

Ю.Л. Козирацкий, доктор технических наук, профессор
Р.С. Аносов, кандидат технических наук, доцент
Д.М. Бывших, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Обоснование технологий развития системы радиоэлектронной борьбы. Применение морфологических методов

Рассмотрены проблемные вопросы обоснования перечня перспективных технологий радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Показана целесообразность применения формализованных методов формирования такого перечня. Рассмотрены возможности применения морфологического анализа и синтеза при генерации технологий РЭБ. Предложенный формализованный подход позволяет в наиболее полной мере учитывать потенциальные возможности развития технологий РЭБ и, в конечном итоге, повысить качество обоснования предложений в Программу развития базовых военных технологий в области РЭБ.

Анализ практики разработки военных технологий [1-3] показывает, что все развитые в военно-техническом отношении государства уделяют особое внимание повышению эффективности механизма селекции и внедрения результатов фундаментальных и прикладных исследований, как основы реализации научно-технических прорывов в развитии вооружения и военной техники [4, 5].

Одной из основополагающих задач в общей проблеме обоснования военных технологий, в том числе технологий развития системы радиоэлектронной борьбы (далее – технологии РЭБ), является формирование перечня актуальных технологий, предлагаемых к реализации в рамках Государственной программы вооружения (ГПВ) [6, 7]. Исходный перечень, сформированный на начальном этапе обоснования предложений в ГПВ, является основой для дальнейшего анализа и выбора наиболее рациональных направлений развития технологий и должен быть адекватен как военно-техническим задачам, так и накопленному научно-техническому заделу и возможностям научных баз [8,9]. Принимаемые на этом этапе решения во многом определяют перспективы и эффективность про-

грамм развития технологий и военной техники. Кроме того, ошибки, допущенные на этом этапе, могут привести либо к неоправданным затратам на развитие неактуальных технологий, либо к отсутствию исследований и разработок по перспективным научным направлениям, что впоследствии отрицательно скажется на развитии техники и возможностях поддержания технологического паритета с развитыми странами.

В настоящее время методическому аспекту проблемы и, в частности, методам синтеза технологий уделяется серьезное внимание. Однако, предлагаемые методы носят либо обобщенный характер и нацелены на весь комплекс военных технологий [6, 7, 10, 11], либо решают вопросы синтеза комплексов и средств РЭБ, их подсистем, а также входящих в них технических устройств [12-15]. При этом общие подходы фактически не учитывают специфики развития техники РЭБ [16]. Эта специфика традиционно проявляется, во-первых, в жесткой увязке с динамикой совершенствования радиоэлектронных средств (РЭС) противника как объектов подавления, во-вторых, в структурной и технической сложности, широте и многообразии противоборствующих

щих средств, использующих различные физические явления и диапазоны электромагнитного спектра, в-третьих, в строгой стратификации с уровнями от физических явлений до тактических приемов применения средств РЭБ (рисунок 1). Существующая методология синтеза комплексов и средств РЭБ, направленная, в основном, на формирование их технического облика, обоснование требуемых и прогнозирование достижимых уровней тактико-технических характеристик (ТТХ)

фактически не затрагивает вопросы накопления научно-технического и технологического задела в области РЭБ и, в частности, задачи генерации релевантного перечня технологий РЭБ. В то же время используемые на современном этапе эвристические методы ограничены практическим опытом экспертов и не гарантируют выявление всех перспективных технологий РЭБ, которые могли бы дать существенный рост эффективности РЭБ.



Рисунок 1 – Иерархические уровни технологий

Таким образом, целью данной статьи является разработка формализованного метода, который, базируясь на специфике техники РЭБ и учитывая общие подходы, принятые в Минобороны России при обосновании Государственной программы вооружения, позволял бы формировать перечень перспективных технологий РЭБ, адекватно отражающий цели и перспективы развития РЭБ, а также современное состояние технологий и потенциал их внедрения.

