

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 законов развития технических систем**

*Рассмотрены проблемные вопросы обоснования перечня перспективных технологий развития системы радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Показана возможность и целесообразность учета законов развития технических систем при формировании такого перечня. Предложенный формализованный подход позволяет не только определить наиболее рациональные технологические направления развития, но и способствует выявлению принципиально новых технологий, что, в конечном итоге, повышает качество обоснования предложений в Программу развития базовых военных технологий в области РЭБ.*

В предшествующей работе [1] рассмотрены возможности морфологического анализа и синтеза применительно к технологиям развития системы радиоэлектронной борьбы (далее – технологии РЭБ). Применение морфологических моделей считается одним из наиболее эффективных методов исследования для синтеза новых решений в различных областях [2,3]. Однако морфологические методы оперируют лишь известными элементами структур объектов, в нашем случае – технологий, следовательно, они моделируют лишь возможности применения известных научно-технических и технологических достижений (НТТД) [4] в технологиях РЭБ. То есть можно ожидать, что применение рассмотренных морфологических методов позволит реализовать в основном «эволюционно-технологический подход к созданию ВВТ» [4], т. е. совершенствовать традиционные технологии РЭБ в части повышения их эффективности и расширения перечня решаемых задач РЭБ с использованием инноваций, и в меньшей мере – создавать принципиально новые технологии. Например, в работе [5] отмечается, что «морфологические таблицы наилучшим образом позволяют упорядочить и систематизи-

ровать данные по заранее определенным признакам, но они остаются бессильными при поиске принципиально новых идей». С учетом того, что одной из целей развития базовых военных технологий в рамках ГПВ является создание новых «прорывных» технологий, качественно повышающих эффективность вооруженной борьбы [4,6], указанный факт говорит о недостаточности применения только морфологических методов для построения перечня перспективных технологий РЭБ.

Ряд авторов [2,3,7-9] указывает на продуктивность использования совместно с методом морфологического синтеза методов и приемов научно-технического творчества в интересах синтеза новых технических решений [10-12]. К этим методам относятся: использование «фонда эвристических приемов» [7], алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) [10], теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) [11], применение законов развития технических систем (ЗРТС) [5]. Так, в работе [5] отмечено, что «...такой подход показал свою состоятельность как при разработке новых технических устройств, так и при совершенствовании уже существующих технологий и объектов техники». В работе [2]

отмечается универсальность этих методов, т. е. применимость как для технических систем [12], так и социальных, экономических, например, АРИЗ «...предназначена для разрешения экономических и управленческих противоречий в различных областях экономики и управления: профильность подсистемы может меняться за счет ее наполнения разным содержанием в зависимости от типа задач...» [2]. Также проводятся параллели между комплексом приемов преодоления технических противоречий (АРИЗ, ТРИЗ) при выработке новых решений и так называемыми стратагемами (военными хитростями) [13,14], которые являются типовыми приемами завоевания превосходства в конфликтных ситуациях и характерны для военного дела, коммерции, управления, политики, игр.

Поскольку методы АРИЗ, ТРИЗ и применение законов развития технических систем достаточно подробно описаны в литературе [2,3,7-14], приведение их в рамках представляемой статьи не целесообразно. Однако поскольку ранее эти вопросы применительно к

технологиям РЭБ фактически не рассматривались, то представляется целесообразным проиллюстрировать применимость некоторых упомянутых приемов и методов для синтеза технологий РЭБ на конкретных примерах. С этой целью далее приведены известные реализации основных эвристических приемов АРИЗ (ТРИЗ) в технологиях РЭБ на технических уровнях (таблица 1) и реализации стратагем (таблица 2). Приведенные примеры представляют собой или широко известные технофакты, или находятся в рамках сведений, содержащихся в открытых источниках и, не претендуя на полноту и системность, предназначены лишь для подтверждения возможности использования методов [7-12] в качестве «катализаторов» генерации нетрадиционных технологий РЭБ. Так, в таблице 3 приведено всего 25 эвристических приемов, тогда как в работах [5,7] говорится о фонде, представленном 10 группами по 8-18 типовых приемов и более 120 физико-техническими эффектами (ФТЭ).

Таблица 1 – Примеры известных реализаций эвристических приемов в технике РЭБ

Типовые приемы [10, 11]	Примеры реализации на иерархических уровнях				
	Системы	Комплексы	Функциональные подсистемы (разведки, управления, помех, энергетическая установка, транспортная база)	Технические устройства (ТУ)	Элементы технических устройств, материалы, физические явления
1	2	3	4	5	6
Принцип дробления: а) разделить объект на независимые части; б) выполнить объект разборным; в) увеличить степень дробления (измельчения) объекта.	Сетевой принцип построения технических систем, когда комплексы, имеющие свои системы управления, объединены единой надсистемой [15-17].	Разбиение диапазона рабочих частот на поддиапазоны (литерное построение средств помех, например, система МП-405, РП-УВМ1 [18]).	Размещение подсистем на различных носителях (например, система разведки и помех – на беспилотных летательных аппаратах (БЛА), система управления на автобазе) [19].	Модульное построение радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), многоканальные приемники [18, 19].	Использование наноструктур в радиопоглощающих материалах (РПМ) [20].

