

4. Рахманов А.А., Буренок В.М., Глушков А.А. О коммерческом потенциале двойных технологий, разрабатываемых в ходе выполнения оборонных заказов // Сумма технологий. – 2002. – № 3 (11).
5. Рахманов А.А., Буренок В.М. Основные проблемы технического оснащения Вооружённых сил // Качество: теория и практика. – 2001. – Вып. 2. – С. 17-21.
6. Рахманов А.А., Буренок В.М., Лавринов Г.А. Контроль ценообразования военной продукции – пути решения проблемы // Военно-экономический вестник. – 2002. – № 1.
7. Рахманов А.А., Буренок В.М., Лавринов Г.А. Оценка реализуемости Государственной программы вооружения // Военная мысль. – 2001. – Вып. 1. – С. 37-40.
8. Рахманов А.А., Буренок В.М., Мельников И.Д. Государственная программа вооружения: этапы и принципы формирования в современных условиях // Военная мысль. – 2000. Вып. 2. – С. 17-21.
9. Рахманов А.А., Криворучко В.В. Кризис в развитии отечественного вооружения: первые уроки // Независимое военное обозрение. – 2001. – № 27 (249).
10. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория вооружения: Учебное пособие / Под общей редакцией А.А. Рахманова. – М., 2002.
11. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / Под ред. Московского А.М. – М.: Вооружение. Политика. Конверсия, 2004. – 419 с.
12. Федеральный закон от 23 декабря 2012 г. № 275-ФЗ «О государственном оборонном заказе» // Собр. законод. РФ. 31.12.2012, № 53. Ст. 7600.
13. Федеральный закон от 5 апреля 2013 г. № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» // Собр. законод. РФ. 08.04.2013, № 14. Ст. 1652.
14. Вопросы контрактных (договорных) отношений при поставках продукции (работ услуг) по государственному оборонному заказу / Под ред. Московского А. М. – М.: 3 ЦНИИ МО РФ, 2001. – 125 с.
15. Диалектика технологий воздушно-космической обороны. ИД «Столичная энциклопедия». – М., 2011.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.Х. Пшихопов.

Рахманов Александр Алексеевич – ОАО «РТИ»; e-mail: arakhmanov@oaorti.ru; 127083, г. Москва, ул. 8-го Марта, д. 10, стр. 1; тел.: +74957880948; зам. генерального конструктора.

Rakhmanov Alexandr Alekseevich – OJSC «RTI»; e-mail: arakhmanov@oaorti.ru; 10/1, March 8 street, Moscow, 127083, Russia; phone: +74957880948; deputy general designer.

УДК 681.3.06

П.Н. Автамонов, М.Ю. Охтилев, Б.В. Соколов, Р.М. Юсупов

**АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ
И ВНЕДРЕНИЯ ВЗАИМОСВЯЗАННОГО КОМПЛЕКСА
УНИФИЦИРОВАННЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ (СППР) В АСУ ОБЪЕКТАМИ
ВОЕННО-ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Предлагается новая интеллектуальная информационная технология (ИИТ), и унифицированная программная платформа, ориентированные на решение задач принятия решений в АСУ объектами военного и государственного управления. Данная технология базируется на междисциплинарной методологии и включает в себя результаты, полученные в различных фундаментальных и прикладных теориях. Одной из таких прикладных теорий, разрабатываемых авторами доклада, является теория управления структурной динамикой автоматизированных систем (АС), решающих задачи мониторинга и управления сложными объектами. В рамках данной теории с единых позиций можно подойти как к

решению задач структурно-функционального синтеза облика указанных АС, так и оперативному решению задач конфигурирования и реконфигурации их структур в динамически изменяющейся обстановке. Более того, в отличие от широко представленных на практике существующих специализированных узких подходов и технологий решения задач мониторинга и управления сложными объектам, предлагаемая методология и методические основы интеллектуального интерактивного мониторинга и управления сложными объектами получила широкую и успешную реализацию в различных предметных областях (космонавтика, атомная энергетика, экология, логистика, военные приложения и т.п.). Интересные перспективы открываются по использованию данной технологии и соответствующих систем при создании сети ситуационных центров поддержки принятия решений при мониторинге и управлении объектами в военной и гражданской сферах.

Интегрированные системы поддержки принятия решений; автоматизированные системы управления; интеллектуальная информационная технология; унифицированная программная платформа.

P.N. Avtamonov, M.Yu. Okhtilev, B.V. Sokolov, R.M. Yusupov

**ACTUAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL PROBLEMS OF DESIGN
AND IMPLEMENTATION OF INTEGRATED AND INTERCONNECTED
UNIFIED DECISION SUPPORT SYSTEMS (DSS) IN AUTOMATIC CONTROL
SYSTEM (ACS) IN MILITARY AND CIVIL SCOPES**

The suggested intelligent information technology (IIT) and unified program platform (UPP) of complexity objects monitoring and control are based on interdisciplinary methodology of creation and application of any information technology and many applied theories such as structure dynamics control theory, operation research, artificial intelligence. Besides, it lets consider functioning dynamics and possible structure degradation of complex objects in critical situations, and operate structural dynamics of complex objects. Moreover methodological and techniques foundations of structural dynamics control theory for structure-functional synthesis of informational monitoring systems are proposed in the paper. Suggested IIT and UPP are oriented on integrated decision support systems (IDSS) design and implementation in modern automatic control systems (ACS) in different problem domains. Unlike existing systems, the IIT is universal, it includes the combined methods and algorithms of decision making in various classes of monitoring problems, forecasting and safety control of complex objects regardless to their appointment. Now IIT is successfully implemented in monitoring and control systems in military and civil scopes.

