

А.В. Сухов¹
 Д.А. Ловцов²
 М.А. Зайцев³
 И.В. Глинский⁴

A.V. Sukhov
 D.A. Lovtsov
 M.A. Zaitsev
 I.V. Glinsky

**ИНФОРМАЦИОННО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ
 ПОДХОД К КИБЕРЗАЩИТЕ
 ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С
 ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНТРОПИИ
 ПОКРЫТИЯ**

**INFORMATION AND MATHEMATICAL
 APPROACH TO THE CYBER DEFENSE
 OF INFORMATION SYSTEMS USING THE
 ENTROPY OF COATING**

В статье приводится один из актуальных подходов к использованию энтропии с целью защиты информационных систем от кибератак.

Ключевые слова: киберзащита, информационно-математический подход, информационные системы.

The article presents one of the current approaches with the aim to use the entropy to protect the information systems from cyber-attacks.

Keywords: cyber defence, information and mathematical approach, information systems.

Современное общество в XXI веке испытывает мощный подъём различного рода информационных процессов. В первую очередь это связано с созданием широкой сети телекоммуникаций, позволяющей вести оперативный информационный обмен между пользователями. Значительный вклад в эти процессы вносит бурное развитие вычислительной техники. При этом можно отметить следующие отличительные особенности этого процесса:

- ежегодный рост продуктивности современных вычислительных комплексов (по оценкам специалистов, за последние годы продуктивность вычислительных комплексов ежегодно удваивается [1; 2]);
- широкое распространение компьютерных сетей информационного обмена;
- значительное снижение габаритно-весовых характеристик современных вычислительных комплексов;

¹ Доктор технических наук, профессор ВА РВСН имени Петра Великого.

² Доктор технических наук, профессор ВА РВСН имени Петра Великого.

³ Кандидат технических наук, ВА РВСН имени Петра Великого.

⁴ Адъюнкт кафедры ВА РВСН имени Петра Великого.

- значительный рост эргономических показателей и общего удобства работы пользователей;
- постоянный рост надежности вычислительных комплексов;
- внедрение компьютерных технологий практически во все сферы жизни общества и др.

Вместе с тем наблюдается всё больший рост потребностей общества в создании надёжных хранителей накопленной информации, надёжных сетей информационного обмена, надёжных и быстродействующих средств обработки информации. Вопросы военного противостояния, конкурентной борьбы требуют разрешения проблем по защите баз данных и сетей информационного обмена от несанкционированного доступа. А весь круг указанных выше вопросов относится к понятию «технологические процессы переработки информации».

Развитие технического прогресса приводит к тому, что современное общество всё сложнее делить на чисто социальные структуры. Эти структуры практически все (в той или иной степени) обладают техническими достижениями современной цивилизации и в том числе – электронно-вычислительной техникой. Сложная система управления объектами технических,

технологических, организационных и экономических комплексов, в которой управляющая система содержит человека-оператора или группу операторов как *главный* компонент, характеризующийся функциональной активностью и функциональным гомеостазисом на множестве функциональных возможностей в условиях динамически изменяющейся внешней среды, является *эргатической системой* (*эргасистемой*) [3].

Современное состояние информационных технологий целесообразно рассмотреть с позиций: а) общего понятия «информация» для систем управления сложным техническим комплексом, б) вопросов информационного обмена между эргасистемами – информационного противоборства и противодействия (в условиях мирного времени), в) анализа технологий при информационном противодействии.

Анализ понятия «информация» для систем управления сложным техническим комплексом

Наиболее размытым в наше время является определение понятия «информация», что в первую очередь связано с бурным ростом различных технологий по обработке, хранению и передаче данных, сведений о различных процессах и явлениях во всех сферах жизни нашего общества. Интуитивно для всех этих процессов напрашивался термин «информация» (происходит от лат. *informatio* – разъяснение, изложение), который первоначально понимался как сведения, передаваемые людьми устным, письменным или другим способами. Позднее под информацией стали понимать обмен сведениями между людьми, человеком и автоматом, автоматом и автоматом, обмен сигналами в животном и растительном мире, передачу признаков от клетки к клетке, от организма к организму [1; 2; 3; 4]. Философское обоснование информации нашло своё место в системологии. Под информацией понимают [1; 2]:

