

Козирацкий Ю.Л., доктор технических наук, профессор
Луценко А.Д., доктор технических наук, профессор
Глушков А.Н., кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник

Методический подход к определению рационального типажа лазерных средств оптико-электронного подавления

В материалах статьи изложен методический подход к определению рационального типажа лазерных оптико-электронного подавления. Подход основан на генерации потребного состава данных средств с использованием классификационных системообразующих показателей с последующим сокращением их сочетаний на основе формализованной логической непротиворечивости.

Оптико-электронное подавление (ОЭП), заключающееся в проведении мероприятий по подавляющему и дезинформирующему воздействию на оптико-электронные системы (ОЭС) противника, является одной из приоритетных задач при современном ведении боевых действий [1]. В этой связи одним из важнейших направлений создания новых, а также совершенствования принятых на вооружение образцов вооружения и военной техники (ВВТ) является разработка систем и средств ОЭП. Разнообразие ОЭС противника, а также объектов защиты от них обуславливает необходимость наличия потенциально широкого разнообразия типов техники защиты (т.е. типажа). Ограниченное финансирование, а также сжатые сроки создания образцов ВВТ определяют актуальность и практическую целесообразность определения рационального типажа средств ОЭП¹ для эффективной защиты объектов ВВТ от ОЭС противника. Типаж средств ОЭП может быть существенно сокра-

щен при использовании лазерных средств, являющихся более универсальными по сравнению с другими средствами.

В настоящее время основные принципы обоснования рационального типажа техники специального радиоэлектронного вооружения разработаны достаточно хорошо (см., например, [2, 3]). Они основаны на использовании системного подхода, направленного на создание унифицированных образцов техники, в соответствии с концепцией «генерация-анализ-выбор». Вместе с тем известные подходы не учитывают организационно-технические аспекты задач ОЭП и особенности функционирования лазерных средств. Это определяет необходимость развития результатов работ [2, 3] для определения рационального типажа лазерных средств ОЭП.

Цель настоящей работы – разработка методического аппарата для определения рационального типажа лазерных средств ОЭП.

При решении данной задачи будем исходить из следующего. Известны: перечень задач, возложенных на технику ОЭП и требуемый уровень эффективности их решения $W_{\text{треб}}$; объем ассигнований, выделяемых на разработку и закупку техники ОЭП A_3 ; перечень существующих и перспективных образцов тех-

1 Рациональный типаж средств ОЭП – минимальная номенклатура типов средств ОЭП, вводимых в эксплуатацию в заданные сроки при допустимых затратах на разработку, изготовление и эксплуатацию, и обеспечивающих решение задач ОЭП с требуемой эффективностью.

ники ОЭП и их ТТХ. Требуется определить: количество лазерных средств, обеспечивающих минимальную стоимость полных затрат на решение задач ОЭП $C_{нпз}$ при заданной эффективности. В соответствии с [2] данная задача может быть формализована следующим образом:

$$C_{з\ opt}^{лс} = \min_{n,r} C_{нпз} \left\{ C_3^{лс} \left[L_c(M(n,r)) \right] \right\}, \quad (1)$$

$$W_{оэп}^{лс} \left[L_c(M(n,r)) \right] \geq W_{треб}, \quad (2)$$

$$C_3^{лс} \left[L_c(M(n,r)) \right] \leq A_3, \quad (3)$$

$$V_{лс} \left[M(n,r) \right] \geq V_{зад}. \quad (4)$$

Здесь $C_3^{лс}$ – стоимость затрат на создание определенного типажа лазерных средств;

L_c – типаж лазерных средств ОЭП;

$M(n,r)$ – вариант унификации лазерной техники ОЭП, определяемый количеством однородных групп n и используемыми направлениями унификации r ;

$W_{оэп}^{лс}$ – реальное значение эффективности решения задач ОЭП при использовании лазерных средств.

Ограничение (2) означает, что в качестве вариантов типажа лазерной техники ОЭП, определяемых вариантом унификации $M(n,r)$, рассматриваются только те варианты, использование которых обеспечивает требуемый уровень эффективности решения задач ОЭП. Ограничение (3) учитывает возможности научно-исследовательских организаций и промышленности по разработке и серийному производству техники ОЭП с учетом выделенных ассигнований A_3 . Условие (4) показывает, что в качестве допустимых типов лазерных средств рассматриваются только те, технический уровень которых удовлетворяет предъявляемым требованиям $V_{зад}$ (например, весогабаритным ограничениям, энергопотреблению и т.д.).