Integrated decision support systems; automatic control systems; intelligent information technology; unified programm platform.

Введение. Актуальность разработки и внедрения многофункциональной СППР в АСУ СОТО. Характерной особенностью современных сложных организационно-технических объектов (СОТО), к числу которых относятся и объекты военного и государственного управления (ОВГУ), является наметившаяся устойчивая негативная тенденция, вызванная дальнейшим обострением одного из основных противоречий технико-экономической сферы в XXI в., связанного с разрывом между уровнем и масштабами общественного производства и уровнем управления этим производством [1–3, 7, 8, 12]. Это объясняется, прежде всего, нарастающим усложнением объектов и процессов управления и соответственно повышением меры ответственности за принимаемые решения (выбираемые управляющие воздействия), что настоятельно требует строгой регламентации и структуризации технологии управления или, другими словами, индустриализации управления на основе дальнейшей комплексной автоматизации всех видов деятельности, создания различных классов автоматизированных и информационных систем. При этом автоматизация предполагает применения комплекса технических, программных, организационных и прочих методов и средств с целью полного или частичного высвобождения человека от непосредственного участия в получении,

передаче, хранении, обработке и использовании материалов, энергии и информации [10]. К СОТО, обладающим вышеназванными характеристиками, в настоящее время, безусловно, можно отнести существующие и проектируемые территориально распределенные производственные и сервисные системы, входящие в состав международных корпораций и холдингов, многочисленные транспортные и логистические системы, городское хозяйство и государственные структуры, органы военного управления, вооружение и техника и пр., так как все они имеют целый ряд особенностей, среди которых следует выделить: многоаспектность, многоструктурность и неопределенность их поведения, иерархию, структурное подобие и избыточность основных элементов и подсистем, связей между ними, многовариантность реализации функций управления на каждом из их уровней, территориальную распределенность и мобильность компонентов, наличие, как правило, режима функционирования в реальном времени (зачастую, в жестком реальном времени) [8]. Временные задержки и ошибки в управлении, вызванные неверным решением задачи анализа состояний и выдачи управляющих воздействий СОТО, могут привести к необратимым негативным последствиям – срыву боевой задачи, отказам, различным по своим последствиям авариям и даже катастрофам (примеры – катастрофа на Чернобыльской АЭС, гибель АПЛ «Курск», многие авиакатастрофы). В наибольшей степени эта проблема обостряется при возникновении нештатных ситуаций – отклонении поведения СОТО от ожидаемого, вызванного различными внешними и внутренними факторами. В большинстве случаев процедуры анализа состояния и формирования управляющих воздействий СОТО в таких ситуациях не автоматизированы. Решение этой задачи возлагается на операторов. Практика управления различными СОТО показывает, что именно в этих ситуациях операторы не справляются с задачей оценки и контроля функциональных состояний СОТО, что и приводит к различным негативным последствиям [3–7]. Увеличение количества контролируемых параметров и требование обеспечить управление СОТО в реальном масштабе времени (РМВ), в том числе при возникновении нештатных ситуаций, обуславливают необходимость *постоянного* совершенствования процессов сбора, обработки, интерпретации и анализа (технологии мониторинга) измерительной информации, а также – *создания специальных, принципиально новых по идеологии построения и функциональным возможностям* комплексов автоматизированной интеллектуальной обработки и анализа информации, функционирующих в РМВ. Создание и внедрение таких комплексов в наибольшей степени актуально там, где мониторинг состояний СОТО осуществляют операторы по показаниям многочисленных датчиков, при анализе донесений и пр. При этом в условиях ограниченных финансово-временных ресурсов особо актуальными становятся вопросы проектирования и внедрения унифицированных языковых инструментальных средств и методов представления и обработки данных, информации и знаний о процессах функционирования СОТО в РМВ, использование которых позволит в масштабах, например, вооруженных сил, создать единый многофункциональный комплекс автоматизации, заменяющий все существующие ныне узкоспециализированные программные системы анализа и контроля состояния СОТО. Все это обуславливает необходимость оперативного формирования таких процедур проактивного мониторинга и управления (ПМУ), при которых обнаружение, локализация и ликвидация сбоев, отказов нештатных аварийных ситуаций будет происходить *значительно раньше*, чем станут проявляться возможные их последствия.

1. Текущее состояние исследований и разработок СППР в АСУ СОТО.

На основе анализа современного состояния исследований и практической реализации в РФ вопросов проектирования и эксплуатации программных комплексов (ПК) как функционального ядра АСУ СОТО, предназначенных для автоматизации

процессов ПМУ СОТО, можно сделать вывод, что они, как правило, имеют узкую специализацию, жестко связаны с соответствующими СОТО. Указанные тенденции в настоящее время проявляются в том, что сейчас существует большое количество родственных по своим функциональным возможностям программных комплексов (ПК), входящих в состав АСУ СОТО и отличающихся друг от друга лишь по способу организации вычислительного процесса и виду используемой операционной среды. При этом на их эксплуатацию, модернизацию и сопровождение ежегодно в масштабах, в частности, Вооруженных сил РФ (ВС РФ) расходуются огромные финансовые средства. Из-за ведомственной разобщенности проектировщиков названных систем возникает параллелизм и дублирование в разработке единых по содержанию и назначению ПК объектов контроля. В случае создания унифицированных языковых средств и методов представления и обработки знаний о процессах функционирования СОТО в РМВ появляется возможность существенной экономии затрачиваемых ресурсов на разработку и постановку на информационное обслуживание новых и модификацию существующих объектов контроля.