- 1) сообщения о чём-либо;
- 2) сведения, являющиеся объектом хранения, переработки и передачи;
- 3) количественную меру устранения неопределённости (энтропия), меру организации системы;
- 4) свойство объектов (процессов) окружающего материального мира порождать разнообразие состояний, которые посредством отражения передаются от одного объекта к другому (пассивная форма) и средство ограничения разнообразия и организации, т.е. управления, дезорганизации и др. (активная форма).

Многофункциональное слово «информация» – это сообщения или сведения о природе и

обществе, явлениях и процессах, протекающих во Вселенной.

Другие определения информации основываются на свойствах объектов порождать разнообразие состояний, передаваемых посредством отражения или на системе идеальных образов объектов и системе присущих им признаков, или сведениях и данных об объекте, потенциально доступных для измерения.

Информация имеет две стороны: количественную и качественную [5]. Количественная сторона характеризует объёмы переданной, принятой обрабатываемой или хранимой информации. Эта сторона полезна при решении задач, связанных с заданием или исследованием технических характеристик систем.

Качественная сторона информации характеризует её содержательную часть, определяющуюся не объёмами информации, а непосредственной реакцией пользователя.

Для технических систем требовалось определить количественную меру информации. Количественная мера для измерения информации впервые была введена Р. Хартли. Эта мера описывала *энтропию* – меру вероятности множества равновероятных событий (термин «энтропия» применительно к информации был введён позже К. Шенноном):

$$H_x = k \log M, \quad (1)$$

где M – количество возможных состояний или количество степеней свободы случайной величины;

k – константа, определяющая единицы измерения энтропии (при $k = 1$ используются натуральные единицы измерения, наты; при $k = 1/\ln 2$ – двоичные единицы, биты; при $k = 1/\ln 10$ – десятичные, диты).

В своих работах К. Шеннон [6] определил энтропию для равновероятных исходов случайных величин. Для дискретных случайных величин энтропия имеет следующий вид:

$$H_x = -k \sum_x P(x) \log P(x), \quad (2)$$

где $P(x)$ – распределение вероятностей случайной величины x .

Для непрерывных случайных величин дифференциальная энтропия первоначально была введена К. Шенноном:

$$H_x = -k \int_{x \in X} p(x) \log p(x) dx, \quad (3)$$

где $p(x)$ – плотность распределения вероятностей случайной величины x ; X – область определения случайной величины x .

Этим же вопросом занимался ещё ряд исследователей. Следует отметить корректное опреде-

ление энтропии для непрерывных случайных величин Р.Л. Стратоновичем [5]. Им же обосновано проявление единства законов природы на примере температуры в термодинамике и потока плотности вероятности в теории эргасистем. Им же предложено называть вышеуказанные информационные меры больцмановской энтропией.

Отдельно следует выделить теорию семантической информации [7], в которой определены элементарная и неэлементарная информация, их носители, количественная мера информации, разработана теория ультраоператоров. Всё это позволило с новых позиций описать системы искусственного интеллекта.

На всех количественных мерах *информация* определяется как величина изменённой в ходе опыта неопределённости (*энтропии*):

$$I = L(H, t), \quad t \in [t_0, t_k], \quad (4)$$

где t_0, t_k – время начала и окончания опыта,

L – оператор изменения энтропии в ходе опыта. Для количественных информационных мер, представленных выше, и для ряда других информационных мер этот оператор представляет собой разность априорной (лат. *a priori* – от предшествующего) и апостериорной (лат. *a posteriori* – от последующего) энтропии:

$$L(H, t_0, t_k) = H_{apr} - H_{aps}, \quad (5)$$

где H_{apr} – априорная энтропия,

H_{aps} – апостериорная энтропия.

Другие определения информации основываются на свойствах объектов порождать разнообразие состояний, передаваемых посредством отражения, или на системе идеальных образов объектов, и системе присущих им признаков, или сведениях и данных об объекте, потенциально доступных для измерения. Возможны другие определения информации, удобные для использования в конкретных приложениях.

