

НАЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ОБЗОР НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБОРОНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ РАЗВИТЫХ ИНОСТРАННЫХ ГОСУДАРСТВ

Е.А. Марышев, зам. дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, emarysh@extech.ru

Н.А. Миронов, дир. центра ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, namir@extech.ru

В статье обобщены результаты экспертно-аналитических исследований основных тенденций развития автоматизированных систем управления и принятия решений в области обеспечения обороны и безопасности в развитых иностранных государствах. Рассмотрены основные направления разработки интегрированных информационно-телекоммуникационных систем и сетей, технологий сетевого кибероружия, создания и использования нейросетевых технологий, наноэлектронных, квантовых и нанофотонных устройств. АСУ производством и эксплуатацией специальной техники рассматриваются как специфические области научно-технологического развития.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления, информационно-телекоммуникационные системы, экспертно-аналитические исследования, единое информационное пространство.

OVERVIEW OF THE DEVELOPMENT TRENDS OF AN AUTOMATED CONTROL AND DECISION MAKING SYSTEMS IN THE FIELD OF ENSURING DEFENCE AND SECURITY OF DEVELOPED FOREIGN STATES

E.A. Maryshev, Deputy Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Engineering, emarysh@extech.ru

N.A. Mironov, Director of Centre, SRI FRCEC, Doctor of Engineering, namir@extech.ru

The article summarizes the expert-analytical studies results of development trends of an automated control and decision making systems in the field of ensuring defence and security of developed countries. The main areas of development of integrated information and communication systems and networks, cyber weapons technologies, the development and use of neural network technologies, quantum and nano-photonic devices are considered. The management systems of production and operation of special equipment are reviewed as a specific field of scientific and technological development.

Keywords: automated control systems, decision support systems, information and communications technology, joint information environment, information resources management, expert-analytical studies.

Прогнозирование основных направлений научно-технической деятельности в интересах обеспечения обороны и безопасности проводится с учетом анализа современного состояния и перспектив применения научных, технологических и технических результатов в развитых

иностранных государствах, в том числе, с использованием материалов, подготовленных экспертами Федерального реестра экспертов научно-технической сферы (ФРЭ).

Одним из актуальных направлений развития науки и техники в интересах обеспечения обороны и безопасности в развитых зарубежных странах являются информатика и вычислительная техника, включая автоматизированные системы управления (АСУ) единым информационным пространством государства. В условиях гибридных войн появляется необходимость решения принципиально новых военно-технических задач автоматизированного управления специальными системами и объектами для обеспечения комплексной безопасности государства [1].

Разработка перспективных цифровых средств вычислительной и микропроцессорной техники за рубежом, а также программного обеспечения к ним, – это хорошо отлаженный технологический и финансово обеспеченный коммерческий процесс.

В военно-технической сфере по обозначенным областям и направлениям за рубежом активно проводятся научные исследования и внедряются их результаты в виде конкретных технологий, в том числе в рамках систем, реализующих концепцию НАТО ведения боевых действий в едином информационном пространстве (NATO Network Enabled Capability – NNEC) [2, 3], французской системы оперативного управления, систем обработки и распределения оперативной тактической информации (американской АСУ FBCB2 (Force XXI Battle Command, Brigade and Below), немецкой «Герос» (Heeres Führungsinformationssystem für Rechnergestützte Operationsführung in Stäben – HEROS)), английской тактической АСУ сил быстрого реагирования), а также АСУ войсками народной армии Китая «Глобальная система оперативного управления».

Прикладные работы в направлениях, связанных с обеспечением комплексной безопасности важных информатизированных объектов и систем военно-технической сферы, ведутся в США, Великобритании, Германии и других странах. В условиях работы с высоким уровнем неопределенности информации для построения таких систем неизбежно применение новых информационных технологий, ориентированных на потоки контекстно-зависимой информации, то есть фактическая разработка новых принципов построения интеллектуального управления системами высших уровней сложности.

Одним из актуальных направлений является разработка методов и средств построения интегрированных информационно-телекоммуникационных систем и сетей, направленных на:

- повышение пропускной способности сетевой инфраструктуры;
- повышение надежности передачи информации;
- оптимизации сетевой инфраструктуры, в том числе на основе ее децентрализации и самоорганизации.