Проведенный анализ существующих и проектируемых средств ПМУ СОТО за рубежом, в частности, в США, показал, что, в первую очередь, в интересах министерства обороны и NASA в рассматриваемом направлении достаточно широко ведутся исследования, интенсивность которых, судя по количеству доступных публикаций, постоянно возрастает, что свидетельствует об актуальности и нетривиальности данной проблемы. Так, еще в начале 2010 г. в МО США принята в эксплуатацию объединенная информационная система, что подтверждает намерения США достигнуть не только информационного превосходства, но и осуществить накопление знаний, т.е. достигнуть превосходства в интеллектуальной сфере.

Это, по мнению руководства МО США, позволит опережать противника в информационной осведомленности, качестве (обоснованности) принятия решений и результативности (эффективности) применения сил и средств.

Путь, который прошли вооруженные силы США за последнее десятилетие, можно отразить следующим образом: от телекоммуникационной связности – к связности информации; от связности информации – к результатам ее обработки; от результатов обработки информации – к накоплению и использованию знаний.

Главными принципами этих мероприятий можно считать обеспечение реальной интеграции войсковых группировок, применение открытой архитектуры и модульности построения современных систем и комплексов вооруженной борьбы, а также осуществление вертикальной и горизонтальной интеграции и взаимодействия всех участников операции (боевых действий).

Вызывает большие опасения, что в области создания автоматизированных систем проектирования и управления, а также создания и развития других информационных технологий (ИТ) для соответствующих автоматизированных систем ПМУ в промышленной сфере и военном деле российских фирм в числе мировых лидеров, как правило, нет. Подавляющее большинство российских фирм как новых, так и вышедших из недр оборонных предприятий и работающих в области информационных и компьютерных технологий, являются распространителями продуктов западных фирм. Немногие компании предлагают конкурентноспособные отечественные разработки. Но, к сожалению, их продукты, с позиций научной и инженерной мысли, зачастую не являются новаторскими, а лишь используют ИТ, появившиеся за рубежом, и отличаются от последних, возможно, лишь большей степенью учета специфики конкретных условий применения.

Очевидно, что для того, чтобы остаться независимым государством и иметь достаточный уровень обороноспособности, такое положение дел устраивать не может. Аргументом в пользу актуальности разработки эффективных ИТ может

служить факт о том, что холодную войну западные страны выиграли без применения «горячих» средств, а благодаря именно превосходству в указанных технологиях. Более того, сегодня тотальная зависимость от кого-либо в информационных технологиях выливается в зависимость государства в целом.

Комплексность и сложность моделей и методов в подобной интеллектуальной системе, ориентированной на цепочку *«моделирование – прогнозирование – принятие решения»*, очевидна. Эта интеллектуальная система может стать координирующим центром, распределяющим ограниченные информационные ресурсы. Работать она будет в интересах тех, кто сумел создать реализованные в ней ИТ. Очевидно, что в однополярном (с позиций научно-технического потенциала в ИТ) мире такая система будет работать в интересах некой избранной группы (организаций, государств). Баланс же интересов возможен только в многополярном мире. России в сложившихся условиях, если она хочется оставаться независимым государством, необходимо стать одним из таких полюсов, чтобы не оказаться в положении, полностью подчиненном воле внешних (возможно, враждебных) сил. Поэтому в современных условиях крайне важно сформулировать задачи соответствующей стратегической инициативы, предусматривающей скорейшую ориентацию на создание элементов будущей интеллектуальной системы для моделирования, прогнозирования и принятия решений в АСУ ОБГУ.

2. Цель и назначение унифицированной СППР в АСУ СОТО. Центральная роль в обеспечении необходимого качества управления СОТО принадлежит интегрированным системам поддержки принятия решений (СППР) и их ядру – специальному программно-математическому обеспечению (СПМО) поддержки принятия решений.

СППР предназначена для информационной, методической и инструментальной поддержки процессов подготовки и принятия решений лицами, принимающими решение (ЛПР) на всех этапах управления.

Целью внедрения СППР является повышение оперативности, обоснованности и эффективности деятельности органов управления за счет использования передовых ИТ, оперативного формирования на их основе комплексной аналитической информации, необходимой для выработки и принятия решений.

Для достижения этой цели в рамках внедряемой СППР должны быть решены следующие задачи:

- ◆ создание единого признакового пространства и показателей, характеризующих состояния объекта управления на базе централизованного информационного хранилища данных, обеспечивающего накопление, хранение и доступ к экспертным и историческим данным;
- ◆ интеграция существующих локальных баз данных в рамках централизованного информационного хранилища данных;
- ◆ сбор, накопление и применение знаний опытных экспертов в распределенных базах знаний для формирования выводов и рекомендаций;
- ◆ постоянный мониторинг (комплексный анализ) текущей ситуации;
- ◆ прогнозирование (сценарное и целевое) развития ситуации;
- ◆ повышение оперативности и качества управленческих решений на основе использования аналитических и прогнозных инструментальных средств;
- ◆ автоматизация процессов подготовки аналитической отчетности;
- ◆ визуализация данных с использованием средств когнитивной графики (в том числе с применением геоинформационных систем и пр.);
- ◆ инструментальная и информационная поддержка экспертно-аналитической деятельности ЛПР и экспертов.