Информация может классифицироваться по различным признакам. Признаки классификации определяют конкретную структуру получаемой классификационной картины. В настоящее время известно достаточно много подходов к классификации для термина «информация», среди известных работ можно привести [1–8]. Здесь отметим наиболее общие признаки классификации, удобные для описания эргасистем военного назначения:

- сфера применения понятия «информация»;
- форма представления;
- источники информации;
- вид информации;
- описание объекта информации;
- стороны представления.

Сфера применения понятия «информация» определяет её подразделение на политическую, экономическую, военную, духовную.

По форме информация подразделяется на образную (идеальную) и признаковую (духовную).

По источникам информация подразделяется на информацию психики человека, информационно-технических систем, объектов материального мира, документальных источников, управляющих систем.

Вид информации связан с источниками информации. Для психики человека – это знания, навыки, умения. Для информационно-технических систем информацией являются сигналы, данные, программы. Объекты материального мира имеют информацию в виде характеристик и параметров. Для документальных источников информация представляется в виде знаков (символов) и сообщений. Для эргасистем информация подразделяется на осведомляющую, преобразующую, управляющую.

По описанию объект информации рассматривается как информация об объекте (семантическая информация [7]), информация по отношению к объекту [3], а также информация на основе статистических мер и нечётких мер. Семантическая информация представляется как элементарная и неэлементарная. По отношению к объекту информация представляется как объективная информация, являющаяся внутренней структурной информацией объектов, и субъективная информация, являющаяся внешней относительной информацией объекта.

Принято, что качественная сторона не предусматривает метрического представления. Отметим, однако, что под качеством информации понимается степень её соответствия потребностям пользователей (но это, опять же, при использовании таблиц соответствия вербальных характеристик метрическому представлению – также и количественная сторона информации). Эта информация определяет цели управления в эргасистемах. К примеру, при показателе качества «энергия» для одного энергопотребляющего объекта 100 кВт×ч может оказаться вполне достаточным потреблением за месяц, в то время как для более крупного объекта этого окажется крайне недостаточно, и качественная сторона информации об этих поступлениях энергии будет разной. Если критерий «качество» для измерения качественной стороны информации введён, то эта информация будет уже метрической величиной, следовательно, может быть измерена. Но поскольку принято, что качественная сторона не может быть определена количественно, то для разрешения конфликтов в терминологии

предлагается не употреблять термин «качественная сторона информации», а использовать термин «содержательная сторона информации».

Объединяющим информационным подходом по признакам «количественная» и «качественная» стороны информации может являться подход, основанный на энтропии покрытия [2; 3; 9; 10]. Эта информационная мера была специально введена для оптимизации информационных процессов, протекающих в эргасистемах.

Теоретико-множественная мера неопределённости содержит сведения о соответствии параметров объекта их нормативным значениям (относительного покрытия по приведению к норме множества реальных технических параметров объекта множеством требуемых параметров – «энтропия покрытия») [2; 3; 9; 18; 19]:

$$H_c(D, D_0) = k \ln \left[\frac{\|(D \setminus D_0) \cup D_0\|}{\|D_0\|} \right], \quad (6)$$

где D – множество реальных технических параметров; D_0 – множество нормативных (требуемых) технических параметров; \setminus – операция разности множеств; $\|\cdot\|$ – норма, допустимы первая норма (сумма абсолютных значений) и евклидова (квадратичная); k – коэффициент пропорциональности, связанный с единицами измерения (1).

Энтропия покрытия принимает ненулевые значения при превышении параметром или группой параметров нормативных значений и равняется нулю при достижении требуемых значений или при лучшем результате. *Такое свойство энтропии покрытия позволяет математически строго решать задачи оптимального управления с обеспечением рационального расходования ресурсов в условиях статистической неопределённости* [2; 9; 10; 11; 15; 16].

Следует также отметить, что при решении комплекса сложных задач теории управления следует использовать энтропию покрытия в обобщённой версии [2; 9; 10; 11; 16].

