем.

**Ключевые слова:** автоматизированные системы мониторинга, системы сбора данных и управления, комплексное моделирование автоматизированных систем управления, сложная организационно-техническая система, реальный масштаб времени.

*Maydanovich O.V. Intellectual technologies of the automated monitoring of the complicated technical objects.*

**Annotation.** The analysis of a current state of researches in the field of an information technology of designing of the automated systems of monitoring is carried out. The approach to creation of the distributed system of the information on the control of a condition of space objects and objects of a land space infrastructure on the basis of a modern information technology of the automated gathering, integration and the complex analysis of all types of information, circulating in a contour as separate management information system (MIS) of technological processes, and management information system of preparation and start-up and management information system of the cosmodrome as a whole, and creations of a multilevel management information system of the cosmodrome with use of modern principles of the organization of the corporative information systems is offered.

**Keywords:** the automated systems of monitoring, data gathering and management system, the complex modeling of the automated control systems, complicated organizational-technical system, a real time scale.

---

**1. Введение.** Как известно, одним из наиболее актуальных видов автоматизации всегда была и остается автоматизация управления различными сложными технологическими процессами (промышленными линиями, удаленными техническими средствами и т. п.). К числу сложных организационно-технических систем можно отнести, в первую очередь, объекты, широко используемые в атомной, гидро- и

тепловой энергетике, производственных и транспортных системах, ракетно-космических системах и комплексах (РКС и РКК). На современном этапе развития процессов автоматизации общественной жизни (этапе перехода от индустриального к информационному обществу) особую значимость приобретает автоматизация информационных процессов, что непосредственно связано с информатизацией [2]. Центральную роль в решении перечисленных проблем играют и будут играть информационные технологии и их важнейший подвид — космические информационные технологии (КИТ) [9].

**2. Проблемные вопросы разработки интеллектуальной информационной технологии автоматизированного мониторинга.** Многие существующие и проектируемые сложные технические объекты и СОТС (в том числе объекты ракетно-космических комплексов) являются, как правило, дистанционно управляемыми с помощью операторов (диспетчеров). Информация для операторов о текущих состояниях функционирования сложных организационно-технических систем (СОТС) передается в виде значений измерительной информации (ИИ). Повышение уровня сложности современной техники требует существенного увеличения количества контролируемых параметров при ее функционировании. Количество таких параметров для широкого класса технических систем уже сегодня достигает нескольких сотен и тысяч, что существенно усложняет их восприятие и интерпретацию состояний СОТС в целом. Необходимость описания СОТС в различных сферах и областях человеческой деятельности, усложнение технических решений для СОТС, требования к постоянному повышению квалификации экспертов предметной области и специалистов по эксплуатации СОТС, а также многие другие важные аспекты повышают значимость создания интеллектуальных информационных технологий (ИТ) и реализующих их программных комплексов (ПК), позволяющих проектировать автоматизированные системы (АС) мониторинга состояния и управления СОТС в реальном времени.

СОТС (например, ракетно-космические комплексы различного назначения) характеризуются перечнем специфических особенностей, которые ставят для разработчиков ИТ и соответствующих ПК ряд серьезных задач, таких, как:

- формализация неполных, нечетких, разнотипных и даже противоречивых исходных данных и знаний об объекте на этапе сбора информации и формирования базы знаний (БЗ);
- обработка больших и даже сверхбольших потоков ИИ, формируемых значительным количеством контролируемых параметров (например, при анализе функционирования ракеты-носителя (РН) на активном участке полета (около 10 минут) количество измерений для

всех телеметрических параметров (более 2000) достигает 36 млн.);

- повышение достоверности и уменьшение избыточности ИИ на этапе ее обработки;

- потоковость вычислений как на этапе обработки, так и на этапе анализа ИИ;

- функционирование АС в режиме реального времени (РВ): обработка поступающей на ее вход информации (управление получением ИИ, прием-передача данных между функциональными элементами АС, синхронизация процесса анализа и управления), анализ значений параметров, формирование и выдача (при необходимости) управляющего воздействия на ОУ со скоростью не ниже скорости развития событий на объекте;

- функционирование АС в рамках распределенной вычислительной сети в условиях больших расстояний (разнесенности) между ее функциональными элементами и при наличии разнообразия аппаратно-программных платформ потребителей;

- одновременное обеспечение большого количества потребителей результатами мониторинга состояния СOTS;

- высокое качество представления конечных результатов мониторинга состояния и управления (МСУ) СOTS ввиду высокой стоимости принимаемых на их основе решений по управлению объектом (ОУ).