По мнению экспертов ФРЭ, для эффективного практического использования интегрированных информационно-телекоммуникационных систем и сетей в интересах обороноспособности должны быть получены следующие научные результаты:

- новые теоретические положения по построению самоорганизующихся сетей для организации группового управления объектами;
- новые методы передачи информации (повышение достоверности и надежности каналов передачи информации);
- новые методы высокоскоростной обработки информации (построение систем высокого уровня интеграции);
- новые методы распознавания и визуализации информации (управление интегрированными системами и объектами, извлечение информации).

Одним из бурно развивающихся направлений в создании интеллектуальных систем управления и принятия решений является использование нейросетевых технологий. Агентство передовых оборонных исследовательских проектов министерства обороны США (Defense Advanced Research Projects Agency – DARPA) финансирует ряд проектов в данной области,

в частности, проект Smart Sensor Web, предусматривающий организацию распределенной сети разнообразных датчиков, синхронно работающих на поле боя [4].

Исследования в области нейросетевого моделирования объектов с распределенными параметрами проводятся в научно-исследовательских организациях различных стран, а также в университетах: Ливерморская национальная лаборатория имени Эрнеста Лоуренса (Lawrence Livermore National Laboratory), г. Ливермор, США; Университет авиации Эмбри Риддл (Embry-Riddle Aeronautical University), г. Окленд, США; Национальный Технический Институт имени Мотилала Неру (Motilal Nehru National Institute of Technology), г. Аллахабад, Индия; Северный транспортный университет (Northern Jiaotong University), г. Пекин, Китай; Университет Янины (University of Ioannina), г. Янина, Греция; Университет Южного Квинсленда (University of Southern Queensland), г. Тувумба, Австралия.

Основные проблемы при создании систем поддержки принятия решений возникают в ходе создания математических методов, алгоритмов и программного обеспечения поддержки нечетких когнитивных моделей для автоматизации разработки управленческих решений в слабоструктурированных, сложных (социально-экономических, военных и политических) системах. Удобным инструментом исследования слабоструктурированных, плохо формализуемых задач является когнитивная структуризация. Методы когнитивного моделирования активно развиваются в США. Компания Rand Corporation [5] широко использует когнитивные модели на основе аппарата знаковых и взвешенных графов для анализа сложных крупномасштабных систем управления в социально-экономической, экологической, организационной, технической, военной и политической сферах.

По мнению экспертов ФРЭ, наиболее значимыми результатами для интеллектуальных систем управления и принятия решений, которые могут быть достигнуты в период до 2030 г, являются:

- принципы контекстно-зависимых вычислительных средств, например, на базе мемкомпьютеров;
- усовершенствованные методы получения и предварительной обработки видеоданных;
- системы распознавания, базирующиеся на гарантированных оценках отнесения входного образа к эталону;
- методы когнитивного моделирования для анализа слабоструктурированных данных.

Возможными областями применения результатов развития науки и технологий в части построения интеллектуальных систем управления и принятия решений, в том числе на основе нейроинформатики и теории распознавания образов, могут стать:

- средства разведки;
- средства высокоточного поражения;
- средства раннего предупреждения о нападении;
- средства наблюдения за полем боя;
- инженерные средства;
- робототехнические средства наземного, воздушно-космического и морского базирования.

В настоящее время интенсивно развивается направление научной деятельности, связанное с разработкой моделей сетевого кибероружия. Информатизация всех областей деятельности общества и государства, в том числе военной области, явилась причиной возникновения нового класса угроз — угроз в информационной сфере. Принятая в 2015 г. в США Стратегия кибербезопасности [6] рассматривает киберпространство как новое «поле боя», такое же, как суша, море, воздушное пространство или космос. При этом Пентагон предусматривает возможность ведения как отдельных кибервойн, так и использования кибероружия в рамках так называемой «единой битвы».

Ожидаемый военно-технический эффект от применения результатов проводимых исследований заключается в возможности создания: сетевого, коммуникационного, предустанов-

ленного, проникающего кибероружия. При этом следует учитывать, что подавляющая часть военных киберустройств, встроенных в высокотехнологичные, автоматизированные и роботизированные вооружения, построена на базе микропроцессоров и других электронных компонентов, производимых, главным образом, компаниями, относящимися к юрисдикции США, Великобритании и Тайваня.