В работе [6] приведено определение технологии «...как совокупности знаний и документированных данных о принципах, приемах и способах получения, переработки веществ, материалов, энергии и информации для создания изделий, узлов, агрегатов, составных частей, а также для решения организационных, управленческих, экономических, военных и других задач человеческой дея-

тельности». Существуют и другие определения, суть которых сводится к трактовке технологии как способа (метода) достижения цели (решения задачи) с использованием необходимых средств. Как следует из определения, содержание термина «технология» в значительной мере зависит от цели и условий применения. Однако можно выделить такие общие понятия, как способ действия, цель действия, предмет приложения технологии, используемые средства, сфера деятельности. Это позволяет формализовать представление технологии с учетом специфики РЭБ, например, для составляющей РЭБ «радиоэлектронное поражение» можно предложить следующее:

$$T = (a, o, p, c, m, i, l, R), \quad (1)$$

где T – технология;

a, o, p, c, m, i, l – элементы множеств: множества способов воздействия A , множества

объектов воздействия O , множества целей P , множества особых условий C , множества используемых средств M , множества инноваций или используемых научно-технических достижений I , множества уровней иерархии (рисунок 1) L , соответственно;

R – множество правил или отношение между элементами множеств A, O, P, C, M, I, L , при выполнении которых совокупность имеет физический смысл.

В набор множеств, определяющих технологию, добавлены необязательные с позиций приведенного определения технологии множества особых условий и инноваций (рису-

нок 2). Такая избыточность представляется правомерной, поскольку разрабатываемый перечень направлен на развитие и нововведения, носит прогнозный характер, и конкретизация особенностей и возможных элементов новизны технологии вносит большую определенность и информативность в содержание перечня. К тому же, как показывает практический опыт проведения экспертиз технологий по существующим методикам [17], уровень новизны технологии имеет определяющее значение для адекватной оценки реализуемости.

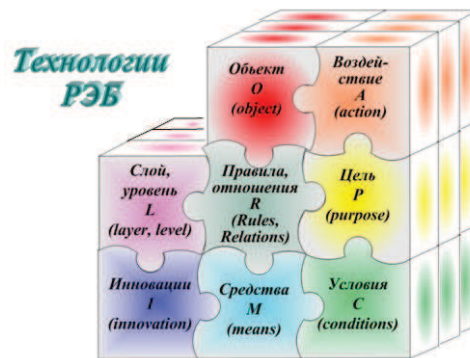


Рисунок 2 – Морфологическая структура технологий РЭБ

Рассмотрение выделенных компонент начнем с множества целей P . По определению целью технологии может быть как создание вполне материального объекта (материала, элемента, технического устройства, комплекса, системы), так и управление, выполнение военной задачи или решение задачи организационной и экономической. В аспекте РЭБ, прежде всего, представляют интерес цели:

- выполнения задач РЭБ;
- управления системой и комплексами РЭБ;
- создания новой техники на всех уровнях иерархии и накопления научно-технического задела;
- снижения стоимости создания и эксплуатации техники РЭБ;
- организационные, связанные как с формированием организационно-штатных единиц, так и с подготовкой личного состава,

поддержанием боеготовности, мониторингом техники на всех этапах жизненного цикла, стандартизацией и каталогизацией и т. п.

С учетом направленности Программы развития базовых военных технологий на накопление научно-технического и технологического задела (НТТЗ) для последующей реализации в образцах ВВТ для разработки технологий РЭБ приоритет имеют цели развития технологий для выполнения задач РЭБ и создания техники РЭБ на всех уровнях иерархии, однако это не исключает развитие технологий другой целевой направленности при условии их значимости в аспекте повышения эффективности РЭБ. Отметим, что согласно принципу внешнего дополнения [18, 19], для оптимального управления развитием технологий как системы необходимо существование некоторого резерва НТТЗ. Этот резерв необходим для компенсации неучтенных воз-

действий внешней среды (т.е. для нивелирования ошибок прогнозирования развития РЭС противника) и внутренней среды (для снижения последствия неточностей прогноза научно-технического прогресса в отечественном ОПК).

Множество объектов воздействия O также имеет подмножества видов и свои уровни разукрупнения [16]. Традиционными объектами воздействия являются системы управления войсками и оружием противника с детализацией от подсистем разведки, управления, связи (передачи данных) до приемных устройств (датчиков) для съема электромагнитных волн (сигналов) в разных частях спектра. В части технических систем РЭБ объектами являются управляемые элементы этих систем. Для технологий инфраструктуры техники РЭБ в качестве объектов могут выступать как испытываемые образцы ВВТ (испытания на заметность), так и личный состав (тренажеры и симуляторы комплексов РЭБ).

