

УДК 623.624.2

DOI: 10.37468/2307-1400-2022-2-29-33

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО АППАРАТА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ СТАНЦИЯМИ ПОМЕХ МАЛОГАБАРИТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В РАДИОЭЛЕКТРОННОМ КОНФЛИКТЕ

*Турбин Сергей Кузьмич*¹

¹ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

АННОТАЦИЯ

Показано, что методический аппарат для оценки эффективности способов управления станциями помех включает математическую модель и систему аналитических методов. Установлено, что при ограничениях на информационное обеспечение и пропускную способность станций помех рациональный способ управления заключается в последовательном обзоре диапазона частот, приоритетном подавлении активных радиолокационных головок самонаведения, адаптивном выборе помех, последовательно-параллельном обслуживании объектов радиоэлектронного подавления. Реализация этого способа управления по сравнению с известными способами позволяет дополнительно снизить потери малогабаритных летательных аппаратов практически не менее, чем в полтора раза.

Ключевые слова: малогабаритный летательный аппарат, станция активных помех, способ управления, оценка эффективности, радиоэлектронное средство сопровождения, радиоэлектронное подавление.

SUBSTANTIATION OF THE METHODOLOGICAL APPARATUS FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF METHODS FOR CONTROLLING INTERFERENCE STATIONS OF SMALL-SIZED AIRCRAFT IN AN ELECTRONIC CONFLICT

*Turbin S. K.*¹

¹Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

ABSTRACT

It is shown that the methodological apparatus for evaluating the effectiveness of control methods of interference stations includes a mathematical model and a system of analytical techniques. It has been established that with restrictions on information support and the bandwidth of interference stations, a rational way of control consists in a sequential review of the frequency range, priority suppression of active radar homing heads, adaptive selection of interference, serial-parallel maintenance of electronic suppression facilities. The implementation of this control method in comparison with the known methods allows to further reduce the losses of small-sized aircraft by at least one and a half times.

Keywords: small-sized aircraft, active jamming station, control method, efficiency assessment, radio-electronic means of tracking, radio-electronic suppression.

Введение

Нагнетание напряженности правителями коллективного Запада и блоком НАТО на Европейском континенте, да во всем Мире возрастает. Продолжается неудержимая накачка Украины мощными видами оружия, средствами ПВО,

а также обеспечение актуальными разведывательными данными с целью эскалации и затягивания боевых действий. В информационной сфере льется поток фейков с целью дальнейшего очернения России и ее Вооруженных сил, а в киберпространстве растет интенсивность

атак на российских пользователей серверов, приводящих к сбоям и ущербу данным. США и верные ему вассалы не могут смириться с ослаблением своей гегемонии в управлении политическими, экономическими и военными процессами по своим «правилам». Приняты решения о дальнейшем расширении НАТО и резком увеличении военного контингента вдоль границ с Россией и Белоруссией. Это обуславливает необходимость адекватных ответных мер по укреплению национальной безопасности Российской Федерации. В этих условиях особая роль отводится повышению оснащенности Вооруженных сил новыми видами вооружения и военной техники. К ним относятся и малогабаритные летательные аппараты, выполняющие широкий круг задач в современных вооруженных конфликтах и военных операциях. В связи с непрерывным совершенствованием систем и средств ПВО стран НАТО и этого блока в целом, важным и актуальным является представляемый в статье материал, направленный на практическое внедрение новых подходов в управлении бортовой техникой радиоэлектронной борьбы.

Актуальность и постановка задач по обоснованию методического аппарата и исследованию способов управления

Бортовое радиоэлектронное оборудование малогабаритных летательных аппаратов (МЛА) характеризуется жесткими ограничениями на массу, вес, объем и габариты [1]. В этой связи размещаемые на борту МЛА станции помех (СП) имеют ряд особенностей, затрудняющих реализацию их потенциальной эффективности. Во-первых, в СП не может осуществляться разведка радиоэлектронных средств (РЭС) – потенциальных объектов радиоэлектронного подавления (РЭП) во время излучения помех по условиям электромагнитной совместимости [2]. Во-вторых, у СП низкий уровень информационного обеспечения, предопределяющий вероятность принятия ошибочных решений при выборе вида и параметров помех. В-третьих, СП имеют ограниченную пропускную способность, что исключает возможность одновременного создания

помех требуемому числу опасных РЭС в реальном потоке сигналов.