3. Основные требования, предъявляемые к унифицированной СППР в АСУ СОТО. В связи со сложностью и многовариантностью проблем управления СОТО и создания соответствующей СППР необходимо, прежде всего, выработать и обосновать требования, предъявляемые как к СППР в целом, так и к ее основным элементам и подсистемам, исходя из специфики тех задач, которые будут решаться как в процессе управления СОТО, так и в процессе функционирования АСУ СОТО. Данные требования можно условно разбить на две большие группы: общие требования, предъявляемые к СППР и определяющие ее приспособленность к решению различных классов существующих и перспективных задач проектирования, создания, эксплуатации и совершенствования АСУ СОТО, и частные требования, предъявляемые к отдельным элементам и подсистемам СППР и связанные, в первую очередь, с процессами их построения и применения.

К числу общих требований, предъявляемых к СППР, можно отнести следующие требования [3–5, 9–12]:

1. *Обоснованность принимаемых с использованием СППР решений на различных этапах жизненного цикла АСУ СОТО.* При этом обоснованность принимаемых решений может быть повышена, во-первых, за счет использования более совершенных (точных, оперативных) методов и алгоритмов обработки информации и оптимального выбора, с использованием которых может быть обработан объем информации, перерабатываемый соответствующими органами управления без математических моделей. И, во-вторых, обоснованность принимаемых решений может повышаться также на основе широкого использования различных классов математических моделей проведения многократных просчетов, позволяющих количественно оценивать альтернативные варианты действий ЛПР.

2. *Обеспечение гармоничного взаимодействия ЛПР с вычислительной средой* (создание интеллектуального интерфейса, когнитивной графики). Опыт эксплуатации различных классов СППР показывает, что формализованные модели (прежде всего математические модели) не позволяют в полной мере учесть все многообразие реального процесса управления СОТО. Поэтому особую актуальность начинает приобретать вопрос объединения формализованных процедур анализа и выбора, реализованных в рамках СПМО СППР, и творческих возможностей ЛПР.

3. *Обеспечение открытости СППР и ее способности к адаптации, самоорганизации и развитию.* Анализ процессов создания, эксплуатации и совершенствования АСУ СОТО показывает, что «внешняя среда», с которой взаимодействует как СОТО, так и собственно АСУ СОТО, постоянно изменяется, а это, в свою очередь, приводит к изменению параметров и структур указанных объектов. В этих условиях разработанные на различных этапах с различными целями модели, методы и алгоритмы, входящие в состав СПМО СППР, могут лишь приближенно отражать необходимые свойства моделируемых элементов и подсистем АСУ СОТО.

Создание универсальных моделей и алгоритмов, реализующих все основные функции автоматизированного управления СОТО применительно к рассматриваемым предметным областям, является достаточно сложной научно-технической проблемой. Поэтому реально на практике в зависимости от складывающейся обстановки должны конструироваться или выбираться наиболее пригодные, в силу своих свойств, тип моделей (входящих в состав СППР) и соответствующий им алгоритм решения той или иной задачи автоматизированного управления.

АСУ СОТО и ее СПМО, находящиеся в условиях воздействия нестационарной внешней среды, только тогда будут способны обеспечивать выработку эффективных плановых и регулирующих воздействий, когда будут наделены особыми механизмами (процедурами) адаптации и, в перспективе, самоорганизации, обеспечивающими целенаправленное изменение параметров моделей и самих моделей и алго-

ритмов СППР с учетом возможных вариантов выдачи управляющих воздействий в будущем, что позволяет осуществлять приспособление АСУ СОТО к возможным сценариям развития как объектов управления, так и внешней среды. Конструирование или выбор типа модели и алгоритма СППР конкретного типа должны являться функцией специально выделенной подсистемы (адаптера), входящей в состав СППР.

Адаптация рассматриваемых АСУ СОТО, СППР предполагает адаптацию к «прошлому» и к «будущему». Для реализации указанных механизмов адаптации необходимо, чтобы в составе СППР имелись такие процедуры, которые обеспечивали бы накопление и сохранение уникального опыта работы органов управления, выявление закономерностей течения процессов управления, фиксацию этого опыта в формализованном виде: либо в форме алгоритмов переработки информации о компонентах вектора состояния АСУ СОТО, либо в виде параметров законов управления, либо в форме решающих правил (алгоритмов) принятия рациональных решений, либо в форме записей в базе данных или базе знаний.

4. *Своевременность выработки управляющих воздействий.* Это – важнейшее требование, предъявляемое к СППР (особенно на этапе применения АСУ СОТО по своему целевому назначению). Это связано с тем, что реализация на ЭВМ методов и алгоритмов, входящих в состав СППР, всегда связана с определенными временными и вычислительными затратами, которые необходимы для обеспечения полноты и качества обработки информации, обоснованности принимаемых решений. В том случае, если обработка информации и выработка управляющих воздействий заканчиваются позже директивного времени, определяемого спецификой функционирования АСУ СОТО в РМВ, необходимы переработка соответствующих моделей, методов, алгоритмов СППР, увеличение мощности и других технических характеристик исполнительной вычислительной системы, оконечной аппаратуры АСУ СОТО.

5. *Обеспечение требуемой степени адекватности моделирования АСУ СОТО.* Данное требование является обязательным для любых случаев построения моделей и моделирующих систем, входящих в состав СППР. При этом очевидно, что на практике следует говорить не о полной адекватности, а лишь об адекватности в некотором смысле (о требуемом уровне адекватности). Для таких сложных систем, как, например, АСУ СОТО, одна модель может отражать лишь какую-либо сторону, аспект прототипа, и поэтому понятие адекватности «вообще» для такой модели не существует, речь может лишь идти об адекватности отражения данного аспекта. Следует всегда оценку степени адекватности проводить с учетом того, в какой степени на данной модели могут быть достигнуты цели, поставленные при исследовании каждого конкретного вопроса, для решения которого необходимо прибегать к моделированию.