Множество объектов в значительной мере определяет множество способов воздействия A . Сюда следует отнести как тактические приемы на высшей (военной) страте и виды помех, включая энергетические и спектральные характеристики, так и принципы, алгоритмы и методики управления техническими средствами.

Особые условия C , для которых технология создается и способна эффективно функционировать, обуславливают и особые свойства системы РЭБ. Эти свойства, обеспечивающие в особых условиях эффективность, выживаемость, надежность, эргономичность, устойчивость или другие качества системы РЭБ, направлены на преодоление негативных воздействий противника или окружающей среды.

Множество используемых средств M , включающее технику различных уровней сложности от систем РЭБ до элементов технических устройств и материалов (рисунок 1), включает также средства доставки, как одну из функциональных подсистем комплекса (средства РЭБ), средства связи (передачи дан-

ных), боевые части самонаводящегося по излучению оружия, автоматы выброса ложных целей и другие, применяемые совместно с электронными устройствами, механические, электромеханические и химические средства.

Множество инноваций I представляет собой накопленный НТТЗ в области РЭБ и смежных областях, включая тактические, технические и конструктивные решения, теоретические наработки, физико-технические эффекты, производственные технологии, которые используются, могут быть использованы или возможности использования которых пока не ясны и требуют проработки [6].

Множество уровней L отражает принятую иерархическую структуру техники РЭБ (рисунок 1) и соответствует общему многоуровневому стратифицированному описанию военных технологий и технофактов [20], однако отличием является то, что технологии создания и использования носителей (платформ) не выделяются в отдельную страту, но входят в страту функциональных подсистем. В состав функциональных подсистем, кроме традиционных подсистем разведки, управления, помех и носителей, некоторые авторы [21] включают также подсистемы контроля функционирования комплекса РЭБ и подсистему энергообеспечения.

Отметим, что верхние уровни (рисунок 1), базируясь на использовании технологий нижележащих уровней, задают тактико-технические и технико-технологические требования к технологиям нижележащих уровней. Эти требования определяются, во-первых, объектами подавления, во-вторых, особыми условиями, в-третьих, общими тенденциями развития радиоэлектронных систем. Такими тенденциями в настоящее время являются, например, следующие [7, 11, 12, 22-25]:

- повышение уровня автоматизации на базе цифровых и информационных технологий;
- снижение типажа РЭС за счет использования многофункциональных и интегральных средств;

- повышение мобильности за счет применения эффективных носителей и компактности (миниатюризации) за счет применения новых материалов и элементной базы на основе нанотехнологий;

- внедрение технологий искусственного интеллекта и обеспечение возможности автономной работы при общей интеграции РЭС различного функционального назначения на сетевом принципе;

- повышение быстродействия, пропускной способности, объемов добываемой и анализируемой информации до уровней, когда оперативное принятие решений исключает вмешательство человека и возможно лишь на основе роботизации радиоэлектронных комплексов и систем;

- обеспечение адаптивности, возможности переконфигурации радиоэлектронных систем.

В стоимостном аспекте как тенденция отмечается «...переход к массовому созданию менее интеллектуальных в отдельности и поэтому существенно более дешевых средств, изначально ориентированное на системное (сетевое) применение...» [26].

Во встречном по отношению к воздействию требований направлении (рисунок 1) на содержание технологий воздействуют инновации I . Т. е. накопленный и создаваемый на нижележащих уровнях НТТЗ, в том числе и тот, который создан вне рамок технологий РЭБ, но в смежных областях, является своеобразным «катализатором» для разработки новых технологий на верхних уровнях.

$$\mathfrak{T} = A \times O \times P \times C \times M \times I \times L = \{(a, o, p, c, m, i, l) | a \in A, o \in O, p \in P, c \in C, m \in M, i \in I, l \in L\}, \quad (2)$$

где \mathfrak{T} – множество технологий.

На практике далеко не все сочетания несут смысловую нагрузку, и рассматривается

$$R(a, o, p, c, m, i, l) \sim \{(a, o, p, c, m, i, l) | P(a, o, p, c, m, i, l) = \text{«истина»}\}, \quad (3)$$

где R – отношение или искомый перечень технологий ($R \subset \mathfrak{T}$).