Таблица 1 – продолжение

1	2	3	4	5	6
<p>Принцип местного качества:</p> <p>а) перейти от однородной структуры объекта (или внешней среды, внешнего воздействия) к неоднородной;</p> <p>б) разные части объекта должны иметь разные функции;</p> <p>в) каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее соответствующих ее работе.</p>	<p>Распределение функций между комплексами системы по типу и важности подавляемых радиозлектронных средств (РЭС) противника [21].</p>		<p>Использование направленных антенн для излучений э/м волн, например, многолучевые антенные решетки [22].</p>	<p>Охлаждение мощных генераторных устройств.</p> <p>Обеспечение допустимых (оптимальных) условий функционирования ТУ, т. е. в пределах допустимых напряжений, мощностей и температур или оптимальных режимов для обеспечения, например, линейной амплитудно-частотной характеристики (АЧХ).</p>	<p>Золочение токопроводящих выводов.</p> <p>Металлическая часть корпуса для теплоотвода.</p>
<p>Принцип объединения:</p> <p>а) соединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты;</p> <p>б) объединить во времени однородные или смежные операции.</p>	<p>Интеграция комплексов посредством подключения к единой информационно-управляющей системе [15].</p>	<p>Самонаводящееся по излучению оружие (СНО), интегральные помехово-ударные комплексы [19, 23].</p>	<p>Обеспечение возможности работы средств РЭБ в движении.</p> <p>«...отказ от преимущественно последовательной архитектуры и переход к ЭВМ с высокой степенью параллелизма...» [24].</p>	<p>Комплексирование средств разведки различных диапазонов.</p> <p>Акустооптоэлектронные анализаторы спектра [25].</p>	<p>Интегральные схемы (ИС), микросборки.</p>
<p>Принцип универсальности.</p> <p>Объект выполняет несколько разных функций, благодаря чему отпадает необходимость в других объектах.</p>	<p>Системы разведки, обеспечивающие разведанными различными системы и комплексы [25, 26].</p>	<p>Многофункциональные комплексы [27, 28].</p>	<p>Реализация в радиоэлектронном комплексе функций радиотехнической разведки, создания помех и радиолокации с применением одной фазированной антенной решетки (ФАР) [19,29].</p> <p>Применение ЭВМ для решения задач управления параметрами подсистем разведки и помех, самодиагностики, анализа РЭО и планирова-</p>	<p>Блоки питания РЭА с набором каналов с необходимым напряжением, мощностью, частотой.</p> <p>Одновременная генерация волн разной частоты магнетроном.</p> <p>Применение одной фазированной решетки для радиолокации и РЭБ [28].</p>	<p>Использование стабилизаторов для выпрямления и стабилизации электрического тока.</p>

Таблица 1 – продолжение

			ния оптимальных усилий по РЭБ [24].		
Принцип «матрешки»: а) один объект размещен внутри другого объекта, который, в свою очередь, находится внутри третьего и т. д.; б) один объект проходит сквозь полость в другом объекте.			Антенные блоки противорадиолокационных ракет на основе спиральных конструкций [19]. Антенные блоки внутри плазменных образований [30].	Вредящие программы (в теле прикладных программ и в сигналах), внедряемые в управляющие системы [31].	Комплекс «электромагнитная волна-сигнал-информация» [22]. Модулированные сигналы [32].
Принцип предварительного исполнения: а) заранее выполнить требуемое изменение объекта (полностью или хотя бы частично); б) заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие с наиболее удобного места и без затрат времени на их доставку.	Решение системной задачи планирования РЭБ по месторасположению и назначению объектов подавления исполнительным средствам [18, 33].	Развертывание комплекса, пример: наземный комплекс маломощных передатчиков помех (комплект из 6 передатчиков) [18].	Предварительный прогрев подсистем и выход в рабочий режим. Работа на эквивалент антенны.	Создание баз данных по видам сигналов для их оперативной идентификации [22].	
Принцип «заранее подложенной подушки». Компенсировать относительно невысокую надежность объекта заранее подготовленными аварийными средствами.	Использование в информационно-управляющих системах многоканальных систем связи [15, 34].		Наличие штатного ЗИП для образца. Использование мобильных ремонтных мастерских, пример: аппаратная технического обслуживания АТО-40 [18].	Дублирование ТУ (например, жестких магнитных дисков).	Использование элементов ТУ с избыточными характеристиками (например, с более высокими допустимыми рабочими напряжениями и температурой).
Принцип сфероидальности: а) перейти от прямолинейных частей объекта к криволинейным, от плоских поверхностей к сферическим...; б) перейти к вращательному движению, ...			Вращение антенны для расширения сектора обзора, например, станция помех «Тополь-Э» [18].	Сферические резонаторные антенны малых электрических размеров [35].	Линза Люнеберга как пассивное средство помех [32].
Принцип динамичности: а) характеристики объекта (или внешней среды) должны ме-	Пространственно распределенные системы разведки и помех [17]. «...жесткая	Адаптивные комплексы РЭБ: изменение параметров помех в за-		Оптимальные условия работы усилителя ПЧ с применением гетеродина.	Конденсаторы переменной емкости.