К частным требованиям, предъявляемым к основным элементам и подсистемам СППР, можно отнести:

а) простоту и оптимальность построения каждой конкретной модели и комплексов моделей, входящих в СППР. Данное требование непосредственно связано с требованием обеспечения необходимой степени адекватности моделирования. В самом деле, для достижения необходимой степени адекватности иногда приходится идти на существенное усложнение модели за счет построения вместо одной модели целого моделирующего комплекса. Однако даже в этом случае, если существует возможность выбора между различными классами моделей (либо комбинациями этих моделей), позволяющими обеспечивать примерно одинаковую степень адекватности моделирования, очевидно, из этих моделей целесообразно выбирать наиболее простую. В этом и состоит суть оптимальности построения (выбора) моделей;

б) обеспечение эффективной машинной реализации комплекса моделей. Выполнение данного требования, прежде всего, предполагает обеспечение высокой эффективности реализации вычислительного процесса, организованного с учетом конкретных свойств разработанных моделей и алгоритмов (степени связности алгоритмов, возможности распараллеливания счета при решении задач, решения задач в оверлейных режимах и пр.);

в) возможность моделирования с различными масштабами времени;

г) универсальность и проблемную ориентацию СПМО СППР;

д) унификацию СПМО СППР (предполагает использование в СПМО стандартных пакетов прикладных программ, языков моделирования, инструментальных средств для разработки интеллектуальных систем);

е) сочетание формальных и неформальных процедур при проведении моделирования;

ж) простоту и доступность;

з) надежность функционирования СПМО СППР (различают алгоритмическую, программную, информационную и вычислительную надежность СПМО).

Проведенный анализ перечисленных требований показывает, что создание СППР в рамках какого-либо одного класса моделей (математических, логико-лингвистических, логико-алгебраических и т.п.) приводит к недостоверным, а в ряде случаев, и ошибочным результатам, вызванным низкой степенью адекватности и открытости, отсутствием необходимых программных и информационных средств, обеспечивающих адаптивность одномоделных систем принятия решений.

Выход из создавшейся ситуации состоит в реализации на практике концепции системного моделирования, которая, применительно к процессу управления жизненным циклом АСУ СОТО, предполагает полимодельное многоуровневое описание данной системы, а также разработку многоэтапных распределенных процедур принятия решений в условиях многокритериальности и неопределенности.

Анализ показывает, что применительно к задачам принятия решений в АСУ СОТО на различных этапах ее жизненного цикла в качестве потенциальных средств автоматизации принятия решений, которые в совокупности образуют распределенную СППР, могут использоваться: имитационные системы; интеллектуальные информационно-поисковые системы; экспертные системы поддержки принятия решений; расчетно-логические системы; инструментальные CASE-средства автоматизации проектирования.

Конкретный состав и структура взаимодействия данных систем на каждом иерархическом уровне АСУ СОТО и для каждого этапа применительно к каждой функции управления должны определяться с учетом специфики функционирования соответствующих элементов и подсистем рассматриваемой системы. Кроме того, при формировании конкретного состава и структуры СППР необходимо учитывать следующую зависимость свойств процедур принятия решений в зависимости от уровня иерархии АСУ СОТО (при движении от ее нижнего уровня к верхнему уровню): значимость и цена последствий (с точки зрения конечного предназначения АСУ СОТО) принимаемых решений возрастает; требуемые уровни точности и детализации представления информации снижаются; длительность реализации принимаемых решений возрастает.

5. Национальная интеллектуальная аналитическая платформа (НИАП) как основной путь разработки и внедрения СППР в АСУ СОТО. Учитывая все вышесказанное, можно констатировать, что СППР является основным и, пожалуй, единственно возможным перспективным средством поддержки и принятия решений ЛПР в АСУ СОТО военного и гражданского назначения в критических приложениях. Следуя тенденциям мирового развития ИТ, прикладная СППР (для конкретной предметной области) должна быть построена на основе упоминавшегося выше базового СПМО, в основу которого может положена предлагаемая здесь НИАП.

Необходимость использования и внедрения НИАП для решения задач проектирования и эксплуатации СППР продиктована неудовлетворительным состоянием в областях военного, государственного и промышленного управления по следующим основным причинам:

- ◆ отсутствие единой многоуровневой системы СОТО на территории РФ;
- ◆ отсутствие единой политики в области автоматизации задач;
- ◆ отсутствие единого информационного пространства, единых форматов и технологий обработки информации, единой сети передачи данных, единых корпоративных хранилищ данных;
- ◆ наличие разнородных, несовместимых информационных систем, функционирующих на различных программно-аппаратных платформах;
- ◆ отсутствие единых механизмов контроля за полнотой, достоверностью, целостностью используемой при СОТО разнородной информации;
- ◆ отсутствие регламентов информационного взаимодействия информационных систем и систем мониторинга;
- ◆ недостаточный уровень использования современных ИТ.