Отличительная черта рассматриваемых СOTS состоит еще и в том, что в процессе эксплуатации возможны различные изменения штатного поведения данных объектов и систем, вызванные неисправностями или внешними возмущающими факторами. Это обуславливает необходимость на этапе применения АС осуществлять оперативное формирование таких процедур МСУ СOTS, при которых обнаружение, локализация и ликвидация сбоев и отказов в них будут происходить значительно раньше, чем станут проявляться возможные последствия неисправностей. Указанные аспекты МСУ СOTS особенно важны для организационно-технических комплексов, особо критичных к управлению при возникновении аварийных и нештатных ситуаций в условиях дефицита времени. Таким образом, для обеспечения требуемой степени качества и оперативности управления СOTS необходимо, во-первых, обеспечить алгоритмизацию процессов смысловой интерпретации всех возможных штатных и нештатных состояний их функционирования и, во-вторых, обеспечить решение этой задачи в реальном времени с учетом возможных вариантов построения как самих СOTS, так и соответствующей АС.

Основным способом выявления (оценивания) технического состояния (ТС) ОУ служат сбор, обработка и анализ ИИ. Здесь под ТС по-

нимается совокупность изменяющихся в процессе производства, испытаний, эксплуатации свойств (качеств) ОУ, характеризующих его функциональную пригодность в заданных условиях применения. Сбор ИИ есть процесс получения (приема) и распределения всех значений измеряемых параметров. Под обработкой ИИ понимается процесс получения оценок измеряемых параметров ТС на основе собранных данных, снабженных показателем степени доверия к этим оценкам. Целью мониторинга состояния СОТС на основе анализа ИИ является получение обобщенных оценок совокупности параметров ТС, значения которых в явном виде либо указывают степень работоспособности рассматриваемого ОУ или место и вид возникшей неисправности, либо являются оценками прогнозируемых явлений и процессов с заданной точностью и интервалом прогноза и т. п. Необходимо отметить, что в настоящее время результаты решения задач сбора и обработки ИИ в достаточной мере удовлетворяют требованиям АС МСУ СОТС, однако в подавляющем большинстве случаев процесс мониторинга состояний ОУ автоматизирован лишь частично. Как правило, в современных АС операторам представляется смысловая информация только о состояниях отдельных элементов ОУ. Интегральную оценку состояния ОУ в таких системах выполняют операторы. Для этого им требуется знать и уметь оперативно анализировать многочисленные контекстные условия процессов динамического взаимодействия элементов и подсистем ОУ, что качественно в полном объеме и в РВ выполнять практически невозможно.

При наличии большой разнотипности как самих объектов анализа (ОА) или ОУ (в том числе их сменяемости), так и непосредственно обрабатываемой информации при проектировании новых версий специального программного обеспечения (СПО) автоматизированного анализа (АА) ИИ необходимо учитывать целый спектр **требований**, такие, как:

- малые сроки «постановки на информационное обслуживание» новых ОА и, соответственно, небольшая стоимость этого процесса;
- невысокие требования к программистской квалификации сопровождающего это СПО персонала;
- унификация и модульность построения используемых в СПО программно-алгоритмических средств, что позволяет быстро комплектовать нужные версии в зависимости от конкретных условий и целей применения;

– устойчивая (надежная) работа СПО при возникновении различных нештатных (непредусмотренных специалистами по соответствующим ОА) ситуаций;

– режим обработки данных «в реальном времени».