Таблица 1 – продолжение

няться так, чтобы быть оптимальными на каждом этапе работы; б) разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга.	иерархическая система военного управления сменяется гибкой сетевой...» [34].	висимости от типа подавляемого РЭС [18].		Автоматические регуляторы уровня (АРУ) сигнала.	
Принцип частичного или избыточного решения. Если трудно получить 100% требуемого эффекта, надо получить «чуть меньше» или «чуть больше».			Избыточность или недостаточность диапазона рабочих частот, избыточность мощности СВЧ излучателей [19].	Унифицированные модули с избыточными техническими характеристиками.	Унифицированные изделия с избыточными техническими характеристиками.
Принцип перехода в другое измерение: а) трудности, связанные с движением (или размещением) объекта по линии, устраняются, если объект приобретает возможность перемещаться в двух измерениях (то есть на плоскости)...	Системы пространственно-разнесенных помех [26].	Размещение на летательных аппаратах (ЛА), БЛА и космических аппаратах [18,22,26].	Прием сигнала в двух и более точках и определение местоположения источника сигналов триангуляционным методом измерения координат [26,32], пример: трехкоординатный комплекс радиотехнической разведки 85В6-В [18].	Трехмерные СБИС [12].	Двусторонние печатные платы [12]. Переход от Фурье-преобразования для представления сигналов к вейвлет-преобразованию [19].
Использование механических колебаний...				Пьезоэлектрические преобразователи для акустических линий задержки [19].	Кварцевые резонаторы. Изменение намагниченности ферромагнетиков при механическом воздействии [7].
Принцип периодического действия: а) перейти от непрерывного действия к периодическому (импульсному); б) если действие уже является периодическим – изменить периодичность; в) использовать паузы между импульсами для осуществления другого действия.	«...использование рандомизированных циклов для временного разделения циклов функций разведки и создания помех» [17].	Проведение регулярного анализа радиоэлектронной обстановки (РЭО) и оценки приоритетности РЭС-объектов подавления [18,22,24].	Сканирование пространства устройствами радиолокационной разведки (РЛР) [25].	Сканирующие приемники [36].	Использование сверхкоротких импульсов [19].
Принцип непрерывности полезного дей-	Непрерывное ведение разведки и			Использование панорамных	

Таблица 1 – продолжение

ствия...	контроля РЭО [18,22,32].			приемников для беспоискового способа определения частоты и сокращения времени разведки [32].	
Принцип проскока. Вести процесс или отдельные его этапы (например, вредные или опасные) на большой скорости.		Выстреливаемые малогабаритные передатчики помех (МПП), пример: комплекты 152-мм выстрелов со снарядами ЗРБ30-1-8 для постановки КВ и УКВ радиопомех [18].			
Принцип «обратить вред в пользу»: а) использовать вредные факторы (в частности, вредное воздействие среды) для получения положительного эффекта; б) устранить вредный фактор за счет сложения с другим вредным фактором; в) усилить вредный фактор до такой степени, чтобы он перестал быть вредным.		Ответные имитационные помехи (например, переизлучаемые, ретрансляционные) [26].	Использование излучения РЭС противника для определения его местоположения и поражения [18,26].	Лазерные средства поражения оптических устройств [22]. Возбуждение генераторов на основе паразитных связей.	Использование э/м-импульса для поражения компонент радиоэлектронных средств, на пример, тепловое поражение полупроводниковых приборов [19]. Применение эффекта Ганна для генерации высокочастотных колебаний [7].
Принцип обратной связи (ОС): а) ввести обратную связь; б) если обратная связь есть – изменить ее.	Замкнутая система «разведка-управление-подавление» [21].	Адаптивные средства РЭБ [26].	Головки самонаведения СНО [19].	Положительная ОС – генераторы колебаний. Отрицательная ОС – усилители сигналов.	
Принцип «посредника». Использовать промежуточный объект-переносчик.		Использование БЛА или артиллерийских снарядов для переноса усилий по РЭБ на территорию противника,			Использование электромагнитных волн для переноса помеховых сигналов или вредящих программ

