

А.Д. Луценко, доктор технических наук,  
профессор

Т.В. Радзиевская, кандидат  
экономических наук

## **Регулирование рационального типажа средств радио-, радиотехнической разведки в интересах разведывательно-информационного обеспечения радиоэлектронной борьбы**

*Предложен рациональный типаж средств радио-, радиотехнической разведки для разведывательно-информационного обеспечения радиоэлектронной борьбы на всех этапах информационного конфликта на основе генерации, анализе и выборе вариантов с использованием классификационных признаков и правил сокращения возможных сочетаний путем формализации логической непротиворечивости.*

Радиоподавление радиолокации, радиосвязи и радионавигации основывается на информации, добываемой в процессе радио-, радиотехнической разведки (РПТР) состояния и параметров излучения противостоящих РЭС систем управления силами (войсками) и оружием [1]. Полнота и достоверность этих данных, включающих обнаружение сигналов, измерение информационных параметров (частота, вид модуляции, длительность и частота посылки, время задержки, направление прихода радиоволны, поляризация и др.), позволяет реализовать прицельное по пространственно-временным параметрам радиоподавление, которое в отличие от заградительного снижает энергетические затраты и облегчает выполнение условий ЭМС с РЭС отечественной группировки. Наряду с созданием преднамеренных помех информация о высокоточном местоположении, добываемая в ходе РПТР, используется для идентификации систем противника, их огневого поражения с помощью ударно-помеховых комплексов, размещенных на БЛА.

В этой связи одним из важных направлений создания новых образцов вооружений и военной техники (ВВТ), а также модернизации принятой на вооружение является разработка различных средств РПТР, которые могут функционировать как самостоятельные радиотехнические системы (например, многопозиционные высокоточные системы коллективного пользования на летно-подъемных средствах, специализированные наземные комплексы, системы пространственно-распределенных малогабаритных средств), так и в составе комплексов радиоподавления в виде сопрягаемых с каналами управления и формирования помех подсистем. Разнообразие РЭС противника, являющихся объектами разведки, обуславливают множественность типов техники (типажи) разведывательно-информационного обеспечения РЭБ. В то же время ограниченное финансирование и сжатые сроки создания ВВТ определяют актуальность и практическую необходимость регулирования рационального типажа средств РПТР при обосновании Гособоронзаказа и Государственной программы вооружения (ГПВ). Задача регулирования – сокращение возможного типажа средств разведки без ущерба полноты и достоверности разведывательно-информационного обеспечения РЭБ на различных этапах информационного конфликта (мирное время, угрожаемый период, непосредственная агрессия), что может достигаться на базе системной унификации [2].

Цель работы – развитие методического аппарата регулирования рационального типажа перспективных средств РПТР при их сочетании с имеющимися средствами для формирования облика разведывательно-информационного обеспечения РЭБ.

При разработке методики будем исходить из апробированных принципов [2-5]. Заданы: совокупность задач, возлагаемых на РПТР; требуемый уровень их решения по принятым показателям (дальность разведки, вероятность разведки, точность определения информационных параметров необходимой номенклатуры); объем ассигнований, выделяемых на разработку и закупку техники разведки; перечень имеющихся и создаваемых образцов техники радиоподавления, включающих данные РПТР как в режиме внешнего целеуказания, так и в процессе формирования помеховых воздействий в реальном масштабе времени. Результатом регулирования типажа должно являться формирование минимального количества средств разведки при обеспечении требуемой эффективности и выделенном финансировании.

Системная унификация может основываться на предложенном в [2] следующем формальном представлении:

$$\min_{n,r} C_{ПЗ} \{ C_3^{H+M} [L_{сис}(M(n,r)), L_{под}(M(n,r))], C_{ВП}^{H+M} [L_{сис}(M(n,r)), L_{под}(M(n,r))] \}; \quad (1)$$

$$\mathcal{E}_{РПТР}^{H+M} [L_{сис}(M(n,r)), L_{под}(M(n,r))] \geq \mathcal{E}_{треб}; \quad (2)$$

$$C_3^{H+M} [L_{сис}(M(n,r)), L_{под}(M(n,r))] \leq C_{30}; \quad (3)$$

$$T_{РПТР} [L_{сис}(M(n,r)), L_{под}(M(n,r))] \geq T_{треб}. \quad (4)$$

Здесь:

$C_{ПЗ}$  – полные затраты на создание необходимой номенклатуры средств РПТР;

$C_{ВП}$  – стоимость восполнения потерь при использовании определенного типажа техники РПТР;