### **3. Интеллектуальная информационная технология автоматизированного мониторинга**

Для максимального удовлетворения всех перечисленных противоречивых требований, предъявляемых как к облику СПО АА ИИ, так и в целом к автоматизированным системам мониторинга (АСМ) состояния СОТС, необходимо отойти от традиционно используемых при проектировании таких систем информационных технологий и архитектур и учесть следующие основные современные *тенденции* и *перспективы* развития информационных технологий (ИТ) и открытых (сервисориентированных) архитектур [2, 3, 4, 5, 7, 8, 10]:

1. *Переход от классических вычислений к альтернативным способам организации вычислительного процесса.*

2. *Использование технологии активных объектов.*

3. *Ориентация на приоритет модели, а не алгоритма.*

4. *Реализация естественного параллелизма вычислений.*

5. *Проактивность и самоорганизация вычислений.*

Все указанные выше и некоторые другие (не упомянутые здесь) тенденции приведут со временем к тому, что прикладные программные системы будут строиться на основе приоритетности *модели* (а не алгоритма), мультиагентности и ассоциативно самоорганизующемуся недетерминированном параллельном вычислительном процессе.

Обеспечение приведенного перечня требований невозможно также без наличия математической *теории программирования*, лежащей в основе создания и сопровождения рассматриваемых версий СПО анализа ИИ. Действительно, в практике программирования подобных систем в последнее время сложилась парадоксальная ситуация [2, 3, 4, 5, 7, 8, 10].

С одной стороны, благодаря впечатляющим успехам развития вычислительной техники в распоряжении специалистов имеются ЭВМ, которые работают быстрее первых серийных машин в сотни тысяч и миллионы раз. Производительность же труда программистов выросла всего лишь в десятки раз. В связи с этим неизбежный путь преодоления возникающих проблем — это всесторонняя автоматизация самого процесса программирования, а значит, и развитие теории программирования, моделирующей объекты, явления, процессы, имеющиеся при создании программных комплексов. При этом главная цель развития

теории и ее прикладных аспектов — решение фундаментальных проблем и поиск фундаментальных идей, приводящих к качественно новым решениям практики. Если с текущими задачами помогает справиться смекалка и опыт программиста, то принципиально новые решения появляются как результат глубокого анализа основ разработки и сопровождения программных комплексов.

Фундаментальный вклад в становление методологической основы разработки и сопровождения программных комплексов (ПК) АА ИИ, предназначенных для решения задач мониторинга состояний СОТС, внесли выдающиеся отечественные и зарубежные ученые [2, 3, 4, 5, 7, 8, 10], развившие базовые элементы таких научных направлений, как теория автоматов, теория алгоритмов, теория искусственного интеллекта, математическая логика, общая топология, теория программирования (Computer Science), теория распознавания образов, теория статистических выводов и решений, теория формальных языков и грамматик и др.

Потребности практики стимулировали развитие конструктивных прикладных теорий, решающих большую часть проблем, возникающих при АА ИИ, в широком смысле. Среди них можно отметить, в частности, направления исследований, результаты которых опубликованы в работах ученых Российской академии наук, МО РФ, оборонной промышленности.

Все перечисленные направления, хотя и имеют глубокие проработки в своих исследованиях, но не в состоянии обеспечить методологическим аппаратом процессы проектирования, разработки, сопровождения ПК АА ИИ в жестких, оговоренных выше условиях. Такое положение дел имеет место либо из-за рассмотрения в них довольно частных задач исследуемой предметной области (ПрО), либо из-за того, что положения и выводы некоторых из названных направлений затрагивают слишком широкую сферу приложений и не учитывают существенную специфику предметной области, что в целом приводит к принятию далеко неоптимальных решений при исследовании процессов АА ИИ.

Так, например, известные подходы недостаточно эффективно или вообще не обеспечивают решение ряда основных проблем, стоящих перед теорией и практикой АА ИИ [2, 4, 5, 7, 8]. Ими являются:

– отсутствие единой концептуальной основы в построении информационных систем (ИС) АА ИИ, функционирующих как в различных условиях применения, так и целевого назначения;

– принципиальная невозможность формального описания всех возможных видов ТС с учетом их адекватности происходящим на ОА явлениям и процессам из-за применения разнообразного математического аппарата — для различных по назначению целей анализа ИИ;

– наличие большого количества форм представления данных и, соответственно, типов моделей представления знаний об ОА, обусловленное существованием субъективных взглядов и специализированных подходов в разных заинтересованных организациях, занимающихся проблемами мониторинга состояний ОА, что препятствует накоплению, систематизации и распространению богатого опыта в практике эксплуатации доказавших свою полезность передовых ИТ АА ИИ;