$P(a, o, p, c, m, i, l)$ – логическое выражение, определяющее правила совместимости элементов a, o, p, c, m, i, l , т. е. принадлежность семерки (a, o, p, c, m, i, l) отношению

Правила R определяют порядок формирования технологии, т. е. обеспечивают смысловую совместимость элементов множеств в рамках одной технологии. Правила определяют приоритеты и одновременно накладывают ограничения на формирование технологии. Например, формирование технологии РЭБ на высшем уровне целесообразно начинать с рассмотрения РЭС – объекта подавления, но с учетом необходимости соответствия диапазонов рабочих частот этого РЭС и комплекса РЭБ.

В таблице 1 приведены примеры формализации технологий, иллюстрирующие предлагаемый подход.

Приведенные примеры не претендуют на полноту и новизну, но показывают принципиальную возможность морфологической структуризации [40] технологий РЭБ на различных стратах в соответствии с (1). В соответствии с терминологией морфологического анализа и синтеза [41] пространство поиска технологий представляет собой *морфологическое множество*, процесс определения этого пространства – *морфологический анализ*, поиск решений – *морфологический синтез*. В процессе морфологического синтеза комбинаторными методами определяется состав синтезируемого объекта. Т.е. каждое сочетание элементов множеств A, O, P, C, M, I, L формально соответствует отдельной технологии. Полный перечень технологий при этом определится декартовым произведением [42]:

лишь некоторое подмножество \mathfrak{T} , называемое отношением:

R . Это логическое выражение называют предикатом отношения R . Более точно, кортеж принадлежит отношению R тогда и только тогда, когда предикат этого отношения принимает значение «истина». На практике отношения могут задаваться матрицами, элементами

которых являются «истина», в случае, если соответствующие элементу строка и столбец совместимы, и «ложь» при несовместимости понятий. Рассмотрим, в качестве примера, би-

нарный предикат отношения декартова произведения множеств действия и объектов aPo (таблица 2).

Таблица 1 – Примеры формализации технологий РЭБ

Уровень иерархии	Способ действия	Объект воздействия	Цель	Особые условия	Используемые средства	Инновации
1. Технологии ведения РЭБ..., применяемые системы РЭБ.	Поражение мощным радиоизлучением.	Система управления (СУ) крылатых ракет (КР) (бортовые приемники радионавигационных систем КР).	Нарушение функционирования СУ КР [27] с целью нарушения оптимального (на малых высотах) режима полета и последующего огневого поражения.	Ограниченные возможности по обнаружению и подавлению КР.	Комплексы радиоэлектронного поражения РЭС наведения КР.	Использование для поражения радиоэлектронных элементов мощного СВЧ-излучения [27-29].
То же	Подавление помеховыми радиосигналами.	Система управления, подсистема УКВ радиосвязи противника.	Нарушение функционирования системы управления противника.	Активное ведение противником контр-РЭБ.	Техническая система РЭБ ТЗУ.	Пространственно-распределенные элементы системы, включая забрасываемые передатчики помех [29,30].
2. Технологии систем РЭБ (пример: система управления).	Управление комплексами РЭБ.	Комплексы разведки, подавления и управления, средства связи.	Оптимизация взаимодействий и усилий по РЭБ совокупности средств (оценка РЭО, планирование операции, непосредственное управление).	Разнородные комплексы на элементной базе разных поколений, удаленное взаимодействие между участниками информационного обмена.	Устройства программно-технического сопряжения.	Принципы работы программно-технических средств по сопряжению разнородных РЭС [31]. Стандартизация и унификация программных средств, создание условий для самосинхронизации действий войск и оптимального взаимодействия [23].
3. Технологии средств и комплексов РЭБ (пример: средство радиоэлектронного подавления РЭС связи с ППРЧ).	Излучение помеховых сигналов в КВ диапазоне.	Приемные устройства КВ радиосвязи.	«Уменьшение количества полезной информации...» передаваемой по радиоканалу [32], или исключение возможности приема полезного сигнала.	Применение противником РЭС связи с ППРЧ [16,33,34].	Автоматизированная станция помех КВ радиосвязи Р-378А [34,35].	Применение устройств раскодирования ППРЧ [16, 33-35].
4. Технологии функциональных подсистем средств и комплексов РЭБ (пример: подсистемы разведки РЛС противника).	«Выявление системы радиоэлектронного обеспечения противника...» [32].	Подсистема управления комплекса (средства) – передача информации о РЭС противника.	Получение информации о параметрах и дислокации РЭС противника [32].	Применение противником радиолокационных станций (РЛС) обеспечения полетов на малых высотах. Значительное число (десятки) разведываемых РЛС противника. Применение непрерывного и квазинепрерывного излучения.	Составляющие подсистемы разведки [16,32,36]: антенное устройство, приемники, анализатор, пеленгаторное устройство, устройство запоминания и обработки полученной информации.	Применение широкополосного и беспоскоискового частоте поиска РЭС противника. Одновременное обнаружение излучающих РЛС во всех поддиапазонах. Методы защиты от непрерывного и квазинепрерывного излучения [32, 33, 36].