Таблица 1 – продолжение

		пример: комплекты 152-мм вы- стрелов со сна- рядами ЗРБ30- 1-8 [18].			[28,32].
Принцип самообслу- живания: а) объект должен сам себя обслуживать, вы- полняя вспомогаель- ные и ремонтные опе- рации; б) использовать отхо- ды (энергии, веще- ства).			Комплексы со встроенными аппаратными си- стемами самодиа- гностики.	Комплексы (ЭВМ) со встроенными программными системами контроля, на- стройки и само- диагностики.	
Принцип копирова- ния: а) вместо недоступно- го, сложного, дорого- стоящего, неудобного или хрупкого объекта использовать его упрощенные и деше- вые копии; б) ... использовать из- менение масштаба....		Использование при испытани- ях техники РЭБ макетов, ими- тирующих ра- боту РЭС про- тивника.	Использование физических моде- лей образцов ВВТ при оценке харак- теристик заметно- сти.		
Дешевая недолговеч- ность взамен дорогой долговечности. Заменить дорогой объект набором деше- вых объектов, посту- пившись при этом не- которыми качествами (например, долговеч- ностью).		Забрасывае- мые передат- чики помех, ложные цели, дипольные от- ражатели одно- разового дей- ствия [32].			
Принцип изменения окраски: а) изменить окраску объекта или внешней среды; б) изменить степень прозрачности объекта или внешней среды.				Средства маски- ровки на основе дымовых завес.	Средства сни- жения замет- ности (ССЗ) типа «Хамеле- он» [37].
Принцип однородно- сти.	Техническое и программное со- пряжение средств и комплексов си- стемы [17,28].		Согласование сиг- налов, циркулиру- ющих между функ- циональными под- системами по виду и амплитуде.		
Изменение физико- химических парамет-			Противодействие работе РЭС про-	Флэш-память: переход матери-	Изменение свойств среды



Таблица 1 – продолжение

ров объекта.			тивника путем ионизации локальных областей пространства [32].	ала из аморфного состояния в поликристаллическое с уменьшением сопротивления. Методы и средства изменения эффективной площади рассеяния [32].	распространения э/м волн [19]. Американская система HAARP. Плазменные ССЗ [30].
Применение композиционных материалов. Перейти от однородных материалов к композиционным.			Радиопрозрачные материалы обтекателей ракет СНО [28].	Саморазвертывающиеся антенные устройства.	РПМ [20, 32].

Примечание. Поскольку типовые приемы или принципы интерпретированы для радиотехнических устройств, то эти принципы трактуются в более широком смысле, чем в первоисточнике.

Синтез технологий РЭБ не представляется возможным без учета особенностей в части их военной направленности и условий конфликтного взаимодействия средств РЭБ и РЭС противника. Так «...военные технологии, под которыми понимаются типовые формы (способы или методы) военной деятельности (военных действий), в большинстве случаев связаны не с созидательными, а с разрушительными (поражение, подавление, выведение из строя военных объектов, объектов инфраструктуры, вооружения, военной, специальной техники и др.) процессами...» [4]. В этой связи представляется целесообразным рассмотрение примеров реализации стратагем [13,14]. Под стратагемой понимается некоторый алгоритм, уловка или «план, в котором для противника заключена какая-либо ловушка или хитрость» [13]. Отметим, что с некоторой долей условности РЭБ можно рассматривать как одну из реализаций стратагемы «Создавай замешательство и путаницу для того, чтобы незаметно двигаться к достижению своей цели» [38], когда «стратагемному воздействию подвергается не сам объект, а его ближайшее окружение; не струк-

тура как таковая, а механизм ее действия. Создание хаоса, неразберихи, безвластия, бесконтрольности, а также замутнение перспективы и сеяние всякого рода ... неясности, двусмысленности, туманности и неточности...» [38] дает преимущества в выполнении собственных задач. Легко напрашивается аналогия с целью РЭБ по нарушению эффективного управления силами и средствами противника, при этом воздействию подвергаются не сами средства вооруженной борьбы, но системы управления этими средствами. Примеры реализации стратагем приведены в таблице 2.

Одним из перспективных методов поиска новых технических решений является применение теории развития технических систем и, в частности, ЗРТС [5]. Анализ технологий РЭБ с позиций ЗРТС позволит не только выявлять малоактуальные технологии, но и стимулировать выработку практических предложений по разработке технологий новых и существенном повышении эффективности традиционных. Для обоснования этих положений в таблице 3 представлены примеры реализации законов развития технических систем в области РЭБ.



Таблица 2 – Примеры известных реализаций стратагем в области РЭБ

Стратагемы [13,14,38,39]	Реализация на уровнях иерархии технологий				
	Системы	Комплексы	Функциональные подсистемы	Технические устройства (ТУ)	Элементы ТУ
Стратагема «сманить тигра с горы на равнину». Предпринять такие действия, в результате которых противник утратит некоторые свои преимущества: преимущество своего положения, выгодную местность, базы, статус, помощников, ресурсы.	Нарушение функционирования системы управления (СУ), при котором оптимальное использование ресурсов противником невозможно [29].	Нарушение функционирования СУ КР [31] с целью нарушения оптимального (на малых высотах) режима полета и последующего огневого поражения.			
Стратагема «открытых городских ворот». Представить ложное настоящим, а настоящее ложным.		Комплексы имитации радиоэлектронной обстановки [40].	Понижение эффективной площади рассеяния (ЭПР) защищаемого объекта или повышение ЭПР ложных целей [22,32].	Дипольные отражатели. Ложные тепловые цели. Радиолокационные ловушки [32].	Управляемые РГПМ и радиопоглощающие покрытия [22,32].
Стратагема «точечного воздействия». Для получения эффективного результата не надо разрушать всю систему противника. Достаточно выявить слабую точку, оказать на нее акцентированное воздействие, нанести точечный удар или взять ее под свой контроль.		Средства специального программного воздействия на электронные вычислительные компоненты систем управления [31].			
Стратагема «случайного результата». Для того, чтобы добиться заданной цели, события выстраиваются таким образом, что необходимое событие (встреча, получение информации) выглядит как случайность.			Использование имитационных помех [22].		
Стратагема «использования ресурсов противника в своих целях». Перенацеливание усилий противника.			Ответные имитационные помехи (например, переизлучаемые, ретрансляционные) [22,26].	Уголковые отражатели [32].	