– невозможность, как правило, с помощью существующих научных и практических подходов автоматически формировать корректную и оптимальную программу АА ИИ по любой заданной на конкретный сеанс управления цели анализа с учетом специфических условий ее реализации;

– неспособность известных к настоящему времени прикладных теорий, моделей и алгоритмов проводить АА с учетом существенных особенностей поступающей для анализа ИИ, среди которых можно отметить ее естественный параллелизм, потоковость, слабо предсказуемую интенсивность, наличие недостоверных измерений и др.;

– отсутствие теоретического и экспериментального обоснования структуры и состава СПО, способного обеспечить эффективное решение задач распределенной системы информационного обеспечения и основного (с точки зрения насыщенности применяемого математического аппарата) ее элемента — ИС АА ИИ;

– наличие больших затрат на модернизацию и сопровождение больших ПК АА ИИ, надежность которых к тому же обратно пропорциональна их объему;

– ориентация модельно-алгоритмического обеспечения, используемого в основном в однопараметрической оптимизации скорости проведения АА, когда быстродействие получения результатов мониторинга состояний ОА зависит только от мощности (а значит, и стоимости) используемых вычислительных комплексов — вне зависимости от их архитектуры, а также ряда других, менее существенных факторов.

Вместе с тем, наработанный к настоящему времени богатый методический аппарат современной программной техники позволяет решать практически любые задачи обработки данных о состоянии СОТС.

Анализ современного состояния разработки в области практической реализации информационных технологий проектирования АСМ

показывает, что в настоящее время существуют, по крайней мере, два крупных направления внедрения предлагаемого подхода на практике [2, 4, 5, 7, 8].

К *первому направлению* исследований могут быть отнесены результаты, полученные в рамках так называемой теории не доопределенных вычислений (на основе методов удовлетворения ограничений — constraint programming) и теории мультиагентных интеллектуальных систем. В качестве наиболее характерных представителей программных комплексов, поддерживающих данные направления исследований, могут быть названы интегрированный программный продукт СПРУТ, интеллектуальный «решатель» математических задач UniCalc.

Ко *второму направлению* исследований относятся так называемые системы сбора данных и управления — SCADA-системы (Supervisor Control And Data Acquisition — системы сбора данных и управления, системы операторского интерфейса и т. п.) с соответствующими визуальными средствами их разработки и сопровождения — CACSD (Computer Aided Control System Designer — средства визуального проектирования SCADA-систем). Данное направление реализации технологий проектирования и применения ACM COTC наиболее широко представлено на современном рынке программных систем, поддерживающих процессы сбора и обработки ИИ в РМБ в рамках соответствующей ИС COTC.

В чем же состоят причины существования перечисленных выше недостатков (проблем), связанных с проектированием и применением ACM и ИС COTC? Одна из главных причин указанных недостатков имеет методологический характер и состоит в том, что при разработке данных АС зачастую игнорируются требования системного подхода к проектированию сложных организационно-технических комплексов. Это, в частности, проявляется в осуществлении автоматизации лишь отдельных этапов процесса сбора и обработки информации или в решении на ЭВМ некоторых расчетных задач без рассмотрения проблемы автоматизации процессов управления в целом. Другими словами, не осуществляется комплексная автоматизация соответствующих процессов. Практика показывает, что автоматизации должны подвергаться только хорошо изученные и достаточно стабильные процессы и технологии, для которых разработаны конструктивные формальные средства описания (модели), методы, алгоритмы и методики решения соответствующих прикладных задач.

Проведенный анализ показал, что проблемы создания и развития АС — это, прежде всего, модельно-алгоритмические и информацион-

ные проблемы, требующие для своего решения разработки фундаментальной теоретической базы. Это означает, что создание качественно СПО автоматизации процессов мониторинга и управления состояниями СОТС необходимо начинать с разработки *прикладной теории управления*, в которой должны быть учтены все особенности соответствующей предметной области. В рамках указанной теории следует сформировать методологические и методические основы решения рассматриваемых задач мониторинга и управления СОТС. В противном случае каждый раз будет разрабатываться СПО, базирующееся на **эвристических подходах**, основанных, в свою очередь, на интуиции и практическом опыте прикладных программистов и операторов, эксплуатирующих СОТС. Данные информационные технологии и подходы позволяют, к сожалению, лишь облегчить труд программиста по конструированию программных модулей, но не предоставляют возможности проверки корректности описания предметной области, автоматического синтеза программ вычислений и в целом не обеспечивают в нужной степени повышения эффективности функционирования СОТС на основе соответствующей автоматизации.