$C_3^{H+M}$  – стоимость затрат на создание определенного типажа средств РПТР, включающего автономно функционирующие и встроенные образцы;

$C_{30}$  – объем выделенных ассигнований;

$L_{сис}, L_{под}$  – типаж автономно функционирующих систем разведки и встроенных подсистем в комплексы радиоподавления;

$M(n, r)$  – вариант унификации техники РПТР, регулируемый количеством однородных групп  $n$  и применяемыми направлениями унификации  $r$ ;

$\mathcal{E}_{РПТР}^{H+M}$  – эффективность решения задач разведки новыми и модернизируемыми средствами;

$\mathcal{E}_{треб}$  – требуемая эффективность;

$T_{РПТР}, T_{треб}$  – характеристики допустимого и требуемого технического уровня средств РПТР.

Очевидно, что в общем случае система неравенств (2-4) не имеет строгого аналитического решения, поскольку целевой функционал (1) – нелинейный и зависит от слабо формализуемых функций. В подобных случаях задача регулирования рациональных вариантов типажа решается с использованием известной концепции «генерация – анализ – выбор» [6]. На этапе генерации формируется множество альтернативных вариантов унификации однородных групп средств РПТР и соответствующих им вариантов типажа, на этапе анализа определяется технико-экономический эффект для каждого варианта, на этапе выбора – конкретный вариант типажа с точки зрения принятого критерия оптимизации.

Регулирование типажа техники РПТР может проводиться в два этапа. На первом этапе на основе системообразующих классификационных признаков генерируется полное множество типажа техники, на втором – осуществляется отбраковка ряда вариантов при проверке на противоречивость или отсутствие смысла формально возможных сочетаний классификационных признаков для каждого типажа.

При формировании потребного типажа средств РПТР исходим из того, что тип средства связан с видом добываемой развединформации для реализации необходимого способа радиопо-

давления или нанесения огневого поражения. Разделим эту информацию по номенклатуре получаемых данных. К первому перечню отнесем данные, необходимые для создания преднамеренных помех (частота, временные параметры сигналов, направление прихода радиоволны); ко второму – данные, необходимые для боевого применения ударно-помеховых систем (частота, временные параметры сигналов, высокоточное местоопределение разведываемых РЭС в пространстве, их предварительная идентификация). Считаем, что преднамеренные помехи заградительного, полузаградительного и прицельного по пространственно-частотным (временным) параметрам сигналов типов создаются для обратимого или необратимого поражения (подавления) различных РЭС или их отдельных элементов (входных целей, компьютерных сетей и т. п.). Методический подход к принципам добывания и обработки данных на основе первичной обработки сигналов, вторичной и третичной обработки информации в виде, необходимом для потребителей, рассмотрен в [1].

Для генерации типажа средств РРТР в таблице 1 представлен необходимый перечень системообразующих классификационных признаков и их численных значений. Этот перечень сформирован исходя из имеющегося опыта их создания и применения при разведывательно-информационном обеспечении РЭБ, организационно-технических аспектов и задач, решаемых в процессе разведки, а также ГОСТ РВ 5865-003-2002.

Таблица 1 – Перечень системообразующих классификационных признаков, используемых при генерации регулируемого типажа средств РРТР

Обозначение классификационного признака	Наименование признака	Список возможных значений признака	Соответствие признака уровню разукрупнения
1	2	3	4
$P_1$	Принадлежность к ведомству	$P_{1i}, i=1, \dots, I$ (i-е ведомство)	Уровень системы
$P_2$	Принадлежность к виду ВС	$P_{21}$ – СВ; $P_{22}$ – ВКС; $P_{23}$ – ВМФ.	
$P_3$	Место базирования	$P_{31}$ – земля; $P_{32}$ – воздушное пространство; $P_{33}$ – космическое пространство; $P_{34}$ – море.	
$P_4$	Носитель техники РРТР	$P_{41}$ – стационарные объекты; $P_{42}$ – мобильные наземные объекты; $P_{43}$ – пилотируемые летательные аппараты; $P_{44}$ – беспилотные летательные аппараты; $P_{45}$ – космические аппараты; $P_{46}$ – корабли и другие плавсредства.	Уровень комплекса, средства, подсистемы