Определение направлений унификации и соответствующих им вариантов типажа проводится на основе потребного типажа лазерной техники ОЭП, который может быть сформирован в два этапа [2, 3]. На первом этапе на основе системообразующих классифика-

ционных признаков генерируется полное поле типажа лазерной техники ОЭП. В таблице 1 представлен перечень системообразующих классификационных показателей и их значений для формирования полного поля типов лазерных средств. Он сформирован, исходя из организационно-технических аспектов и задач, решаемых техникой ОЭП для трех уровней разукрупнения: боевого, функционального и конструктивного. К классификационным признакам, определяющим типаж лазерных средств на боевом уровне разукрупнения, относятся: вид применения (А), мобильность техники (В), вид защиты (С), класс объектов защиты (D) и класс объектов подавления (Е). Формальная запись типа лазерного средства имеет вид: $S=(A,B,C,D,E)$. На этом уровне разукрупнения техника ОЭП рассматривается, как элемент системы вооружения, и работы по унификации сводятся к выбору оптимального числа типов образцов с точки зрения решаемых ими задач.

К классификационным признакам, определяющим типаж лазерных средств ОЭП (Q) на функциональном уровне разукрупнения, относятся: спектральный диапазон работы объектов подавления (K), класс транспортной базы объектов подавления (L), виды лазерного воздействия (N) и функциональные задачи ОЭП (O). Формальная запись типа средства в этом случае будет следующей: $Q=(S-K,L,N,O)$. Оставшиеся классификационные признаки (P) и (R) определяют типаж лазерных средств ОЭП на конструктивном уровне разукрупнения. При этом формальная запись типа средства (Y) имеет следующий вид: $Y=(Q-P,R)$.

Сочетание показателей с различными значениями представляет собой гипотетический типаж лазерных средств ОЭП. При этом в сгенерированном поле возможных типов лазерных средств могут присутствовать сочетания признаков, противоречащие здравому смыслу (несуществующие типы), например, подавление ИК ГСН ОЭС разведки.

Таблица 1 – Перечень системообразующих классификационных показателей, используемых при генерации типажа лазерных средств ОЭП

Обозначение классификационного признака	Наименование признака	Список возможных значений	Соответствие признака уровню разукрупнения
A	Вид применения	A1-самостоятельного применения A2-применяются в составе комплексов ОЭП совместно с нелазерными средствами	Боевой уровень
B	Мобильность техники	B1-мобильная B2-переносная B3-стационарная	
C	Вид защиты	C1- групповая C2 - индивидуальная C3 – объектовая	
D	Класс объекта защиты	D1 – объекты ВВТ D2 - подразделения D3 – ПРО	
E	Класс объектов подавления	E1-ОЭС разведки E2-ОЭС управления и наведения оружия E3 – лазерные средства E4-ОЭС СНО	
K	Спектральный диапазон	K1- 0,2-0,4 мкм K2- 0,4-0,8 мкм K3- 0,8-2 мкм K4- 3-5 мкм K5-8-14 мкм	
L	Класс транспортной базы объекта подавления	L1 – наземные объекты L2 – ВЛА L3 – КА L4 – НК	
N	Вид воздействия	N1 – силовое N2- информационное	
O	Функциональные задачи ОЭП	O1-подавление ПНВ O2-подавление ТВС O3-подавление ИК ГСН O4-подавление ЛЛС O5-подавление ИК координаторов O6-подавление комбинированных ЛЛС O7-подавление комбинированных ОГСН O8-подавление МСП O9-подавление ЛГС	
P	Класс транспортной базы размещения аппаратуры ОЭП	P1- наземные объекты P2- ВЛА P3- КА P4- НК	Конструктивный уровень
R	Тип системообразующего элемента постановщика помех	R1-твердотельные лазеры с диодной накачкой R2-химические лазеры на кислороде и йоде R3-углекислотные газовые лазеры R4-полупроводниковые лазеры	

Примечание: ПРО – пространственно распределенные объекты; СНО – самонаводящееся оружие; ВЛА – воздушные летательные аппараты; КА – космические аппараты; НК – надводные корабли; ПНВ – прибор ночного видения; ТВС – телевизионная система; ИК ГСН – инфракрасная головка самонаведения; ЛЛС – лазерно-локационная станция; ОГСН – оптическая головка самонаведения; МСП – многоспектральный прибор; ЛГС – лазерная головка самонаведения.

Поэтому на втором этапе проводится отбраковка типов, основанная на проверке на противоречивость или отсутствие смысла сочетаний классификационных признаков, определяющих типаж средств ОЭП. В результате отсеивания несуществующих и противоречивых сочетаний признаков формируется потребный типаж лазерных средств ОЭП, который является исходным для формирования однородных групп, в пределах которых возможна реализация различных направлений унификации. Отбор лазерных средств для включения в группу однородных должен проводиться по номенклатуре и значениям характеристик этих средств, показателям, определяющим качество их функционирования, а также по характеристикам, определяющим состав и функциональное назначение средств и их составных частей. Затем на основе (1-4) определяется технико-экономический эффект от реализации различных направлений унификации. Выбор состоит в оптимизации полученных на этапе анализа вариантов типажа лазерных средств ОЭП с точки зрения выбранного критерия. В общем случае это очень сложная задача, поскольку весьма затруднительно найти целевую функцию (1) из-за ее нелинейной зависимости от большого количества аргументов. С целью преодоления данной трудности для сокращения номенклатуры техники могут проводиться следующие мероприятия.