Объектом рассмотрения в данной статье является операционная среда (ОпС), используемая при проектировании АС МСУ СОТС в РВ для конкретных ОУ и условий его применения. При создании интеллектуальной ИТ, реализованной в названной ОпС, были учтены требования скорости, удобства, малой стоимости проектирования, оптимальности структуры результирующей АС. Для выполнения этих требований используется специальная модель проектирования, которая была названа сквозной моделью проектирования программного обеспечения (ПО). В соответствии с такой моделью производится комплексное совместное параллельное проектирование как самой операционной среды, максимально учитывающей специфику задач МСУ СОТС в РВ, так и формирование непосредственно структуры АС для конкретного ОУ. Рассмотрим основные этапы используемой технологии проектирования.

Этап 1. Функциональное проектирование, заключающееся в выявлении информационных потребностей заказчика (предпроектное обследование, формулировка технических и частных технических заданий на разработку систем и подсистем проектируемого продукта).

Этап 2. Концептуальное проектирование АС (для данных — формирование концептуальной схемы БД, например, в виде ERD-диаграмм; для процессов обработки данных — определение входных и выходных данных). Концептуальный проект не зависит от реализации

и отражает содержательную сторону проектируемой АС.

Этап 3. Разработка архитектуры АС (выбор модели доступа к данным, программной платформы общего ПО — операционной системы (ОС), системы управления базами данных (СУБД) и др.; выбор аппаратной платформы — структуры вычислительной сети при многоаппаратном комплексе и др.).

Этап 4. Логическое проектирование АС (формирование логической схемы БД и написание прикладных программ на некотором языке).

Этап 5. Отладка и тестирование прикладных программ АС.

Этап 6. Сопровождение АС.

При этом в рамках рассматриваемой специализированной ОпС также параллельно выполняются следующие объектно-ориентированные этапы проектирования:

- информационное концептуальное моделирование — введение параметров (концептуальных понятий ПрО), групп параметров, задание правил сегментации области значений вводимых параметров (для осуществления качественного анализа ПрО и перехода от непрерывнозначных показателей свойств ОУ к дискретным);

- формирование поведенческой модели процесса МСУ — задание вычислительных моделей (как интеллектуальных агентов) и их метасистем (коллективов агентов). Суть этапа поведенческого моделирования состоит в описании информационных процессов (динамики функционирования), происходящих в АС при МСУ, и опирается на такие понятия, как состояние системы, событие, переход из одного состояния в другое, условия перехода, последовательность событий. Этот этап реализуется посредством визуально-объектного представления знаний конечных пользователей (КП) [экспертов предметной области, специалистов по эксплуатации СОТС], т. е. представления в виде модели, которая служит интерфейсом между человеком и вычислительной системой;

- генерация графического пользовательского интерфейса (GUI), предназначенного для организации диалога с КП и визуализации результатов МСУ;

- автоматический синтез корректной метапрограммы МСУ для ее реализации в сетевой среде проектируемой АС. На этом этапе выполняется комплексная автоматическая верификация всех введенных КП данных и синтезируется максимально параллельная программа МСУ на языке внутреннего представления.

Таким образом, проектированием ОпС в рамках интеллектуальной

ИТ занимаются профессиональные программисты и системные аналитики, которые также привлекают к этой работе и КП на всех этапах создания и внедрения данного ПО. Формированием (синтезом) непосредственно АС МСУ СОТС с использованием специализированных средств ОпС должны заниматься исключительно КП. Данный подход способствует получению высококачественного программного продукта — АС МСУ СОТС, так как в этом случае появляется возможность всестороннего учета знаний квалифицированных специалистов о своей предметной области. С другой стороны, за счет наличия итерационного сквозного режима проектирования достигаются максимальное взаимодействие не только КП, но и всех других участников проекта, комплексирование (учет) их знаний и интересов. Кроме того, за счет совмещения во времени большинства проектных работ обеспечивается минимизация сроков получения конечного продукта. Еще одним немаловажным достоинством названной технологии проектирования является простота сопровождения и доработки (развития) созданных программных средств (ПС) [как ОпС, так и АС].