Продолжение таблицы 1

5. Технологии технических устройств (пример: системы приема сигналов РЭС).	Первичная обработка радиосигналов [37].	Передача информации о сигнале системам анализа и запоминания.	Идентификация сигналов РЭС противника.	Применение противником систем связи с шумоподобными сигналами (ШПС), например, «Джитидс», что значительно осложняет радиоэлектронное подавление [37, 38].	Составляющие цифровых радиоприемных систем: система входящая в связь, система автоподстройки частоты, устройства оценки параметров сигнала...[38].	Методы обработки ШПС со сверхбольшими базами на основе применения СБИС [38].
6. Технологии элементов технических устройств (пример: гироскоп).	Генерация мощного СВЧ излучения для средств функционального поражения РЭС противника.	Элементная база РЭС противника.	Поражение элементной базы РЭС противника путем нарушения (изменения) физической структуры элементов.	Ограничение номенклатуры средств РЭБ при необходимости ведения РЭБ с помехозащищенными РЭС противника различного типа и базирования [28].	Состав: электронная пушка, солениод, волновод (открытый резонатор), антенна и коллектор электронов, вакуумное окно [28].	Теория и технологии построения мазеров на циклическом резонансе [28].
7. Технологии материалов и веществ (пример: радиопоглощающие покрытия (РПП)).	Снижение радиолокационной заметности образцов ВВТ.	Сигналы РЛС противника в диапазоне до 300 ГГц.	Поглощение излучений РЛС противника.	Необходимость широкого диапазона рабочих частот (до 300 ГГц), малого веса, устойчивости к воздействию окружающей среды.	Состав РПП: аморфный гидрогенизированный углерод, ферромагнитные наночастицы, гибкая арамидная ткань [39].	Технология реактивного ионно-плазменного магнетронного напыления ферромагнитных наночастиц в пленку аморфного гидрогенизированного углерода [39].

Таблица 2 – Пример предиката

Объект		O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
		Бортовые приемники радионавигационных систем КР противника	Приемные устройства КВ радиосвязи противника	Приемные устройства УКВ радиосвязи противника	Оптические головки самонаведения ВТО противника	Комплексы РЭБ, пространственно-распределенные системы разведки и РЭБ
Действие						
a_1	Поражение мощным радиоизлучением	«истина»	«истина»	«истина»	«истина»	«ложь»
a_2	Подавление в КВ диапазоне	«ложь»	«истина»	«ложь»	«ложь»	«ложь»
a_3	Поражение лазерным излучением оптического диапазона	«ложь»	«ложь»	«ложь»	«истина»	«ложь»
a_4	Управление комплексами РЭБ	«ложь»	«ложь»	«ложь»	«ложь»	«истина»

В соответствии с таблицей 2 отношение для $A \times O$ содержит пары: (a_1, o_1) , (a_1, o_2) , (a_1, o_3) , (a_1, o_4) , (a_2, o_2) , (a_3, o_4) , (a_4, o_5) . Таким образом, предикаты играют роль своеобразного фильтра, отсекающего нереальные варианты технологий.

Отметим, что отношения являются математическим аналогом таблиц (в нашем случае примером такой таблицы является таблица 1),

что важно для автоматизации формализованных методов синтеза технологий и генерации перечня актуальных технологий РЭБ.

Следующим этапом морфологического анализа является разработка морфологической таблицы. В соответствии с (1) матрица может иметь примерно следующий вид [40] (рисунок 3).