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4
$P_5$	Структурная характеристика объекта информационного взаимодействия с потребителем данных РРТР	$P_{51}$ – специализированный, многопозиционный на летно-подъемных средствах коллективного пользования; $P_{52}$ – специализированный, однопозиционный, наземный, взаимодействующий со средствами вида ВС; $P_{53}$ – специализированный, пространственно-распределенный, воздушный или наземный, на основе роботизированных малогабаритных модулей, взаимодействующий со средствами видов ВС; $P_{54}$ – однопозиционный, в составе комплекса радиоподавления.	
$P_6$	Класс объектов-потребителей информации	$P_{61}$ – мобильные и стационарные средства радиоподавления радиолокации; $P_{62}$ – мобильные и стационарные средства радиоподавления радиосвязи; $P_{63}$ – мобильные и стационарные средства радиоподавления радионавигации; $P_{64}$ – ракетные и артиллерийские системы, ударные БЛА.	
$P_7$	Основная функция	$P_{71}$ – разведка заданного перечня ИРИ по главному и боковому излучению антенн для различных этапов информационного конфликта, высокоточное определение местоположения, выделение опасных РЭС радиолокации и радиосвязи по принадлежности к определенному классу систем управления, слежение за изменением их состояния в динамике.	Оперативно-тактическое звено, дальность разведки 250-300 км.
		$P_{72}$ – разведка излучения ИРИ по их принадлежности к зонам, узлам связи и радиолиниям, обеспечивающим информационный обмен между органами управления противника.	Тактическое звено, дальность разведки 30-50 км.

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4
		$P_{73}$ – разведка (обнаружение и измерение параметров) ИРИ с целью определения степени их опасности для создания ответных помех в условиях ограниченного ресурса противодействия.	Групповая, индивидуально-взаимная защита объектов на дальности прямой видимости.
$P_8$	Группы объектов, по которым добывается информация при РРТР.	$P_{81}$ – КВ радиосвязь; $P_{82}$ – УКВ радиосвязь; $P_{83}$ – РР и ТР связь; $P_{84}$ – спутниковая связь; $P_{85}$ – ближняя, дальняя и глобальная навигация; $P_{86}$ – радиолокация метрового диапазона; $P_{87}$ – радиолокация дециметрового диапазона; $P_{88}$ – радиолокация сантиметрового диапазона; $P_{89}$ – радиолокация миллиметрового диапазона.	
$P_9$	Диапазоны рабочих частот средств РРТР	$P_{91}$ – 15-30 МГц; $P_{92}$ – 30-400 МГц; $P_{93}$ – 0,4-1 ГГц; $P_{94}$ – 1-2 ГГц; $P_{95}$ – 2-4 ГГц; $P_{96}$ – 4-18 ГГц; $P_{97}$ – 18-26 ГГц; $P_{98}$ – 26-40 ГГц; $P_{99}$ – 40-300 ГГц.	

В сгенерированном типаже далее выполняется проверка на противоречивость при различных сочетаниях классификационных признаков. С этой целью, по аналогии с [3, 4], можно использовать реляционный язык RX-кодов [7]. Количество правил формирования типажа для приведенного в таблице 1 набора классификационных признаков, включая несовместимые варианты, оказывается достаточно большим (более сотни), поэтому они в полном объеме не приводятся. Тем не менее, в качестве полезной иллюстрации в таблице 2 рассмотрен ряд возможных правил формирования типажа средств РРТР на языке RX-кодов, при этом использованы следующие обозначения:  $T$  – типаж (множество групп однородных образцов РРТР, характеризуемых набором классификационных признаков); отношения:  $r_1$  – быть элементом класса;  $r_2$  – быть характеристикой (признаком);  $r_3$  – принимать значения.

В результате отбраковки противоречивых сочетаний классификационных признаков согласно используемым правилам формирования потребного типажа средств РРТР для различных способов и условий их применения удается выявить типаж, в пределах которого возможна реализация различных направлений унификации. Очевидно, что отбор аппаратуры для включения в состав однородной группы должен проводиться не только по совпадающей номенклатуре, но

и по ее техническим характеристикам. Это связано с тем, что элементная база средств РРТР, а также типовые устройства (антенны, усилители, синтезаторы частот, спецвычислители, блоки питания и т. д.) могут отличаться в зависимости от функционального назначения и диапазона частот. Поэтому при отборе устройств в группы однородных необходима дополнительная проверка для конкретного типажа на соответствие условиям вида (2-4).