Сокращение потребной номенклатуры техники на боевом уровне разукрупнения

$$C_k b_{ki} + \sum_{j=1}^M c_{ijk} z_{ijk} \leq R_i,$$

$$\sum_{i=1}^N C_k b_{ki} + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_{ijk} z_{ijk} \leq R_0,$$

$$T_k b_{ki} + \sum_{i=1}^L t_{ijl} z_{ijk} \leq T_i,$$

Здесь M – количество составных частей, допустимых к использованию в интересах модификации базового средства;

C_k – затраты на создание k -го базового средства;

возможно за счет разработки многофункциональных образцов при сохранении количества и качества решаемых задач. (Под многофункциональным комплексом ОЭП понимается комплекс, способный решать несколько задач ОЭП, которые решались или решаются отдельными образцами ОЭП самостоятельного применения.) На функциональном уровне разукрупнения основным направлением работ по унификации является выбор семейства (групп) образцов, которые целесообразно строить по базовому принципу [4]. Базовый образец должен обеспечивать создание модификаций за счет изменения числа или пространства сочетания различных составных частей. При этом необходимо обеспечить 60-70% совпадений предметной и функциональной структур со средствами однородной группы. Целевая функция, соответствующая минимизации номенклатуры составных частей z_{ijk} , используемых для модификации k -й базовой модели, имеет вид:

$$Z = \min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M z_{ijk}. \quad (5)$$

Здесь z_{ijk} равно 1, если j -я составная часть используется для создания i -го средства на основе модификации k -го базового средства, и 0 в противном случае. Это справедливо для $i = \overline{1, N}; j = \overline{1, M}; k = \overline{1, K}$.

$$\sum_{j=1}^M z_{ijk} = 1, \quad \sum_{i=1}^N z_{ijk} \geq 0.$$

Выражение (5) имеет смысл при выполнении следующих граничных условий.

$$i = \overline{1, N}; k = \overline{1, K}.$$

$$i = \overline{1, N}; k = \overline{1, K}, j = \overline{1, M}.$$

$$i = \overline{1, N}; k = \overline{1, K}.$$

c_{ijk} – затраты на модификацию k -го базового средства на основе j -й составной части при создании i -го средства;

R_i, R_0 – ассигнования, выделяемые соответственно на создание i -го средства и всей совокупности средств однородной группы;

T_k – срок разработки k -го базового средства;

t_{ijl} – сроки реализации l -й стадии жизненного цикла i -го средства на основе j -й составной части;

L – общее количество рассматриваемых жизненных циклов;

T_i – допустимый срок разработки i -го лазерного средства ОЭП.

Решение (5) осуществляется на основе использования методов целочисленного программирования с булевыми переменными b_{ki} и z_{ijk} .

На конструктивном уровне разукрупнения реализация базового принципа требует определения рационального типажа составных частей лазерных средств, которые обеспечивают формирование оптимальных типоразмерных рядов. Учитывая тот факт, что лазерные средства ОЭП являются энергоизлучающими

объектами, функциональные возможности которых в первую очередь определяются характеристиками лазерных передатчиков, последние целесообразно рассматривать в качестве системообразующих элементов и основных технических элементов унификации. При этом решение задачи формирования оптимальных типоразмерных рядов лазерных средств ОЭП в первую очередь требует формирования оптимальных типоразмерных рядов лазерных генераторов. Суммарное отклонение совокупности их типоразмеров должно иметь минимальное значение от установленных норм, при допустимых затратах на создание ряда. Определение параметров типоразмерных рядов лазерных генераторов для ОЭП может быть осуществлено на основе методического подхода к синтезу лазерных помех, предложенного в [5].

Таким образом, предложенный методический аппарат позволяет сформировать рациональный типаж лазерных средств ОЭП и определить на его основе типоразмерные ряды их составных частей для модификации.

Список использованных источников

1. Ольгин С. Проблемы оптикоэлектронного противодействия // Зарубежное военное обозрение. – 2002. – № 9. – С. 35-41.
2. Глазунов Ю.М., Затока И.В., Тетерин В.А. Основные принципы формирования концептуальной модели унификации техники специального радиоэлектронного вооружения // Труды юбилейной НТК ЦНИИРЭС, 2001.
3. Годуйко В.А., Луценко А.Д., Маевский Ю.И. Методический подход к обоснованию рационального типажа средств информационного обеспечения радиоэлектронных систем // Радиотехника. Информационный конфликт в спектре электромагнитных волн. – 2008. – № 21. – С. 14-16.
4. Базовый принцип конструирования РЭА / Е.М. Парфенов, В.Ф. Афанасенко, В.И. Владимиров, Е.В. Саушкин; Под ред. Е.М. Парфенова. – М.: Радио и связь, 1981. – 120 с.
5. Глушков А.Н., Козирацкий Ю.Л. Синтез лазерных помех // Радиотехника. Информационный конфликт в спектре электромагнитных волн. – 2011, – № 27. – С. 34-38.