Перспективными считаются следующие научные направления зарубежных исследований и разработок в области защиты аппаратно-программных средств и персонала АСУ от сетевого кибероружия:

– исследование и создание информационных компьютерных технологий и технических средств для организации целенаправленного активного сбора информации о компьютерных атаках с использованием возможностей естественно-языковых диалоговых систем. Они могут использоваться как самостоятельно, так и в совокупности с другими методами обнаружения компьютерных атак, что позволит повысить достоверность таких обнаружений;

– разработка методов и средств защиты персонала объектов критической информационной инфраструктуры от негативных информационно-психологических воздействий. Вероятно проведение таких исследований Агентством передовых оборонных исследовательских проектов министерства обороны США (DARPA), в совместных проектах альянса США, Канады, Великобритании, Австралии и Новой Зеландии Five Eyes («Пять глаз») [7];

– разработка моделей низкоэнергетического внешнего электромагнитного воздействия на средства вычислительной техники (СВТ) и способов защиты (система Air Force Intranet Control Weapon System [8]; DARPA).

Большое внимание уделяется созданию наноэлектронных, квантовых и нанофотонных устройств, устройств на основе нано- и микросистемотехники. Практические направления применения квантовых технологий в АСУ включают в себя: квантовые компьютеры, квантовую криптографию и атомные квантовые стандарты частоты.

Научно-исследовательские работы по созданию прототипа квантового компьютера организованы во многих странах мира. В настоящее время наиболее активные исследования ведутся в Национальном институте стандартов и технологий США (National Institute of Standards and Technology – NIST), Инсбрукском университете (Австрия), Научно-техническом университете Китая, Университете Ватерлоо (Канада), Университете Нового Южного Уэльса (Австралия), Комиссариате по атомной энергии Франции (Quantronics Group), Институте квантовой оптики общества Макса Планка (Германия), Висконсинском университете в Мадисоне (США).

Этими группами уже разработаны методы создания квантовых регистров кубитов, управления отдельными кубитами методами лазерной и микроволновой спектроскопии, реализации универсальных одно- и двухкубитовых квантовых операций, считывания квантовых состояний кубитов. Достигнуты и реализованы все критерии Ди Винченцо [9] для кубитов квантового компьютера. Некоторые группы начали выполнять демонстрационные эксперименты по реализации простейших квантовых алгоритмов и квантовых симуляций.

Одним из важнейших элементов автоматизированных систем управления единым информационным пространством государства, в том числе, в интересах обеспечения обороны и безопасности являются системы глобальной навигации, синхронизации и передачи данных. В настоящее время одним из основных направлений разработок в области названных систем являются атомные квантовые стандарты частоты и времени, являющиеся основой высокоточных систем глобальной навигации, высокоскоростной синхронизации и передачи данных. По мере развития квантовых технологий атомные квантовые стандарты частоты могут также начать применяться для синхронизации в квантовых линиях связи, как наземных оптоволоконных, так и в спутниковых. В настоящее время за рубежом ведутся интенсивные экспериментальные и теоретические исследования по созданию стандартов частоты

ты на основе холодных атомов и ионов. Наибольшие успехи достигнуты следующими учеными:

- Д. Вайнлэнд (D. Wineland), NIST, США, одиночные ионы Hg⁺, Al⁺;
- К. Оутс (C. Oates), NIST, США, оптическая решетка с атомами Yb;
- Х. Йи (J. Ye), Институт JILA, США, оптическая решетка с атомами Sr;
- Э. Пейк (E. Peik), Национальный метрологический институт Германии (Physikalisch-Technische Bundesanstalt – PTB), одиночный ион Yb⁺;
- Ф. Риле (F. Riehle), Национальный метрологический институт Германии, оптическая решетка с атомами Sr;
- Х. Катори (H. Katori), Институт физико-химических исследований (RIKEN), Япония, оптические решетки с атомами Yb, Sr, Hg;
- А. Мадей (A. Madej), Национальный научно-исследовательский совет Канады (National Research Council of Canada – NRC), одиночный ион Sr⁺;
- S. Bize, лаборатория SYRTE (Systèmes de Référence Temps-Espace) Парижской обсерватории, Франция, оптические решетки с атомами Sr и Hg;
- П. Джилл (P. Jill), Национальная физическая лаборатория Великобритании (National Physical Laboratory – NPL), Великобритания, одиночный ион Yb⁺.

Еще одно актуальное направление создания атомных стандартов частоты – миниатюрные атомные стандарты, предназначенные для замены кварцевых эталонов в мобильных устройствах. Например, в 2015 г. американская компания Microsemi представила семейство усовершенствованных компактных атомных генераторов частоты на основе атомов Rb.