Различные представления информации могут быть упорядочены в две большие группы: 1) информация по приложениям и 2) информация объекта, что существенно для представления информации в метрической форме. Первая группа допускает представление информации в метрической и содержательной формах, в то время как во второй группе эти представления разделены. Вторая группа даёт возможность выбора каждому элементу первой группы для выбора своего количественного или содержательного представления. Информационные меры позволяют количественно упорядочить различные источники информации с заданной системой

правил, определяющих отношения между ними. Описание некоторых мер приведено в [1; 2]. Авторами и разработчиками таких мер являются Р. Хартли, К. Шеннон, Р. Стратонович, С. Кульбак, А. Шилейко, В. Кочнев, Ю. Шрейдер, А. Харкевич, Н. Моисеев, А. Чечкин, Л. Заде, Р. Фишер. Каждая информационная мера синтезируется в соответствии с её представлением по приводимому классификатору и, естественно, с целью наибольшего соответствия рассматриваемым процессам, объектам материального мира.

Из представленного многообразия форм информации видно, что разные подходы к определению понятия «информация» связаны с разными позициями по области применения этих определений. Поэтому определение и описание информации не может рассматриваться абстрактно, изолированно от конкретной области приложения этого понятия. В соответствии с приведённой классификацией можно отметить, что практически все пункты схемы в той или иной степени касаются вопросов анализа информационных процессов в эргасистемах военного назначения с учётом информационного противодействия возмущающим факторам.

Информационное противодействие

Решению проблем, связанных с технологическими процессами переработки информации, обеспечением её защищённости, посвящено достаточно много научных работ, в настоящей статье приведены только некоторые из них, непосредственно связанные с излагаемым материалом [1; 2; 3; 8; 9; 10; 11; 12]. На основании полученных результатов была сформулирована необходимость научного обоснования *информационного противодействия* (ИПД), что в самом широком смысле означает *создание системы научно обоснованных и официально принятых мер по информационной защите своих информационных массивов и технологий от несанкционированного доступа и информационному воздействию на различные сферы деятельности противостоящей стороны*.

При этом концепцию информационного противодействия предлагается создать на основании введения понятия *информационного ресурса*. Под информационным ресурсом в настоящее время понимают совокупность запасов содержательной информации и возможностей структурной информации эргасистемы [2]. К информационному ресурсу эргасистем военного назначения относят [3; 18]:

- информацию и информационные носители, технологию получения, сбора, накопления,

обработки, хранения и использования информации;

- инфраструктуру, включающую центры обработки информации, средства автоматизации информационных процессов, коммутационных связей и сетей передачи данных;

- программно-математические средства для управления информацией;

- административно-организационные органы управления информационными процессами (информатизацией);

- научные кадры – создатели баз данных и знаний, а также кадры по обслуживанию средств информатизации».

Определив понятие информационного ресурса, можно сформулировать цель информационного противодействия (ИПД). Под *целью информационного противодействия* понимается подавление информационного ресурса противостоящей стороны и активная защита своего информационного ресурса.

Средства, позволяющие достигнуть цели информационного противодействия, являются информационным оружием (ИО). Такие средства можно классифицировать по характеру воздействия на следующие группы:

- социальные средства воздействия (на психику и сознание людей);

- средства воздействия на сети информационного обмена;

- средства воздействия на массивы хранящейся информации;

- средства воздействия на комплексы обработки информации.

Такая классификация позволяет определить ИО как совокупность средств воздействия на психику, сознание людей, на информационно-техническую структуру системы.

Социальными средствами воздействия могут являться психотропные фармакологические средства, психотропные физические средства (генераторы), средства массовой информации в обычном информационном воздействии, глобальные сети информационного обмена, использование новых разработок из области психологии совместно со средствами массовой информации. К последним можно отнести «эффект 25-го кадра в телевидении», а также аналогичные воздействия на человека через Интернет или компьютерные игры.

Средствами воздействия на сети информационного обмена являются средства радиоэлектронной борьбы (РЭБ), средства подавления эффективности алгоритмов маршрутизации в пакетированных сетях, компьютерные средства.