Ключевыми принципами построения НИАП должны быть следующие принципы:

- ◆ объектно-ориентированный подход к описанию рассматриваемой предметной области;
- ◆ сервисно-ориентированные технологии построения систем сбора, обработки, анализа информации и дистрибуции знаний;
- ◆ организационное, информационное и функциональное единство в рамках единого информационного пространства и унифицированной программной платформы на базе единой модели представления данных;
- ◆ технологии распределенной разработки, непосредственное участие экспертов (аналитиков) и инженеров по знаниям в концептуальном и логическом проектировании онтолого-ориентированных баз знаний, построении сценариев интеллектуальной оперативно-аналитической обработки информации с опорой на принцип «Программирование без программирования»;
- ◆ имитационно-аналитический комплекс с широким набором описательных и предсказательных моделей;
- ◆ открытый исходный код и отсутствие лицензионных отчислений зарубежным производителям;
- ◆ кросс-платформенная поддержка.

6. Новизна предлагаемой технологии использования НИАП при построении прикладных СППР обеспечивается:

- ◆ внедрением интеллектуальных технологий аналитической обработки и анализа данных и знаний, интеллектуальных систем поддержки принятия решений;
- ◆ реализацией концепции единых информационных ресурсов, единого информационного пространства, обеспечивающих интеграцию разнородной полной, непротиворечивой, достоверной и актуальной информации;
- ◆ развертыванием систем сбора и хранения разнородной информации на основе оперативно-аналитической и интеллектуальной обработки данных с использованием технологий потоковой обработки;
- ◆ использованием единых стандартов сбора, передачи, хранения, обработки и анализа данных и знаний, ориентация на национальные и международные стандарты и протоколы.

Технология обработки и анализа данных при решении задач СППР СОТО на базе НИАП предполагает реализацию следующих основных этапов:

1. Количественная и качественная параметризация разнородных данных, консолидация данных:

- ◆ повышение достоверности данных;
- ◆ формирование существенных наборов данных;
- ◆ консолидация данных в рамках единого информационного пространства.

2. Предметная ориентация, формирование онтологии предметной области:

- ◆ объектная декомпозиция предметной области на основе знаний экспертов;
- ◆ проведение исследований и формирование согласованных оценок описаний предметной области.

3. Поиск, извлечение, интерпретация знаний, формирование репозитория знаний:

- ◆ классификация и формализация данных и знаний об объектах предметной области;
- ◆ построение иерархии классов объектов предметной области;
- ◆ описание связей (внутренних, внешних), формирование обобщенной логической модели данных и знаний (базы знаний);
- ◆ проверка полноты, корректности, непротиворечивости базы знаний;
- ◆ формирование признакового пространства объекта мониторинга и управления.

4. Построение системы моделей объектов предметной области:

- ◆ моделирование – объектное, функциональное, управленческое;
- ◆ формирование структурно-функциональных компонентов модели;
- ◆ описание статических свойств модели в терминах формальных атрибутов, их характеристик и взаимосвязей;
- ◆ описание динамики и логики поведения модели в терминах ситуационно-поведенческих конструкций;
- ◆ верификация сформированной системы моделей.

5. Разработка и проверка гипотез, имитационное моделирование:

- ◆ автоматизированное формирование полных, непротиворечивых сценариев обработки данных и элементов графического пользовательского интерфейса;
- ◆ проверка системы моделей.

6. Формирование модельных оценок:

- ◆ формирование показателей эффективности моделей – оперативность решения задач, затраты на обработку данных; надежность, достоверность и адекватность результатов моделирования;
- ◆ коррекция и обновление моделей.

Архитектура СППР АСУ СОТО на базе НИАП предполагает наличие следующих основных элементов, выполняющих соответствующие функции:

1. Подсистема сбора – загрузка и консолидация данных из разнородных ресурсов:

- ◆ сбор и структуризация нечетких сведений;
- ◆ загрузка событийных данных;
- ◆ загрузка данных приложений, корпоративных и наследуемых систем;
- ◆ измерительная информация объектов контроля в РМВ.
- ◆ извлечение данных из различных источников;
- ◆ выделение наиболее значимых данных;
- ◆ очистка (фильтрация), повышение качества, достоверности данных, сжатие (формирование существенных) наборов данных.

2. Подсистема хранения – оперативное и долговременное хранение:
 - ◆ разделение данных для оперативной обработки и решение задач интеллектуального анализа;
 - ◆ оптимизация структур данных;
 - ◆ формирование данных на основе единой модели данных (метаданные);
 - ◆ формирование базы данных информации;
 - ◆ наполнение базы знаний;
 - ◆ использование единой системы справочников, классификаторов.
3. Подсистема обработки и анализа – интеллектуальный анализ данных (ИАД):
 - ◆ информационно-поисковый анализ;
 - ◆ оперативная аналитическая обработка (OLAP – On-line Analytical Processing);
 - ◆ интеллектуального анализа данных (DM – Data mining);
 - ◆ полимодельное исследование;
 - ◆ комплексное имитационное моделирование;
 - ◆ автоматический синтез алгоритмов и схем программ ИАД.
4. Подсистема прогнозирования – предиктивная аналитика:
 - ◆ анализ текущих и исторических данных с целью прогноза;
 - ◆ определение параметров (сущностей), влияющих на прогнозируемые события;
 - ◆ формирование модели предиктивной аналитики;
 - ◆ аналитика «по запросу».
5. Подсистема генерации решений – генерация и выбор решений, генерация планов, объяснительная возможность:
 - ◆ логический вывод рекомендаций на основе онтологии предметной области;
 - ◆ выбор оптимальных/квазиоптимальных альтернатив решений;
 - ◆ обоснование /объяснение сформированных выводов и решений.
6. Подсистема визуализации и отчетности – интерпретация знаний:
 - ◆ интерактивная визуализация (инфографика), таблицы, тренды, диаграммы, 2D-, 3D-мнемосхемы;
 - ◆ пространственная визуализация (интеграция с ГИС);
 - ◆ использование инструментальных панелей;
 - ◆ использование типовых и настраиваемых корпоративных шаблонов.