Кроме того, главным достоинством проектирования АС МСУ СОТС, в соответствии с представленной сквозной итерационной схемой, является наличие возможности непосредственно в ходе разработки быстро выявлять и уточнять, а затем и реализовывать необходимый набор функциональных модулей создаваемого специального ПО. При этом тестирование спроектированной АС состоит в проверке интегральной корректности введенных КП данных, а ПС, получаемое в результате, действительно удовлетворяет всем требованиям заказчика и КП.

**5. Заключение.** На современном этапе развития науки и техники достигнут достаточно высокий уровень развития аппаратно-программных средств сбора, передачи и обработки информации, которые входят в состав любой ИС СОТС, постоянно происходит их модификация, улучшаются технико-экономические характеристики. Вместе с тем в настоящее время все большее число специалистов как на Западе, так и в России, начинают понимать всю важность комплексного интегрированного подхода к автоматизации функционирования предприятий и организаций, основанного на фундаментальных и прикладных результатах, полученных в современной математике, информатике, теории управления.

Системный анализ процессов создания, внедрения и сопровождения АСУ, функционирующих в критических приложениях, в том числе, в ракетно-космической отрасли промышленности, позволил сфор-

мулировать следующие основные проблемы, приводящие к снижению эффективности системы информации о техническом состоянии и надежности сложных технических объектов (СОТС):

- оценивание технического состояния сложных технических объектов и принятие решения проводятся практически вручную, без использования автоматизированных систем поддержки принятия решений, что приводит к низкой оперативности получения информации о качестве функционирования и надежности СОТС, особенно при возникновении нештатных (аварийных) ситуаций. Все это может привести к принятию ошибочных или несвоевременных решений по их дальнейшей эксплуатации;

- отсутствуют автоматизированные средства систематизации, накопления, хранения и доведения сведений о техническом состоянии и надежности СОТС и входящих в их состав изделий, что практически делает невозможным обобщение и распространение опыта разработки, изготовления и эксплуатации комплексов, особенно в условиях реформирования и модернизации ракетно-космической отрасли;

- отсутствуют в АСУ единые для всех потребителей базы данных и знаний обо всех этапах жизненного цикла СОТС, что ограничивает оперативный доступ к информации о причинах имеющихся замечаний, отказов и аварий СОТС, эффективности проведенных доработок, направленных на устранения этих причин.

Следует также отметить, что предлагаемая интеллектуальная система мониторинга состояния ориентирована:

- на сокращенный по времени режим внедрения разработанной технологии в конкретные предметные области;

- на внедрение разработанной технологии в существующие информационные среды заводов-изготовителей, полигонных комплексов, НАКУ с интеграцией всех необходимых информационных каналов;

- на распределенную операционную среду своего функционирования, в том числе на основе встраиваемых элементов используемого СПО;

- на реализацию исполнительной системы под управлением операционных систем Windows (Windows 2000, Windows XP), QNX, Linux, MC BC [11].

Предлагаемая технология может быть с успехом применена при проектировании, разработке, сопровождении как ПК, выполняющих задачи, традиционно называемые задачами вторичной обработки или автоматизированного анализа ИИ (в ЦУП-ах и секторах управления РН и КА военного и двойного назначения, при проведении стендовых

и заводских испытаний, на ТП и СК, в полете), так и крупномасштабных ПК мониторинга и управления сложными техническими объектами, распределенными (разнесенными) в пространстве с возможностью встраивания отдельных элементов СПО в эти ОУ.

В целом проведенный в статье анализ показал очевидную необходимость использования современных принципов, базирующихся на существующих и перспективных интеллектуальных информационных технологиях для автоматизированного сбора, интеграции и комплексного анализа всех видов информации, циркулирующей в контуре как отдельных АСУ сложных организационно-технических систем, так и АСУ космической отрасли в целом.