Компьютерные средства воздействия по характеру воздействия подразделяются на средства разрушения, имеющие, как правило, вирусную основу, и средства доступа в сеть. При этом доступ в сеть может быть санкционированным и несанкционированным.

При санкционированном доступе может осуществляться перегрузка компьютерных сетей большими массивами ложных запросов, приводящая к сбоям работы и разрушению работы сетей. При несанкционированном доступе осуществляется «взлом» программных средств защиты с целью получения закрытой информации или управления ресурсами, контролируемые сетью.

Средства воздействия на массивы хранящейся информации и средства воздействия на комплексы обработки информации подразделяются на программные и аппаратные средства. Программные средства подразделяются на системные закладки, инициируемые извне или при вызове определенных системных запросов, и привнесённые средства, к которым относятся компьютерные вирусы и вызовы запрещённых системных запросов, приводящие к сбоям в работе или разрушению компьютерных комплексов. Аппаратными средствами могут быть аппаратные закладки разработчиков комплексов, как правило, в электронной части аппаратуры и инициализация разрушения носителей информации.

Характерной особенностью информационных воздействий является их реализация только по специфическим каналам – каналам информационного воздействия. Кроме каналов информационного воздействия, характерных для ИПД, процессы информационного обмена протекают также по следующим каналам:

- каналы управления, по которым осуществляется передача управляющей информации между элементами системы управления. Каналы управления предназначены для передачи управляющей информации (сигналов управления) от вышестоящих звеньев системы управления нижестоящим и получения донесений (квитанций) от нижестоящих звеньев вышестоящими по обратным каналам;

- каналы обмена информацией (информационного обмена) между системами и подсистемами, предназначенные для обеспечения решения их целевых задач необходимыми данными, которые не могут быть синтезированы внутри (локально);

- каналы утечки информации, обеспечивающие противодействующей стороне возможность получения информации, использование

которой наносит ущерб информационному ресурсу.

Вышеперечисленные группы каналов назвём каналами информационного взаимодействия.

Процессы информационных воздействий, обмена информацией, управления и утечки информации по каналам информационного взаимодействия, а также информационные процессы, протекающие внутри систем и подсистем, представляют собой технологические процессы переработки информации (ТППИ).

Под информационными технологиями понимаются процессы, происходящие на основе самоинформационного генезиса и других фундаментальных законов природы [1].

Под информационным состоянием системы понимается фиксированное во времени состояние внешних и внутренних информационных воздействий и ТППИ в элементах системы. Изменяющееся во времени информационное состояние образует динамику информационных процессов в системе.

В целом информационное противодействие на макроуровне можно определить как динамику информационных процессов в системе, образованной противодействующими сторонами и внешней средой.

Анализ технологий при информационном противодействии

В настоящее время в мире всё больше внимания уделяется технологиям информационного противоборства и, как составной части, информационного противодействия. Это связано с образованием нового экономического сектора, основанного на продукте этого сектора – информации, а также с уникальными свойствами информации, отличными от свойств других ресурсов, это пригодность для многократного использования и для многочисленных пользователей.

В США существует ряд официальных документов по этому вопросу: доклад Министерства обороны США “Report of the Quadrennial Defense Review”, концептуальный документ Комитета начальников штабов “Joint Vision 2010”, доклад Комиссии по национальной обороне “Transforming Defense National Security in the 21st Century, Report of the National Defense Panel”. В этих документах говорится о необходимости учёта совершенно иного по отношению к существующим факторам при анализе и развитии ситуаций. В частности, утверждается следующее.

«... мы признали, что мир продолжает быстро меняться. Мы не в состоянии полностью понять

или предсказать проблемы, которые могут возникнуть в мире за временными границами, определяемые традиционным планированием. Наша стратегия принимает такие неопределённости и готовит вооружённые силы таким образом, чтобы справиться с ними».

«Ускорение темпа изменений делает будущие условия более непредсказуемыми и менее стабильными, выдвигая широкий диапазон к нашим силам».