Приведенная в качестве примера таблица является основой для морфологического синтеза путем перебора альтернатив, фильтрации проверкой условия наличия смысловой

связи и физической непротиворечивости компонент синтезируемых технологий и последующей оценки приоритетов и формирования перечня актуальных технологий.

Технология 1 $\langle a_1, o_1, p_1, c_1, m_1, i_1, l_1 \rangle$	a_1	o_1	p_1	c_1	m_1	i_1	l_1
Технология 2 $\langle a_2, o_2, p_2, c_2, m_2, i_2, l_2 \rangle$	a_2	o_2	p_2	c_2	m_2	i_2	l_2
Технология 3 $\langle a_3, o_3, p_3, c_3, m_3, i_3, l_3 \rangle$	a_3	o_3	p_3	c_3	m_3	i_3	l_3
Технология ...	...	...	...	...	...	...	...
Технология k	a_N	...	...	...	...	...	...
Технология k+l...		...	...	...	...	i_N	...
Технология ...		...	p_N	...	...		...
Технология N^R		...		...	m_N		...
		o_N		...			l_N
				c_N			

Рисунок 3 – Вид морфологической таблицы («морфологический ящик»)

Вопросы фильтрации были частично рассмотрены при рассмотрении предикатов. Можно добавить, что на практике для упрощения процедуры вместо использования

$$R(a, o, p, c, m, i, l) \sim \{(a, o, p, c, m, i, l)\}$$

$$aPo \wedge aPr \wedge aPc \wedge aPm \wedge aPl \wedge aPi \wedge aPl \wedge oPr \wedge \dots \wedge mPl \wedge iPl = \text{«истина»}.$$

Оценка приоритетов проводится по комплексу критериев [43], например, достижение новых качеств техники РЭБ (интеллектуальность, автономность, малогабаритность, многофункциональность, мобильность, автоматизация, роботизация; 3D-функционирование, возможность применения в различных условиях), эффективность (качественное повышение эффективности РЭБ, новые способы ведения РЭБ, возможности выполнения приоритетных задач РЭБ [44], применение в различных, в т.ч. интегральных системах вооруженной борьбы, повышение живучести, эксплуатационных и эргономических показателей) и т. д.

Формирование перечня представляет собой итеративный циклический процесс, когда традиционные технологии периодически уточняются с появлением информации о но-

вых потенциальных объектах РЭБ или новых научно-технических и технологических достижениях. Как отмечалось, большие массивы информации, подлежащие экспертному анализу для определения предикатов и отношения, делают процедуру морфологического синтеза проблемно трудоемкой даже при использовании средств автоматизации. Однако существует ряд методов [40, 41], позволяющих существенно уменьшить число операций по сравнению с полным перебором вариантов, содержащихся в морфологической таблице. Например, используется предварительное многокритериальное ранжирование (метод древовидного синтеза), осуществляемое затем комбинирование проводится последовательно от наиболее приоритетных элементов к менее приоритетным. Особенностью метода блочно-лабиринтного синтеза является

конструирование систем на отдельных блоках морфологической таблицы, что позволяет свести решение задачи морфологического синтеза к задаче меньшей размерности. Процесс синтеза рационального варианта осуществляется «сверху вниз», т.е. от более обобщенных функциональных подсистем к более конкретным реализациям этих подсистем. Это соответствует подходу к формированию перечня технологий РЭБ, когда верхние уровни (рисунок 1) задают тактико-технические и технико-технологические требования к технологиям нижележащих уровней. В синтезируемых вариантах определяются «слабые» элементы, не позволяющие варианту удовлетворять в полной мере предъявляемым требованиям. Для улучшения основных «слабых» элементов строятся дополнительные морфологи-

ческие таблицы, получаемые в результате их декомпозиции. Т.е. проводится последовательный послойный (рисунок 1) морфологический анализ и синтез в целях исключения «слабых» мест технологий.

Таким образом, в статье показаны возможность и целесообразность применения морфологического анализа и синтеза при генерации релевантных технологий РЭБ. В заключение необходимо отметить, что предложенный подход при реализации в автоматизированной информационной системе позволяет экспертам значительно расширить область рассматриваемой проблематики, повысить оперативность принятия решений и, в целом, повысить качество формируемых перечней технологий РЭБ.