### Список литературы

1. *Судов Е.В., Гомозов В.А. и др.* Информационное обеспечение, поддержка и сопровождение жизненного цикла изделия В.В. Бакаев – М.: Машиностроение, 2005. – 624 с.
2. *Велихов Е.П., Бетелин В.Б., Кушниренко А.Г.* Промышленность, инновации, образование и наука в России / Научно-исследовательский институт системных исследований РАН. М.: Наука, 2009. 141 с.
3. *Зацаринный А.А., Ионенков Ю.С.* Тенденции развития современных информационных технологий с учетом концепции сетецентрических войн // Системы и средства информатики. 2007. Вып.17. М.: Наука, 2007. С. 47–64.
4. *Каргин В.А., Майданович О.В., Охтилев М.Ю.* Автоматизированная система информационной поддержки принятия решений по контролю в реальном времени состояния ракетно-космической техники // Приборостроение. 2010. Т.53. №11. С. 20–23.
5. *Майданович О.В., Охтилев М.Ю., Куссуль Н.Н., Соколов Б.В., Цивирко Е.Г., Юсупов Р.М.* Междисциплинарный подход к оцениванию и анализу эффективности информационных технологий и систем / Приборостроение. 2010. Т.53, №11. С. 7–16.
6. *Майданович О.В., Охтилев М.Ю., Соколов Б.В.* Методологические и методические основы создания единой информационно-вычислительной среды для системы воздушно-космической обороны // Сб. материалов Пятой Всероссийской научно-практ. конф. «Перспективные системы и задачи управления», г. Москва, 2010. С. 172–175.
7. *Майданович О.В., Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М., Цивирко Е.Г.* Количественное и качественное оценивание влияния информационных технологий на эффективность систем управления сложными объектами // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах: тр. Международной науч. шк. МА БР-2010 (Санкт-Петербург, 6–10 июля, 2010 г.). СПб.: ГУАП, 2010. С. 79–84.
8. *Майданович О.В., Соколов Б.В., Охтилев М.Ю.* Новый подход к созданию интеллектуальных информационных технологий проектирования систем мониторинга состояния сложных объектов // XI Международная научно-техн. конф. 12–14 мая 2010 г. «Кибернетика и высокие технологии XXI века»: сб. докл. в 2 т. Воронеж: НПФ «Сакво», 2010. Т.2. С. 601–608.

9. *Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М.* Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. М.: Наука, 2006. 410 с.
10. *Соколов Б.В.* Комплексное планирование операций и управление структурами в АСУ активными подвижными объектами. М.: МО СССР, 1992. 232 с.
11. *Каргин В.А., Майданович О.В., Россиев А.Ю.* Автоматизированная система управления подготовкой и пуском ракет космического назначения как корпоративная информационная система // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2010. №7. Т.8. С. 78.
12. *Майданович О.В.* Направления информационного обеспечения автоматизации организационно-технических объектов // Сб. научных трудов «Системы контроля, испытаний и управления космическими средствами». Выпуск №29 – в/ч 32103 Краснознаменск, 2012. С. 67–76.
13. *Охтилев М.Ю., Майданович О.В., Зотов Р.В.* Методология применения информационных технологий при проектировании автоматизированных систем мониторинга космических средств // Космонавтика и ракетостроение. №4 (69). Королёв: ЦНИИМаш, 2012. С. 73–77.

**Майданович Олег Владимирович** — кандидат технических наук, доцент, докторант ГУАП. Область научных интересов: системный анализ, информационные системы. Число научных публикаций — 32. Ул. Октябрьская, д.3, г. Краснознаменск Московской области, РФ; тел. / факс +7(495)-590-30-95, e-mail: sid.sn@yandex.ru.

**Maydanovich Oleg Vladimirovich** — candidate of technical sciences, assistant professor, doctorant of St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation. Research interests: the system analysis, information systems. Number of scientific publications — 32. Oktyabrskaya street, 3, Krasnoznamensk, Moscow region, Russia; office phone/fax +7(495)-590-30-95, e-mail: sid.sn@yandex.ru.

Рекомендовано ЗАО «СКБ Орион», д.т.н., профессор, заместитель Генерального конструктора Охтилев М.Ю.

Статья поступила в редакцию 13.06.2013.