Таблица 2 – Правила формирования потребного типажа средств РРТР

Правило	Обозначение	Математическое представление
Если средство РРТР – межвидовое; воздушного базирования; на БЛА; многопозиционное, коллективного пользования; потребители информации: средства радиоподавления радиолокации, радиосвязи, ракетные и артиллерийские системы; ударно-помеховые комплексы на БЛА; диапазон 0,03-26 ГГц, то выполняется разведка заданного перечня ИРИ радиолокации и радиосвязи на различных этапах информационного конфликта, включая высокоточное определение местоположения, выделение наиболее опасных РЭС, слежение за изменением их состояния на дальностях до 300 км.	$P_1$	$(x_{r_{1T}}) \wedge (\forall (y_i r_{2x})) \wedge ((y_1 r_1 P_2) \wedge (y_2 r_1 P_3) \wedge (y_3 r_1 P_4) \wedge (y_4 r_1 P_5) \wedge (y_5 r_1 P_6) \wedge (y_6 r_1 P_9) \wedge (y_7 r_1 P_7)) \wedge ((y_1 r_3 P_{23}) \wedge (y_2 r_3 P_{32}) \wedge (y_3 r_3 P_{44}) \wedge (y_4 r_3 P_{51}) \wedge (y_5 r_3 P_{61}) \vee (y_5 r_3 P_{62}) \vee (y_5 r_3 P_{63}) \wedge (y_5 r_3 P_{64})) \wedge ((y_6 r_3 P_{92}) \vee (y_6 r_3 P_{93}) \vee (y_6 r_3 P_{94}) \vee (y_6 r_3 P_{95}) \vee (y_6 r_3 P_{96})) \rightarrow y_7 r_3 P_{71}$
Если средство РРТР относится к СВ; место базирования – земля; в составе стационарных объектов; многопозиционное на основе роботизированных малогабаритных модулей; потребители информации – средства радиоподавления радиосвязи и радиолокации; диапазон 0,03-18 ГГц, то выполняется разведка ИРИ по их принадлежности к зонам, узлам связи и радиoliniям на дальностях до 40 км.	$P_2$	$(x_{r_1 T}) \wedge (\forall (y_i r_2 x)) \wedge ((y_1 r_1 P_2) \wedge (y_2 r_2 P_3) \wedge (y_3 r_2 P_4) \wedge (y_4 r_2 P_5) \wedge (y_5 r_2 P_6) \wedge (y_6 r_2 P_9) \wedge (y_7 r_2 P_7)) \wedge ((y_1 r_3 P_{21}) \wedge (y_2 r_3 P_{31}) \wedge (y_3 r_3 P_{41}) \wedge (y_4 r_3 P_{53}) \wedge (y_5 r_3 P_{61}) \vee (y_5 r_3 P_{62}) \vee (y_5 r_3 P_{63})) \wedge (y_6 r_3 P_{92}) \vee (y_6 r_3 P_{93}) \vee (y_6 r_3 P_{94}) \vee (y_6 r_3 P_{95}) \rightarrow y_7 r_3 P_{72}$
Если средство РРТР относится к ВКС; воздушного базирования; на пилотируемом летательном аппарате; однопозиционное в составе комплекса радиоподавления; мобильное для радиоподавления РЭС радиолокации и радиосвязи; диапазон 0,4-18 ГГц, то выполняется разведка ИРИ с целью создания ответных помех при групповой и индивидуально-взаимной защите авиации на дальностях прямой видимости.	$P_3$	$(x_{r_{1T}}) \wedge (\forall (y_i r_2 x)) \wedge ((y_1 r_1 P_2) \wedge (y_2 r_2 P_3) \wedge (y_3 r_2 P_4) \wedge (y_4 r_1 P_5) \wedge (y_5 r_1 P_6) \wedge (y_6 r_1 P_9) \wedge (y_7 r_1 P_7)) \wedge ((y_1 r_3 P_{22}) \wedge (y_2 r_3 P_{32}) \wedge (y_3 r_3 P_{43}) \wedge (y_4 r_3 P_{54}) \wedge ((y_5 r_3 P_{61}) \vee (y_5 r_3 P_{62}) \vee (y_5 r_3 P_{63})) \wedge (y_6 r_3 P_{93}) \vee (y_6 r_3 P_{94}) \vee (y_6 r_3 P_{95}) \vee (y_6 r_3 P_{96})) \rightarrow y_7 r_3 P_{73}$

Одно из важнейших направлений унификации техники связано с базовым принципом конструирования радиоэлектронной аппаратуры, позволяющим на основе единых комплектующих выполнить разработку различных модификаций образца [8]. Этот принцип предложено использовать при определении однородных групп техники, включая находящуюся на этапе НИОКР. В цитируемой работе отмечается, что это оправдано, если имеет место 60...70% совпадений предметной и функциональной структур с соответствующими устройствами однородной группы. В случае нескольких базовых устройств их модификация состоит в выборе рационального типажа составных частей средств РРТР, обеспечивающего формирование типоразмерных рядов. Будем учитывать, что эти средства РРТР являются пассивными радиотехническими системами, функциональные возможности которых определяются техническими характеристиками систем определения направления (СОН), систем определения частоты (СОЧ) и цифровыми спец-

вычислителями в составе устройств обработки сигналов и информации [1]. Поэтому формирование рядов наряду с традиционными устройствами связано с СОН и СОЧ. Отклонение их параметров (типоразмеров) должно находиться в пределах установленных норм и затрат на создание каждого типоразмерного ряда.