Список использованных источников

1. Сергиевский В., Черков С. Критические технологии в военно-технической политике США // Зарубежное военное обозрение. – 1991. – № 4. – С. 11-17.
2. Основы политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2010 года и дальнейшую перспективу // Сб. «Научные проблемы национальной безопасности Российской Федерации». – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2002. – Вып. 3.
3. Актуальные задачи развития Вооруженных Сил Российской Федерации. – М.: Агентство «Военинформ» МО РФ, 2003. – 103 с.
4. Приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации. Утверждены Президентом Российской Федерации 21.05.2006 г., Пр-843. <http://www.mon.gov.ru/sciencepolitic/conception>.
5. Перечень критических технологий Российской Федерации. Утвержден Президентом Российской Федерации 21.05.2006 г., Пр-842. <http://www.mon.gov.ru/science-politic/conception>.
6. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Программно-целевое планирование и управление созданием научно-технического задела для перспективного и нетрадиционного вооружения. – М.: Граница, 2007. – 408 с.
7. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. – Тверь: Купол, 2009.
8. Викулов С.Ф. Развитие и задачи применения методологии программно-целевого планирования в военно-финансовой сфере // Сборник материалов научно-практической конференции «Проблемы программно-целевого планирования затрат». – М.: ВФЭУ МО РФ, 2006. – 138 с.
9. Леонов А.В., Смирнов С.С., Хованов Д.Г. Адаптивный подход к определению объемов ассигнований на развитие базовых и критических военных технологий // Вооружение и экономика. – 2012. – № 5. – С. 47-60.
10. Ивлев А.А., Артеменко В.Б. Онтология технологий // <http://www.milresource.ru/Ontol.html>

11. Кравченко А.Ю., Смирнов С.С., Реулов Р.В., Хованов Д.Г. Роль научно-технического задела в инновационных процессах создания перспективного вооружения: проблемы и пути решения // Вооружение и экономика. – 2012. – № 4. – С. 41-56.
12. Карпухин В.И., Маевский Ю.И., Годуйко В.А. Направления развития системы вооружения РЭБ межведомственного назначения // Вооружение и экономика. – 2010. – № 2. – С. 55-60.
13. Ашурбейли И.Р., Лаговиер А.И., Соколов С.П. Сложные радиоэлектронные системы вооружения. Планирование и управление созданием. – М.: Радиотехника, 2010. – 440 с.
14. Разиньков С.Н. Синтез сверхширокополосных антенных решеток с максимальными энергетическими коэффициентами направленного действия и нулями парциальных диаграмм направленности // Радиотехника. – 2009. – № 6. – С. 83-85.
15. Козирацкий Ю.Л., Глушков А.Н. Синтез лазерных помех координато-метрическим оптоэлектронным системам // Радиотехника. – 2011. – № 8. – С. 37-41.
16. Цветнов В.В. Радиоэлектронная борьба: радиоразведка и радиоподавление / В.В. Цветнов, В.П. Демин, А.И. Куприянов. – М.: МАИ, 1998. – 248 с.
17. Смирнов С.С., Тужиков Е.З., Хованов Д.Г., Горбунов В.В. Методика комплексной оценки готовности научно-технического задела для перспективного образца вооружения, военной и специальной техники // Стратегическая стабильность. – 2013. – № 2. – С. 39-44.
18. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине / Пер. с англ. И.В. Соловьева и Г.Н. Поварова; под ред. Г.Н. Поварова. – 2-е изд. – М.: Наука, 1983. – 344 с.
19. Бир С. Кибернетика и менеджмент / Пер. с англ. В.Я. Алтаева; ред. А.Б. Челюсткин. – 2-е изд. – М.: URSS : КомКнига, 2006. – 274 с.
20. Буренок В.М., Погребняк Р.Н., Скотников А.П. Методология обоснования перспектив развития средств вооруженной борьбы общего назначения. Военная техника. – М.: Машиностроение, 2010. – 368 с.
21. Добыкин В.Д., Куприянов А.И., Пономарев В.Г., Шустов Л.Н. Радиоэлектронная борьба. Цифровое запоминание и воспроизведение радиосигналов и электромагнитных волн / Под общ. ред. А.И. Куприянова. – М.: Вузовская книга, 2009. – 360 с.
22. Рахманов А.А. Сетецентрические системы управления: закономерные тенденции, проблемные вопросы и пути их решения // Военная мысль. – 2011. – № 3. – С. 42-50.
23. Макаренко С.И., Бережнов А.Н. Перспективы использования сетецентрических технологий управления боевыми действиями и проблемы их внедрения в вооруженных силах Российской Федерации // Вестник Академии военных наук. – 2011. – № 4. – С.64-68.
24. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю., Брайткрайц С.Г. Военная робототехника: проблемы научно-технологического развития // Информационно-управляющие и измерительные системы. – 2006. – № 1-3. – Т. 4.
25. Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Проблемные вопросы развития микро- и нанотехнологий специального применения / Сб. матер. конференции VI Международного Форума «Высокие технологии XXI века». – М.: РФРВТ, 2005. – С. 171-174.
26. Чельцов Б.Ф. Проблемы создания сетецентрической системы управления войсками, силами и средствами ВКО // Вестник Академии военных наук. – 2011. – № 4. – С.56-63.
27. Казахов Б.Д. Радиоэлектронное поражение радиоэлектронных средств воздушного нападения в интересах противовоздушной обороны оперативного общевойскового объединения // Вестник Академии военных наук. – 2011. – № 3(31). – С. 71-77.
28. Добыкин В.Д., Куприянов А.И., Пономарев В.Г., Шустов Л.Н. Радиоэлектронная борьба. Силовое поражение радиоэлектронных систем / Под общ. ред. А.И. Куприянова. – М.: Вузовская книга, 2007. – 468 с.