Одним из перспективных практических применений квантовых технологий в АСУ, по мнению экспертов, является квантовая криптография. Квантовая криптография позволяет реализовать абсолютно защищенные системы связи на основе одиночных фотонов. За рубежом большое число научных групп и компаний работают над созданием и совершенствованием систем квантовой криптографии. В настоящее время наиболее активные исследования ведут следующие ученые и организации:

- Н. Гисин (N. Gisin), Х. Збинден (H. Zbinden), компания ID Quantique, Университет Женевы, Швейцария, коммерческие оптоволоконные системы квантовой связи;
- компания MagiQ, США, коммерческие оптоволоконные системы квантовой связи;
- Toshiba Cambridge Research Laboratory, Великобритания, коммерческие оптоволоконные системы квантовой связи;
- Токио QKD Network, Япония, оптоволоконная сеть на основе квантовой связи;
- Р.В. Бойд (R.W. Boyd), Рочестерский университет (University of Rochester), США, многомерная квантовая криптография с закрученным светом.

Разработкой оптоволоконных систем квантовой связи, не зависящих от метода регистрации фотонов, занимаются следующие ученые и организации:

- В. Титтел (V. Tittel), Университет Калгари (Calgary University), Канада;
- Научно-технический университет Китая (University of Science and Technology of China), г. Хэфэй;
- Ж.П. вон дер Вейд (J.P. von der Weid), Папский католический университет (Pontifical Catholic University), г. Рио-де-Жанейро, Бразилия.

Этими группами уже разработаны методы генерации, детектирования и управления квантовыми состояниями одиночных фотонов. Реализуются как оптоволоконные системы квантовой связи с дальностью до 250 км, так и атмосферные системы связи с дальностью до 150 км с перспективой их применения в спутниковой связи.

Осуществляется ряд программ, предусматривающих разработку и внедрение в АСУ волоконно-оптических средств, в том числе, в бортовой авиационной и корабельной аппаратуре, в линиях связи и передачи информации на различные расстояния, включая внутренние линии связи военных баз и командных пунктов, в системах спутниковой связи, дистанцион-

ного управления. Использование в бортовой аппаратуре летательных аппаратов волоконно-оптических средств приведет к увеличению полезной нагрузки, стойкости к радиационному поражению, защищенности линий связи; снижению электромагнитной заметности и повышению боеспособности военно-технических средств.

В ближайшей перспективе наиболее привлекательным является волокно с потерями на пропускание до 0,01 дБ/км, позволяющее иметь регенерационный участок до 10000 км. Такие исследования проводятся в Японии и Германии. В США закончены исследования перспективных материалов на стойкость к воздействию ионизирующих излучений. Продолжаются экспериментальные работы по снижению потерь за счет перехода на новые диапазоны рабочих длин волн с новыми материалами световодной жилы волокна. В США переход на новые диапазоны длин волн планируется после 2018 г.

Компания BTRL (Великобритания) проводила работы с короткими отрезками волокна на длине волны 2,51 мкм, используя фтороцирконатное стекло с потерями на пропускание до 0,02 дБ/км и возможной длиной регенерационного участка до 4600 км. Фирма NTT (Япония) использовала в опытных работах длину волны 3,2 мкм.

В области разработки методов и средств управления сложными динамическими объектами и автономными средствами различного назначения в рамках интегрированной АСУ в зарубежных источниках отмечаются следующие направления:

- создание бортовых систем управления, стойких к воздействию ионизирующих и электромагнитных излучений ядерного взрыва и оружия направленной электромагнитной энергии;

- разработка специализированных инструментальных программных сред и технологий их применения для исследования сложно структурированных образцов военной и специальной техники, обеспечивающих моделирование и визуализацию их поведения и состояния в процессе выполнения реальных задач на различных этапах жизненного цикла;

- разработка методов и средств интеллектуального управления движением автономных мобильных объектов и групп объектов, включая беспилотные летательные аппараты и роботизированные комплексы;

- разработка методов навигации, связи и управления одиночными и групповыми необитаемыми аппаратами, предназначенными для поиска, идентификации и уничтожения подводных, морских, сухопутных, воздушных и других объектов противника;

- разработка экспертных систем, обеспечивающих информационную поддержку экипажей боевой техники.