Тем самым *НИАП СОТО* призвана сформировать единую информационно-технологическую инфраструктуру проектирования, разработки, развертывания и эксплуатации СППР АСУ СОТО на базе *отечественных технологий* и на основе внедрения технологической цепочки «данные – информация – знания – решения».

7. Имеющийся научно-технический потенциал и опыт реализации в области разработки и внедрения унифицированной комплексной интегрированной СППР. К настоящему времени имеется не только необходимость, но и возможность разработки и внедрения унифицированной комплексной интегрированной СППР для АСУ СОТО в критических приложениях. У организаций РАН и отечественных предприятий промышленности появился достаточный задел для разработки и внедрения рассматриваемой системы в общегосударственном масштабе. Санкт-Петербургским институтом информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИ РАН) совместно с партнерами, входящими в состав Северо-Западного центра аэрокосмического мониторинга, к настоящему времени получены следующие научные и практические результаты по рассматриваемой в статье проблематике:

- а) в области фундаментальных и прикладных разработок:
- ◆ *проведена разработка* первой версии унифицированной программной платформы (УПП) как базового программного обеспечения функционирования СППР, обеспечивающая решение следующих задач:
 - взаимодействие с источниками сбора измерительной информации (ИЗИ);
 - подготовка исходных данных и знаний (ИДЗ) о состоянии контролируемых объектов – объектов управления (ОУ) – по созданию и сопровождению баз знаний ОУ (построение формальной модели ОУ, ее верификация, проверка полноты, корректировка);
 - реализация исполнительной системы, обеспечивающей в рамках единого информационного пространства (ЕИП) решение задач ОУ в реальном времени;
 - взаимодействие с ЕИП;
 - архивирование как самой ИЗИ, так и результатов ее обработки и анализа;
 - обучение и тренировка личного состава дежурных смен за счет использования учебно-тренировочных средств;
 - информационно-справочное обеспечение;
 - отображения информации и когнитивной графики индивидуального и коллективного пользования и пр.;
 - ◆ *разработана* интеллектуальная информационная технология (ИИТ), реализующая необходимый набор экспертных эвристических методик и ориентированных, зачастую, на нечеткость и слабую формализуемость достигаемых при целей, выполняемых задач и принимаемых решений. Эта ИИТ включает:
 - ◆ *разработана ИИТ* сбора, формализации и коррекции всех необходимых для ОУ данных и знаний;
 - ◆ *разработана ИИТ* организации потоковых вычислений в составе информационно-вычислительной распределенной среды системы, создания полной системы разнородных математических моделей, достаточно адекватных контролируемым процессам и явлениям, и ориентированных на свою реализацию в существующей программно-аппаратной среде;
 - ◆ *разработана ИИТ* обеспечения удобного для пользователя интерфейса и диалога с информационной системой и отображения (представления, визуализации) обработанных данных с помощью средств когнитивной (интеллектуальной) графики.
- б) в области внедрения полученных результатов:
- ◆ 2010–2012 гг. – была выполнена ОКР по разработке СППР для органов военного управления МО РФ на стратегическом, оперативно-стратегическом и оперативном уровнях управления. Данная разработка получила одобрение руководства ГШ МО РФ при проведении КШУ «Кавказ-2012» в сентябре 2012 г.;
 - ◆ 2008 г. – по настоящее время – осуществляется проектирование, изготовление, поставка АСУ подготовки и пуска ракет космического назначения «Союз-2» на космодроме «Плесецк», являющейся СППР боевых расчетов космодрома при проведении подготовки и пуска;
 - ◆ в 2005–2012 гг. – проведена разработка систем автоматизированного мониторинга состояния в реальном масштабе времени на основе измерительной информации и визуализации его результатов: для ракет космического назначения «Союз-2» на активном участке ее траектории – на средствах космодрома «Плесецк», ЦСОАИ, КП ГИЦИУ, КП КВ; для всех раз-

гонных блоков (РБ), изготавливаемых на предприятиях Роскосмоса на средствах ЕЦУП РБ, КП ГИЦИУ, КП КВ; для целого ряда космических аппаратов (КА) наблюдения как для проведения заводских испытаний, так и на средствах ЦУП КА наблюдения;

- ◆ в 2008–2011 гг. – проведена разработка и поставка учебно-тренажерного комплекса для групп анализа и управления ЦУП КА наблюдения;
- ◆ в 2008–2012 гг. – выполнен комплекс работ по внедрению элементов систем поддержки принятия решений в составе комплексных систем управления защитой атомных реакторов РБМК на Ленинградской, Курской, Смоленской АЭС;
- ◆ в 2010–2012 гг. – осуществлена разработка эскизного и технического проекта АСУ подготовки и пуска для ракет космического назначения «Русь-М» для космодрома «Восточный»;
- ◆ в 2005–2007 гг. – проведена разработка и внедрение в ЦУС-У (центр управления системой) ГЛОНАСС автоматизированной системы мониторинга состояния и управления (в частности, наземным комплексом управления) в реальном масштабе времени, позволяющей решать задачи интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении названными объектами;
- ◆ в 2005–2012 гг. – разработана унифицированная ИИТ мониторинга динамически изменяющихся состояний сложных организационно-технических объектов и процессов и управления ими на основе ИзИ и представления его результатов на индивидуальных и коллективных средствах отображения – как основы СППР, базирующейся на современных тенденциях развития методов и средств обработки информации и текущем состоянии информатики, других отраслей фундаментальной и прикладной науки.