## РЕФЕРАТ

### **Майданович О.В. Интеллектуальные технологии автоматизированного мониторинга сложных технических объектов.**

Проведен анализ современного состояния исследований в области информационных технологий проектирования автоматизированных систем мониторинга для сложных организационно-технических систем (СОТС). Актуальность исследований обусловлена необходимостью описания СОТС в различных сферах и областях человеческой деятельности, усложнением технических решений для СОТС, требованиями к постоянному повышению квалификации экспертов предметной области и специалистов по эксплуатации СОТС и др.

Проблемой является большая разнотипность как самих объектов анализа (ОА) и объектов управления (ОУ), так и обрабатываемой информации при проектировании новых версий специального программного обеспечения (СПО) автоматизированного анализа (АА) ИИ. Для максимального удовлетворения противоречивым требованиям, предъявляемым как к облику СПО АА ИИ, так и в целом к автоматизированным системам мониторинга (АСМ) состояния СОТС, предлагается учесть следующие основные современные *тенденции* и *перспективы* развития информационных технологий (ИТ): переход от классических вычислений к альтернативным способам организации вычислительного процесса; использование технологии активных объектов; ориентация на приоритет модели; реализация естественного параллелизма вычислений; проактивность и самоорганизация вычислений.

Новизна предложенного подхода к созданию распределенной системы информации о контроле состояния космических объектов и объектов наземной космической инфраструктуры заключается в создании многоуровневой АСУ космодрома с использованием современных ИТ и принципов организации корпоративных информационных систем автоматизированного сбора, интеграции и комплексного анализа всех видов информации, циркулирующей в контуре как отдельных автоматизированных систем управления (АСУ) технологическими процессами, так и АСУ подготовки и пуска и АСУ космодрома в целом.

Предлагаемая технология может быть применена при проектировании, разработке, сопровождении как ПК, выполняющих задачи вторичной обработки и автоматизированного анализа ИИ, так и крупномасштабных ПК мониторинга и управления сложными техническими объектами, распределенными в пространстве с возможностью встраивания отдельных элементов СПО в эти ОУ.

## SUMMARY

### **Maydanovich O.V. Intellectual technologies of the automated monitoring of difficult technical objects**

The analysis of a current state of researches in the field of an information technology of designing of the automated systems of monitoring for the difficult organizational-technical systems(DOTS) is carried out. The urgency of researches is caused by necessity of the description of difficult organizational-technical systems in various spheres and areas of human activity, complication of technical decisions for DOTS, requirements to constant improvement of professional skill of experts of a subject domain and experts in operation DOTS, etc.

A number of problem questions is revealed. In the presence of big multitype as objects of the analysis (OA) or objects of management (OM) (including their removability), and at designing of new versions of the special software (SSW) the automated analysis (AA) AI. Thus it is necessary to consider

- small terms «statements on information service» new OA;
- insufficiently high level of requirements to qualification of the personnel;
- unification and modularity constructions used in SSW programmno-algorithmic means;
- steady (reliable) work SSW at occurrence various supernumerary (unforeseen experts on corresponding OA) situations;
- data processing mode «in a mode of real time».

Therefore for the maximum satisfaction of all listed inconsistent requirements, shown as to shape of SSW AA AI, and as a whole to the automated systems of monitoring (ASM) conditions COTC, it is necessary to consider following basic modern lines and *prospects* of development of an information technology (IT): transition from classical calculations to alternative ways of the organisation of computing process; use of technology of active objects; orientation to a model priority, instead of algorithm; realisation of natural parallelism of calculations; proactivity and self-organising of calculations.

Novelty of the offered approach to creation of the distributed system of the information on the control of a condition of space objects and objects of a land space infrastructure consists in creation of a multilevel management information system of the cosmodrome with use modern IT and principles of the organisation of corporate information systems of the automated gathering, integration and the complex analysis of all types of information, circulating in a contour as separate automated control systems (management information system) of technological processes, and MANAGEMENT information system.

The offered technology can be applied with success at designing, working out, support as the personal computer, carrying out of a problem, traditionally named problems of secondary processing or the automated analysis of AI, and large-scale personal computers of monitoring and management of the difficult technical objects distributed (carried) in space with possibility of embedding of separate elements SSW in these OM.