В области автоматизации промышленных технологий исследования проводятся в следующих направлениях:

- повышение качества изготовления, уровня автоматизации производства, сокращение трудоемкости и цикла технологической подготовки производства;

- разработка и внедрение аддитивных технологий изготовления специальной техники и изделий;

- обеспечение сокращения сроков и затрат на проведение испытаний и изготовление опытных образцов проектируемых изделий. Роботизированная сборка обеспечивает стабильность тактико-технических характеристик образцов вооружения, военной и специальной техники на основе автоматизации сборочных работ.

Ставка преимущественно делается на максимально широкое использование средств автоматизации, в качестве которых обычно выступают компьютеризированные среды проектирования:

- дальнейшее сращивание средств автоматизации проектирования и производства;

- создание концепции универсальных систем проектирования с распределенной структурой;

- практически полный переход к удаленным принципам работы над проектами.

В области эксплуатации и восстановления вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) активно проводятся работы по совершенствованию системы специального образования и подготовки специалистов, созданию тренажерных систем и средств, обучающих программ, в частности:

- создание имитационно-тренировочных испытательных комплексов;
- разработка компьютерных обучающих программ для подготовки экипажей и специалистов по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту ВВСТ.
- разработка видовых тренажерных комплексов (США, Германия).

Результаты проведенного анализа направлений развития науки и техники в области АСУ в сфере обеспечения обороны и безопасности развитых зарубежных стран могут быть использованы для формирования предложений по приоритетным направлениям, тематике исследований и разработок в рамках целевых программ, а также при прогнозировании основных направлений научно-технической деятельности в интересах обеспечения обороны и безопасности Российской Федерации.

Работа выполнена в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания по проекту № 2.39.2016/НМ.

Список литературы

1. Concept of Operations for Global Information Grid Net Ops (Net Ops CONOPS) Final Version, MoD USA, 2002.
2. DoD Directive 8000.01, March 17, 2016. Available at: <http://www.dtic.mil/whs/directives/corres/pdf/800001p.pdf>.
3. Кондратьев А. Борьба за информацию на основе информации, Независимое военное обозрение, 24.10.2008. Available at: http://nvo.ng.ru/concepts/2008-10-24/1_info.html.
4. Jeffrey L. Paul, 2001. Smart Sensor Web: Web-Based Exploitation of Sensor Fusion for Visualization of the Tactical Battlefield, Aerospace and Electronic Systems Magazine, IEEE, 16(5), pp. 29–36. Available at: <http://fusion.isif.org/proceedings/fusion00CD/fusion2000/papers/TuB3-3-JeffreyPaul273.pdf>.
5. Available at: <http://www.rand.org>.
6. National Security Strategy, 2015. Available at: https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/2015_national_security_strategy_2.pdf.
7. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Five_Eyes.
8. Security Affairs, The Air Force earlier this month announced the launch of its first cyberspace weapon system, the Air Force Intranet Control (AFINC), April 29, 2016. Available at: <http://securityaffairs.co/wordpress/46776/cyber-warfare-2/air-force-intranet-control.html>.
9. Di Vincenzo D.P., Fortschr. Phys. 48, 771 (2000).

References

1. Concept of Operations for Global Information Grid Net Ops (Net Ops CONOPS) Final Version, MoD USA, 2002.
2. DoD Directive 8000.01, March 17, 2016. Available at: <http://www.dtic.mil/whs/directives/corres/pdf/800001p.pdf>.
3. Kondratyev A. *Borba za informaciyu na osnove informacii* [The struggle for information based on information] *Nezavisimoe Voennoe Obozrenie* [Independent Military Review], No. 24.10.2008. Available at: http://nvo.ng.ru/concepts/2008-10-24/1_info.html.
4. Jeffrey L. Paul, 2001. Smart Sensor Web: Web-Based Exploitation of Sensor Fusion for Visualization of the Tactical Battlefield, Aerospace and Electronic Systems Magazine, IEEE, 16(5), pp. 29–36. Available at: <http://fusion.isif.org/proceedings/fusion00CD/fusion2000/papers/TuB3-3-JeffreyPaul273.pdf>.
5. Available at: <http://www.rand.org>.

6. National Security Strategy, 2015. Available at: https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/2015_national_security_strategy_2.pdf.
7. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Five_Eyes.
8. The Air Force earlier this month announced the launch of its first cyberspace weapon system, the Air Force Intranet Control (AFINC), Security Affairs, April 29, 2016. Available at: <http://securityaffairs.co/wordpress/46776/cyber-warfare-2/air-force-intranet-control.html>.
9. Di Vincenzo D.P. Fortschr. Phys. 48, 771 (2000).