Разработка методологии и технологий создания и использования СППР и соответствующей унифицированной программной платформы осуществлялась в 2002–2014 гг. при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований РАН (проекты 02-07-90463, 05-07-90088, 05-07-95007, 05-08-18111, 06-08-00260, 07-07-00169, 08-08-00346, 08-08-00403, 10-07-00311, 10-08-90027, 11-08-01016, 11-08-00767, 12-07-13119-офи-м-РЖД, 12-07-00302, 13-07-00279, 13-08-00702, 13-08-01250, 13-07-12120). Секции прикладных проблем при Президиуме РАН (проект № 1331), Отделения информационных технологий и вычислительных систем РАН (проект № О-2.5/03, 2.11).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Вагин В.Н., Еремеев А.П.* Некоторые базовые принципы построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени // Изд. РАН. Теория и системы управления. – 2001. – № 6. – С. 114-123.
2. *Васильев С.Н.* От классических задач регулирования к интеллектуальному управлению // Теория и системы управления. – 2001. – № 1. – С. 5-22; № 2. – С. 5-21.
3. *Гаврилов А.В.* Гибридные интеллектуальные системы. – Новосибирск.: Изд-во НГТУ, 2003. – 164 с.
4. *Гаврилова Т.А.* Использование онтологий в системах управления знаниями. Труды Международного конгресса «Искусственный интеллект в XXI веке». – Дивноморское, 2001. – С. 21-32.
5. *Городецкий В.И.* Многоагентные системы: современное состояние исследований и перспективы применения // Новости искусственного интеллекта. – 1996. – № 4. – С. 44-59.
6. *Калинин В.Н., Соколов Б.В.* Многомодельный подход к описанию процессов управления космическими средствами // Теория и системы управления. – 1995. – № 1. – С. 56-61.

7. Калинин В.Н., Резников Б.А. Теория систем и управления (структурно-математический подход). – Л.: ВИКИ, 1987.
8. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных объектов. – М.: Наука, 2006. – 410 с.
9. Попов Э. В., Фоминых И. Б., Кисель Е. Б., Шапот М. Д. Статические и динамические экспертные системы. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 320 с.
10. Ростовцев Ю.Г. Основы построения автоматизированных систем сбора и обработки информации. – СПб.: ВИКИ, 1992. – 717 с.
11. Ростовцев Ю.Г., Юсупов Р.М. Проблема обеспечения адекватности субъектно-объектного моделирования // Известия ВУЗов. Приборостроение. – 1991. – № 7.– С. 7-14.
12. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 350 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.Х. Пшихопов.

Автамонов Павел Николаевич – Учреждение Российской академии наук Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН); e-mail: p.avtamonov@gmail.com; 199178, г. Санкт-Петербург, 14-я линия, 39; тел.: 88123332640; генерал-майор, эксперт-аналитик группы интеллектуальных технологий в моделировании и исследовании операций.

Соколов Борис Владимирович – e-mail: sokol@iias.spb.su; тел.: 88123280103, факс: 88123284450; д.т.н.; профессор; заслуженный деятель науки РФ; зам. директора по научной работе.

Юсупов Рафаэль Мидхатович – e-mail: yusupov@iias.spb.su; тел.: 88123283311, факс: 88123284450; член-корреспондент РАН; д.т.н.; профессор; заслуженный деятель науки и техники РФ; директор.

Охтилев Михаил Юрьевич – ЗАО “Специальное конструкторское бюро «Орион»” (СКБ «Орион»); e-mail: oxt@mail.ru; 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Тобольская, 12; тел.: 88126001512, факс: 88123271056; д.т.н.; профессор; зам. главного конструктора.

Avtamonov Pavel Nikolaevich – Russian Academy of Sciences St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the RAS (SPIIRAS); e-mail: p.avtamonov@gmail.com; 14th Line, 39, St. Petersburg, 199178, Russia; phone: +78123332640; Major General, an expert of analyst group of intelligent technologies for modeling and operations research.

Sokolov Boris Vladimirovich – e-mail: sokol@iias.spb.su; phone: +78123280103, fax: +78123284450; dr. of eng. sc.; professor; honored scientist of Russian Federation; deputy-director for research.

Yusupov Rafael Midkhatovich – e-mail: yusupov@iias.spb.su; phone: +78123280103, fax: +78123284450; corresponding member of the Russian Academy of Sciences (RAS); dr. of eng. sc.; professor; director.

Okhtilev Mikhail Yurjevich – Special design organization «Orion» (SDO «Orion»); e-mail: oxt@mail.ru; 12, Tobolskaya street, St. Petersburg, 194044, Russia; phone: +78126001512, fax: +78123271056; dr. of eng. sc.; professor; deputy general designer.

УДК 007.52: 621.85

К.Ю. Машков, В.Н. Наумов, А.В. Рябов

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАРЕВШИХ ВВТ КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ РАЗВИТИЯ ВОЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

Рассматривается один из возможных путей роботизации и реализации боевой техники – за счёт глубокой модернизации морально устаревших образцов военной мобильной техники. Проведён анализ вероятных вариантов возможного использования подобной техники, предложена базовая машина для глубокой модернизации с целью получения высокомо-