29. Доскалов М.В. Перспективы развития системы радиоэлектронной борьбы Российской Федерации на период до 2020 года // <http://federalbook.ru/files/OPK/Soderjanie/OPK-9/III/Doskalov.pdf>
30. Радзиевский В.Г. Сетецентрическая пространственно-распределенная система на основе малогабаритных модулей разведки и помех // Радиотехника. – 2012. – № 6. – С. 4-11.
31. Раннев Г.Г. Измерительные информационные системы: учебник для студ. высш. учебн. заведений. – М.: Академия, 2010. – 226 с.
32. Вакин С.А., Шустов Л.Н. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки. – М.: Советское радио, 1968. – 448 с.
33. Радзиевский В.Г., Сирота А.А. Теоретические основы радиоэлектронной разведки, – М.: Радиотехника, 2004. – 432 с.
34. Р-378А – автоматизированная станция помех КВ радиосвязи // Интернет-сайт «Российская военная техника» <http://russianarms.mybb.ru/viewtopic.php?id=3227>.
35. Макаренко С.И., Иванов М.С., Попов С.А. Помехозащищенность систем связи с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты. – СПб.: Свое издательство, 2013. – 166 с.
36. Наземный комплекс исполнительной радиотехнической разведки (ИРТР) 1Л222 «Автобаза» // Интернет-сайт «Российская военная техника» http://www.rusarmy.com/pvo/pvo_vvs/rtr_avtobaza.html
37. Цифровые радиоприемные системы: Справочник / М.И. Жодзишский, Р.Б. Мазепа, Е.П. Овсянников и др. ; под ред. М.И. Жодзишского. – М.: Радио и связь, 1990. – 208 с.
38. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.
39. Николайчук Г.А., Петров В.В., Яковлев С.В., Луцев Л.В. Радиопоглощающие материалы на основе наноструктур // Нанотехника. – 2009. – № 1 (17). – С. 41-44.
40. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 368 с.
41. Одрин В.М. Методы морфологического анализа технических систем. – М.: ВНИИПИ, 1989. – 312 с.
42. Хаггарти Р. Дискретная математика для программистов. – М.: Техносфера, 2003. – 320 с.
43. Луценко А.Д., Бывших Д.М., Шарапов А.И. Методика оценки относительной важности технологий создания специальных систем разведки и информационного обеспечения // Вооружение и экономика. – 2008. – № 3 (3). – С.31-49.
44. Донсков Ю.Е., Спасибухов С.Н., Демин В.Е. О системном подходе к моделированию конфликтного взаимодействия в радиоэлектронной борьбе // Военная мысль. – 2009. – № 3. – С. 31-40.