«Проблемы XXI века будут количественно и качественно отличны от тех, которые были характерны для периода холодной войны, в связи с чем потребуются коренные изменения институтов национальной безопасности, военной стратегии и подходов к вопросам обороны к 2020 году».

На основании анализа концептуальных документов США по нейтрализации неугодных им процессов в мире можно сделать вывод об их подходе к сути информационного противоборства, который заключается «в создании всеми средствами необходимой, отвечающей глобальной стратегии США, политической атмосферы в тех регионах, которые, как они полагают, входят в сферу их национальных интересов. В первую очередь это относится к России. При этом силовое решение вопроса считается провалом и должно использоваться только в крайнем случае».

Ранее моделирование подобного рода игровых ситуаций основывалось на численном решении систем дифференциальных уравнений в объектно ориентированном пространстве, что и сейчас нам навязывает компания Microsoft с последователями её программного обеспечения. В лучшем случае моделировались стохастические дифференциальные уравнения, но в XXI веке появились возможности метрического представления качественной стороны информации для эргатических систем [12; 13; 14; 15; 16]. Системы дифференциальных уравнений не способны учесть целевого поведения системы в целом, а лишь способны отразить потенциальные возможности поведения элементов.

Подход к моделированию этой проблемной ситуации может быть математически сформулирован на основании критерия стремления к минимуму целевого функционала в информационном пространстве, основанном на мере соответствия реальной ресурсной ситуации регионов требуемому ресурсному соответствию – энтропии покрытия. При этом игровая ситуация будет заключаться в построении таких целевых функционалов взаимодействующих сторон и в последующей выработке целевых управляющих реше-

ний по управлению своими информационными ресурсами.

Таким образом, технологии информационного противоборства и (или) информационного противодействия (для соответствующих ситуаций) должны основываться на обработке указанной выше игровой ситуации в информационной области. Ключевым моментом будет являться разделение всего театра военных действий на две составляющие – традиционное пространство (ресурсная область) и киберпространство (информационная область), и на этом предлагается в США доктрина киберманёвра (Робертом Банкером).

Однако в концептуальных положениях США эти две области разделяются, и только опосредованно видна между ними связь – через информационные технологии, такие, как сбор, обработка и последующий анализ информации.

На самом деле разрыва в анализе понятий «ресурсная область» и «информационная область» не должно быть. Они связаны функциями прямого и обратного отображения с выбором целевых управляющих решений в информационной области.

Иными словами, нельзя сводить понятие «информация» для киберпространства к совокупности сведений по данной сфере интересов, а наоборот, это понятие должно быть связано с целевым состоянием этих сведений.

Но в США всё-таки информационное противоборство понимается как комплексное воздействие на систему государственного и военного управления противостоящей стороны. Следовательно, и там понятие информационного противоборства воспринимается как совокупность целевых управляющих воздействий.

Опять же, способность не только реагировать, но и предвидеть проблемы до того, как они достигнут кризисной точки, которая является преследуемой задачей ИПД, может быть достигнута только при математической формулировке концепции ИПД. Следовательно, информационные технологии ИПД должны основываться на решении целевого функционала в информационной области отношений с выработкой управляющих воздействий для ресурсной области отношений и последующей их реализацией и анализом состояния для следующего итерационного шага.

Важное место в ИПД занимает воздействие противоборствующих сторон на компьютерные сети. В США введён специальный термин – «атака на компьютерные сети» (Computer Network Attack). В рамках этого термина в состав информационного оружия входит совокуп-

ность специально организованной информации и информационных технологий, позволяющих целенаправленно изменять, уничтожать, копировать, блокировать информацию, преодолевать системы защиты, ограничивать доступ законных пользователей, осуществлять дезинформацию, нарушать функционирование носителей информации, дезорганизовывать работу технических средств, компьютерных систем и информационно-вычислительных сетей. Существуют сообщения американских экспертов о том, что разработки по созданию средств и ведению компьютерных войн проводятся более чем в 25 странах мира.