Таблица 3 – ЗРТС в области РЭБ

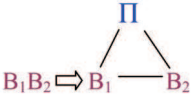
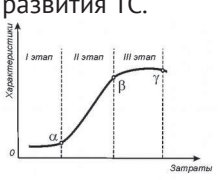
Законы развития технических систем [5]	Формулировка и основные понятия [5]	Пример реализации
1	2	3
Закон полноты частей системы	Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы (ТС) является наличие и минимальная работоспособность основных частей системы.	Для станций активных помех такими основными частями являются подсистемы разведки, управления, помех и энергетическая установка. Для станции радиотехнической разведки такими компонентами являются: антенно-фидерное устройство (АФУ), приемники, анализатор, пеленгаторное устройство, устройство запоминания и обработки получаемой информации, телеметрическое устройство и аппаратура контроля [26, 32].
Закон «энергетической проводимости» системы	Необходимым условием принципиальной жизнеспособности ТС является сквозной проход энергии по всем частям системы.	Для станций активных помех в качестве сквозного потока можно рассматривать информационный поток электрических сигналов (полевая передача энергии от одной части ТС к другой), проходящий от приемной до изучающей антенн. В более широком смысле – передача сигналов по контуру: излучающее устройство РЭС противника – приемное устройство станции помех – анализатор – генератор помех – передатчик помех – АФУ – приемное устройство РЭС противника [26, 32].
Закон согласования ритмики частей системы	Необходимым условием принципиальной жизнеспособности ТС является согласование (или сознательное рассогласование) частоты колебаний (периодичности работы) всех частей системы.	Из закона следуют правила: - в ТС должны быть согласованы (или рассогласованы) частоты используемых полей. Рассогласование по частоте соблюдается при обеспечении электромагнитной совместимости РЭС [41]; - если два действия (например, измерение и изменение) несовместимы, то одно действие осуществляют в паузах другого. Любые паузы в одном действии должны быть заполнены другим полезным действием. В этом аспекте можно привести пример циклов разведки и подавления [26].
Закон динамизации технических систем	Жесткие системы, для повышения их эффективности должны становиться динамичными, то есть переходить к более гибкой, быстро меняющейся адаптивной структуре и к режиму работы, подстраивающемуся под изменения внешней среды.	Обеспечение адаптивности комплексов РЭБ, возможности перепрограммирования [18,26].
Закон увеличения степени вепольности систем 	Развитие ТС идет в направлении увеличения степени вепольности: невепольные системы стремятся стать вепольными, а в вепольных системах развитие идет путем увеличения числа связей между элементами, повышения отзывчивости (чувствительности) элементов, увеличения количества элементов.	Повышение чувствительности, быстродействия РЭА, «разработка быстродействующих систем радиоэлектронно-информационного обеспечения РЭБ...» [28] является одним из постоянных требований, предъявляемых к перспективным РЭС военного назначения. В качестве примера повышения вепольности можно привести повышение эффективности разведки применением различных полей: акустического, сейсмического, электромагнитного в инфракрасном и оптическом участках спектра [42]. А также переход в другой тип поля для передачи информации [43].