В таблице 3 в качестве примера показаны современные возможности названных устройств при решении задач РРТР.

Таблица 3 – Возможности современных устройств определения частоты и направления прихода радиоволны

Функциональное назначение (типаж)	Типы средств РРТР			Возможности разведки	
	Носитель средства разведки	Тип унифицируемого устройства	Диапазон, Гц	Дальность разведки, км	Способность разведки
Многопозиционное авиационное средство на беспилотных носителях межвидового применения.	Платформа, вертолет, аэростат, дирижабль.	СОН: пеленгационного типа на кольцевых и плоских ФАР; разностно-дальномерного типа на измерителях задержки времени прихода волны в разные точки пространства. СОЧ: беспоисковый по частоте многоканальный цифровой приемник на основе БПФ.	0,03-18	до 300	За счет апостериорной обработки информации на наземном центре, связанном с каждым носителем (не менее 3).
Многопозиционное наземное средство на основе малогабаритных пространственно-распределенных модулей.	На земной поверхности, с учетом рельефа местности или городской застройки.	СОН: пеленгационного типа на малоэлементных кольцевых ФАР. СОЧ: на основе цифровых или акустооптоэлектронных спектроанализаторов, а также комбинированных приемников со сжатием сигналов.	0,03-8	30-50	За счет апостериорной обработки информации на наземном центре.
Однопозиционное авиационное или наземное средство в виде специализированной подсистемы в составе комплекса радиоподавления радиолокации или радиосвязи	Пилотируемые или беспилотные ЛА, автономные наземные комплексы, взаимодействующие с ПВО, комплексы радиоподавления систем радиосвязи и радионавигации	СОН: пеленгационного типа на основе ФАР. СОЧ: на основе цифровых приемников-спектроанализаторов.	0,0015-18	В зависимости от размещения и типа носителя	Обработка данных в реальном масштабе времени для создания ответных помех.

Из представленных в таблице 3 данных следует, что совершенствование разведывательно-информационного обеспечения РЭБ связано с определенными возможностями унификации типажа средств РРТР при условии достоверности, полноты и оперативной ценности развединформации в динамике ее изменения.



Таким образом, рассмотренный методический подход может позволить выполнить в рамках Гособоронзаказа регулирование процесса создания рационального типажа средств РРТР и определить на его основе типоразмерные ряды их составных частей для дальнейшей модификации.

#### **Список использованных источников**

1. Радзиевский В.Г., Сирота А.А. Информационное обеспечение радиоэлектронных систем в условиях конфликта. – М.: ИПРЖР, 2001. – 456 с.
2. Глазунов Ю.М., Затока И.В., Тетерин В.А. Основные принципы формирования концептуальной модели унификации техники специального радиоэлектронного вооружения. – Труды юбилейной научно-технической конференции. – М.: ЦНИИРЭС, 2001.
3. Годуйко В.А., Луценко А.Д., Маевский Ю.И. Методический подход к обоснованию рационального типажа средств информационного обеспечения радиоэлектронных систем // Радиотехника. – 2008. – № 21. – С. 78-80.
4. Козирацкий Ю.Л., Луценко А.Д., Глушков А.Н. Методический подход к определению рационального типажа лазерных средств оптико-электронного подавления // Вооружение и экономика. – 2012. – № 5 (21). – С. 42-46.
5. Радзиевская Т.В. Механизм государственного регулирования российской экономики: сущность, формы, эффективность / Под ред. В.В. Гаврилова. – М.: Экономика, 2013. – 285 с.
6. Дружинин В.В., Конторов А.С., Конторов Д.С. Введение в теорию конфликта. – М.: Радио и связь, 1989. – 286 с.
7. Поспелов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
8. Парфенов Е.М., Афанасенко В.Ф., Владимиров В.И., Саушкин Е.В. Базовый принцип конструирования радиоэлектронной аппаратуры / Под ред. Е.М. Парфенова. – М.: Радио и связь, 1981. – 120 с.