В зависимости от предназначения информационное оружие может быть обеспечивающим и атакующим. Обеспечивающее оружие применяется для снятия системы защиты атакуемой стороны – системы компьютерной разведки и системы преодоления. Атакующее информационное оружие оказывает непосредственное воздействие на атакуемую компьютерную систему и включает средства нарушения конфиденциальности информации, нарушения целостности информации, нарушения доступности информации, психологического воздействия на абонентов информационной системы.

Информационное оружие атак на компьютерные сети, как указывалось выше, может быть программным и аппаратным.

Важно, что в настоящее время наблюдаются тенденции по смещению информационных воздействий в процессе ИПД с воздействий на технические системы к воздействиям на психику человека, как лица, принимающего решения, оператора. Поэтому в ресурсной области обязательно должен учитываться социологический фактор.

Интересно отметить тот факт, что все приведённые выше концептуальные положения могут быть математически чётко сформулированы с использованием информационных мер – энтропии покрытия и энтропии покрытия в обобщённой версии, которые позволяют сформировать целевой функционал для каждой конкретной *практической* задачи и привести к синтезу оптимального информационного управления в эргосистеме военного назначения.

Литература

1. Энциклопедия информациологии / под ред. А.М. Прохорова. – М. : Информациология, 2000. – 467 с.
2. Сухов А.В. Методы и технологии выработ-

ки управленческих решений. – М. : ВА РВСН им. Петра Великого, 2003. – 287 с.

3. Ловцов Д.А. Информационная теория эргасистем: Тезаурус. – М. : Наука, 2005. – 248 с.

4. Варайский Ф.С. Информатика. Новый систематизированный толковый словарь-справочник. – М. : Либерия, 2001. – 536 с.

5. Стратонович Р.Л. Теория информации. – М. : Сов. радио, 1975. – 424 с.

6. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М. : Иностранная литература, 1963. – 830 с.

7. Чечкин А.В. Математическая информатика. – М. : Наука, 1991. – 416 с.

8. Урсул А.Д. Проблема информации в современной науке. Философские очерки. – М. : Наука, 1975. – 283 с.

9. Сухов А.В. Динамика информационных потоков в системе управления сложным техническим комплексом // Теория и системы управления. – 2000. – № 4. – С. 111–119.

10. Бурый А.С., Сухов А.В. Оптимальное управление сложным техническим комплексом в информационном пространстве // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 7. – С. 145–162.

11. Сухов А.В. Синтез оптимального управления сложным техническим комплексом в информационном пространстве // Информатизация управления / под ред. Д.А. Ловцова. – М. : ВА РВСН им. Петра Великого, 2003. – С. 74–84.

12. Ловцов Д.А., Сергеев Н.А. Управление безопасностью эргасистем / под ред. Д.А. Ловцова. – М. : РАУ-Университет, 2001. – 224 с.

13. Касти Дж. Большие системы. Связность, сложность и катастрофы. – М. : Мир, 1982. – 216 с.

14. Кучин Б.Л., Якушева Е.В. Управление развитием экономических систем: технический прогресс, устойчивость. – М. : Экономика, 1990.

15. Сухов А.В., Новиков О.П., Прокопенко В.С. Динамика информационных потоков в системе управления сложным техническим комплексом в информационном пространстве, основанном на энтропии покрытия // Межотраслевая информационная служба ФГУП ВИМИ. – 2012. – № 1.

16. Сухов А.В., Зайцев М.А., Ерёмченко В.В., Сухов П.А. Модель состояния информационного ресурса системы управления сложным техническим комплексом // Методологические проблемы создания, испытаний и применения информационно-ударной техносферы в ВС РФ – М. : ВА РВСН им. Петра Великого, 2012.

17. Гладышев А.И., Жуков А.О. Методика использования искусственных нейронных сетей с целью идентификации параметров движения летательных аппаратов // Вестник Российского нового университета. – 2014. – Выпуск 4. Управление, вычислительная техника и информатика. – 149–151.

18. Гладышев А.И. Анализ системы управления сложными динамическими объектами (системами) // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». – 2015. – Выпуск 1. – С. 44–48.