Таблица 3 – продолжение

1	2	3
Закон неравномерности развития систем	Развитие частей системы идет неравномерно: чем сложнее система, тем неравномернее развитие ее частей. Неравномерность развития частей системы является причиной возникновения технических и физических противоречий, и, следовательно, изобретательских задач.	Микроминиатюризация элементов РЭА при относительно высоких массогабаритных характеристиках источников питания.
Закон перехода с макро- на микро-уровень	Развитие рабочих органов идет сначала на макро-, а затем на микро-уровне.	Создание ФАР [19,29], РПМ на основе нанотехнологий [20], компонент ВВСТ на основе микро- и нанотехнологий [44]
Закон перехода в надсистему	Развитие системы, достигшей своего предела, может быть продолжено на уровне надсистемы. Одним из путей такого перехода является объединение технических систем с образованием поли-систем.	Интеграция комплексов РЭБ в технические системы РЭБ, интеграция средств РЭБ и средств огневого поражения [15,19,23]. Объединение средств РЭБ в сетевые пространственно-распределенные системы [17].
Закон увеличения степени идеальности	Идеальная ТС – это система, масса, габариты и энергоемкость которой стремятся к нулю, а ее способность выполнять работу при этом не уменьшается.	Снижение массогабаритных характеристик, повышение эффективности при снижении стоимости являются постоянными требованиями, предъявляемыми и реализуемыми в разрабатываемых перспективных средствах РЭБ [28,29].
<p>Общая схема развития ТС. Закон S-образного развития ТС.</p> 	<p>Эволюция процессов в технике отображается логистической кривой, которая показывает меняющиеся со временем темпы развития. При этом условно выделяются три основных этапа развития ТС:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разработка. Конкретно в технике это длительный процесс проектирования системы, ее доработки, изготовления опытного образца, подготовки к серийному выпуску;</li> <li>- прогресс. Этап бурного совершенствования системы, ее модернизации и становления в качестве эффективной единицы. В буквальном понимании это означает те изменения, которые должны произойти в системе, чтоб она отвечала возрастающим к ней требованиям;</li> <li>- стагнация. С какого-то момента развитие системы замедляется, а позже прекращается вовсе. Когда возможности совершенствования исчерпаны, на смену старой системе приходит новая, и весь цикл повторяется.</li> </ul>	<p>Примером может являться разработка автоматизированного комплекса радиоэлектронного подавления Р-330 [45], который претерпел модернизации:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Р-330Т (Россия);</li> <li>- Р-330У «Укол» (Россия);</li> <li>- «Борисоглебск-2» (Россия);</li> <li>- «Мандат-М/Б1Е» (Украина);</li> <li>- «Мандат-М» (Белоруссия) [46].</li> </ul> <p>В качестве примера можно также привести технологии вещания в ДВ и СВ диапазонах, бурно развивающихся до 70-х годов и практически прекративших свое существование в настоящее время.</p>

С учетом сказанного, а также учитывая положения [1], общая процедура формирования перечня технологий РЭБ включает следующие этапы (рисунок 1).

I. Формирование перечня технологий на основе морфологического анализа [1] и применения стандартных алгоритмов ТРИЗ (АРИЗ).

II. Проведение анализа традиционных технологий РЭБ. Определяется этап развития технологии и соответствующие этому этапу ЗРТС [5]. Выявляются противоречия, прово-

дится вепольный анализ, анализ возможностей использования известных физико-технических эффектов и т. д. в соответствии с алгоритмом ТРИЗ (АРИЗ). Например, рассматриваем технологии создания подсистем управления на основе микропроцессорной техники. Технология находится на третьем этапе развития. Одно из противоречий – сложная топология микро-ЭВМ, сверхвысокая степень интеграции элементов в микросхемах, что затрудняет наращивание производительности и отвод тепла от элементов [47].

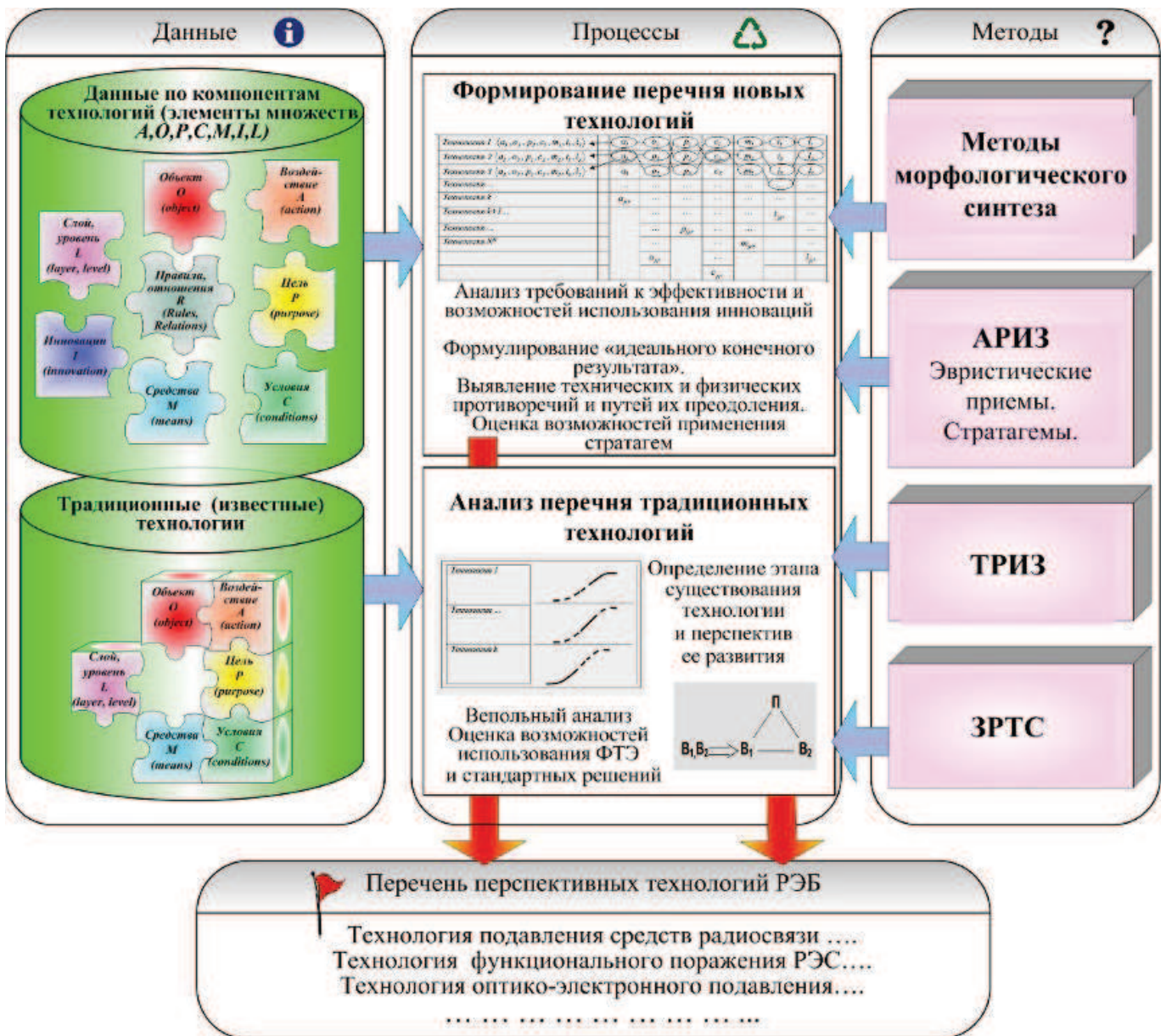


Рисунок 1 – Укрупненная схема синтеза перечня технологий РЭБ

В этой связи рассматриваются возможности дальнейшего уменьшения размеров тран-

зисторов, однако «...понятно, что существует чисто физический предел, делающий невоз-



возможным дальнейшее уменьшение размеров транзисторов...» [47] и ограничивающий, тем самым, вычислительную производительность. Поэтому рассматриваются возможности использования других типов полей, например, оптического диапазона электромагнитных волн, при котором возможно перекрещивание лучей, несущих информационные потоки, использование оптоволокна и др. Рассматриваются возможности создания квантового компьютера (первый этап развития технологии) [47] и т. д. В результате может быть сформулирована новая технология, базирующаяся на ФТЭ, ранее не применявшихся в этой области.

Актуальные технологии, находящиеся на первом и втором этапе развития и не потерявшие актуальность в аспекте задач РЭБ и объектов подавления, включаются в итоговый перечень.

III. Формирование полного перечня перспективных технологий, включая новые и целесообразные традиционные.

Подводя итог изложенному, можно сделать следующие выводы:

- в статье предложен методический подход к решению задачи обоснования актуального перечня технологий РЭБ, к преимуществам которого относятся: создание условий для формализации процесса обоснования технологий, всестороннее исследование целесообразных направлений технологического развития в области РЭБ в автоматизированном режиме, возможность анализа традиционных технологий выявления закономерностей, позитивных тенденций и направлений совершенствования техники РЭБ;
- реализация предложенного методического подхода позволит повысить качество обоснования предложений в Программу развития базовых военных технологий в области РЭБ.

#### Список использованных источников

1. Козирацкий Ю.Л., Аносов Р.С., Бывших Д.М. Синтез технологий радиоэлектронной борьбы. Применение морфологических методов // Вооружение и экономика. – 2016. – № 1 (34). – С. 33-42.
2. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 368 с.
3. Одрин В.М. Методы морфологического анализа технических систем. – М.: ВНИИПИ, 1989. – 312 с.
4. 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.
5. Шамина О.Б. Методы научно-технического творчества: синтез новых технических решений: Учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 90 с.
6. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. – Тверь: Купол, 2009.
7. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества: Учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
8. Буш Г.О. Методологические основы научного управления изобретательством. – Рига: Лиесма, 1974. – 167 с.
9. Кудрявцев А.В. Методы интуитивного поиска технических решений (методы анализа проблем и поиска решений в технике). – М.: Речной транспорт, 1991. – 112 с.
10. Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения. – М.: Московский рабочий, 1973. – 296 с.

11. Альтшуллер Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. – Новосибирск: Наука, 1986. – 209 с.
12. Уразаев В.Г. ТРИЗ в электронике. – М.: Техносфера, 2006. – 320 с.
13. Харро фон Зенгер. Стратегемы. О китайском искусстве жить и выживать. Том 1. – М.: Эксмо, 2004. – 556 с.
14. Воеводин А.И. Стратегемы. Стратегии войны, бизнеса, манипуляции, обмана. – М.: Эт Сетера, 2004. – 284 с.
15. Рахманов А.А. Сетецентрические системы управления: закономерные тенденции, проблемные вопросы и пути их решения // Военная мысль. – 2011. – № 3. – С. 42-50.
16. Чельцов Б.Ф. Проблемы создания сетецентрической системы управления войсками, силами и средствами ВКО // Вестник Академии военных наук. – 2011. – № 4. – С.56-63.
17. Радзиевский В.Г. Сетецентрическая пространственно-распределенная система на основе малогабаритных модулей разведки и помех // Радиотехника. – 2012. – № 6. – С. 4-11.
18. Оружие и технологии России. Энциклопедия XXI век. Том 13. Системы управления, связи и радиоэлектронной борьбы / Под ред. С. Иванова – М.: Оружие и технологии, 2006. – 686 с.
19. 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.
20. Николайчук Г.А., Петров В.В., Яковлев С.В., Луцев Л.В. Радиопоглощающие материалы на основе наноструктур // Нанотехника. – 2009. – № 1 (17). – С. 41-44.
21. Донсков Ю.Е., Спasiбухов С.Н., Демин В.Е. О системном подходе к моделированию конфликтного взаимодействия в радиоэлектронной борьбе // Военная мысль. – 2009. – № 3. – С. 31-40.
22. 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.
23. Киселев В., Воробьев И. Оборона и маневр – вещи несовместимые? // Армейский сборник. – 2012. – № 10. – С.32-33.
24. Богатов В. Разработка и использование супер-ЭВМ в интересах вооруженных сил США // Зарубежное военное обозрение. – 1991. – № 4. – С. 63-72.
25. Охрименко А.Е. Основы радиолокации и радиоэлектронная борьба. Часть 1. Основы радиолокации. – М.: Военное издательство, 1983. – 456 с.
26. Цветнов В.В. Радиоэлектронная борьба: радиоразведка и радиоподавление. – М.: Изд-во МАИ, 1998. – 248 с.
27. Ашурбейли И.Р., Лаговьер А.И., Соколов С.П. Сложные радиоэлектронные системы вооружения. Планирование и управление созданием. – М.: Радиотехника, 2010. – 440 с.
28. 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>
29. Балыбин В.А., Батурич Ю.О., Гулидов А.А. О совершенствовании системы вооружения радиоэлектронной борьбы // Военная мысль. – 2013. – № 11. – С. 14-20.
30. Пат. 2 469 447 С2 Рос. Федерация, МПК H01Q 17/00 (2006.01). Способ снижения радиолокационной заметности объекта, оборудованного, по меньшей мере, одной антенной / Головин А.И., Коротеев А.С., Ломакин Б.Н., Шлойдо А.И., Таушканов О.К. Заявитель и патентообладатель Государственный научный центр Российской Федерации – ФГУП «Исследовательский

Центр имени М.В. Келдыша» (ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»). – № 2010150356/07; заяв. 09.12.2010; опубл. 10.12.2012, Бюл. № 34. – С. 6.

31. 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.

32. Вакин С.А., Шустов Л.Н. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки. – М.: Советское радио, 1968. – 448 с.

33. Букеррум А., Донсков Ю.Е., Павлов В.А. О выборе позиций средств РЭБ на основе цифровой картографической информации // Военная мысль. – 2010. – № 10. – С. 28-34.

34. 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.

35. Князев Н.С., Панченко Б.А. Определение входного сопротивления сферической антенны // Материалы IX Международной научно-технической конференции «Физика и технические приложения волновых процессов» / Под общ. ред. В.И. Тамбовцева. – Челябинск: Изд-во Челябинского государственного университета, 2010. – С. 55.

36. 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.

37. Григорян В. «Шапка-невидимка» для танка // Ориентир. – 2013. – № 2. – С. 23-26.

38. Тридцать шесть стратагем // <http://ru.wikipedia.org/wiki>

39. Пушко Е.В. Понятие военной хитрости и ее актуальность на современном этапе // Армейский сборник. – 2010. – № 9. – С. 24-27.

40. Пат. 2326399 С1 Рос. Федерация, МПК G01S7/40 (2006.01). Способ имитации многопозиционной радиоэлектронной обстановки / Вахтин М.Т., Дидук Л.И., Зинченко В.Б., Никольский В.И., Пастушик М.В. Заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение «Федеральный государственный научно-исследовательский испытательный центр радиоэлектронной борьбы и оценки эффективности снижения заметности» Министерства обороны Российской Федерации (RU) – № 2007104906/09; заяв. 08.02.2007; опубл. 10.06.2008, Бюл. № 20 (i1ч), 2010. – С. 2.

41. Американские военные о радиоэлектронной войне // <http://drua.info/news/news-in-the-world/obschestvo/amerikanskie-voennye-o-radioelektronnoj-vojne.html>.

42. Радиоэлектронная война во Вьетнаме // <http://topwar.ru/32035-radioelektronnaya-voyna-vo-vetname.html>.

43. Пат. 2 184 384 Рос. Федерация, МПК 7 6 01 V 7/00. Способ генерирования и приема гравитационных волн и устройство для его реализации (варианты) / Леонов В.С., Пилкин В.Е. Заявитель и патентообладатель Леонов В.С., Пилкин В.Е. – № 200 111 3321/28 (22); заяв. 21.05.2001; опубл. 21.05.2001, Бюл. № 18 (i1ч), 2002. – С. 2.

44. 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.

45. P-330 «Мандат» // <https://ru.wikipedia.org/wiki/P-330>.

46. Глубокая модернизация станций помех и пункта управления комплекса «Мандат» // <http://www.kbradar.by/text/pages-view-83.html>.

47. Квантовый компьютер // <http://compress.ru/Article.aspx?id=17653>.