При указанных недостатках СП возрастает роль алгоритмического обеспечения, одной из важных функций которого является согласование работы отдельных подсистем (разведки, управления, создания помех) с заданными техническими характеристиками в интересах достижения потенциальной эффективности СП как единой системы [3].

Ключевой составляющей алгоритмического обеспечения, от которой существенно зависит эффективность СП в динамике радиоэлектронного конфликта с РЭС – объектами РЭП, является способ (алгоритм) управления режимами и характеристиками подсистем.

Целью настоящей работы является обоснование методического аппарата для оценки эффективности различных способов управления СП в радиоэлектронном конфликте группы МЛА с типовой системой противовоздушной обороны (ПВО) и выбора лучшего из них путем сравнения результатов оценок.

Исходя из поставленной цели содержательную задачу исследования можно сформулировать следующим образом: из множества исследуемых способов управления СП выбрать рациональный, при котором обеспечивается минимум средних гарантированных потерь МЛА в физическом конфликте с типовой системой ПВО.

Математическая постановка задачи имеет вид:

$$\{A_{i_0}^{opt}\} = \arg \min_{A_{i_0} \subset A} \max_{B_{j_0} \subset B} N_{no}(A_{i_0}, B_{j_0}, X, T),$$

при $X \leq X_{\max}$, (1)

где $A = \{A_{i_0}\}$ – множество исследуемых способов управления СП, $T = \{T_z\}$ – множество типовых условий боевого применения МЛА, $B = \{B_{j_0}\}$ – множество логик (алгоритмов) функционирования и характеристик РЭС комплексов перехвата МЛА, $X = \bar{X} \cap \tilde{X}, X_{\max}$ – множество технических характеристик СП и их предельных значений, N_{no} – средние потери МЛА при преодолении системы ПВО.

Множество способов A включает фиксированный перечень альтернатив, отличающихся правилами:

- обзора диапазона частот и периодичностью прерывания помех при разведке;
- селекции главного лепестка (ГЛ) диаграммы направленности антенны (ДНА) опасных РЭС;
- назначения приоритета РЭС;
- выбора вида помехи;
- обслуживания РЭС.

Выражение (1) отражает конфликтное содержание задачи и отвечает требованиям гарантированного результата [4]. Прямое решение задачи (1) связано с значительными трудностями, обусловленными прежде всего большими размерностями множеств варьируемых параметров. Для упрощения решения могут быть использованы следующие пути:

- 1) разделение общей задачи на «внутреннюю» и «внешнюю» с поэтапным решением каждой из них;
- 2) сокращение размерности множества A ;
- 3) переход к частным показателям эффективности, монотонно связанным с общим показателем N_{no} .

Как правило, указанные пути тесно связаны и дополняют друг друга.

Из (1) следует, что основным содержанием «внутренней» задачи является оптимизация функционирования РЭС комплексов перехвата в условиях помех, создаваемых СП. Для решения этой задачи в основном используется метод «синтеза за противостоящую сторону», позволяющий получать гарантированные оценки эффективности средств РЭП.

Существо «внешней» задачи заключается в определении предпочтительного (по критерию минимума N_{no}) способа управления СП в динамике конфликта с типовой системой ПВО.

В нашем случае, когда сформированное множество исследуемых способов управления ограничено, решение «внешней» задачи может осуществляться методом перебора.

«Внутренняя» задача является по сути задачей оптимизации функционирования РЭС в условиях динамического воздействия помех. С целью оптимизации функционирования РЭС в его подсистеме управления формируются управляющие отдельными характеристиками (\tilde{B}) сигналы (множество U). В общем случае элементы множеств \tilde{B} и U

являются функциями времени t , а функциональную зависимость $\tilde{B}(t)$ от $U(t)$ можно выразить в виде:

$$\tilde{B}_U(t) = F_{РЭС}(A_0(t), T, U(t)). \quad (2)$$

С учетом (2) рассматриваемая «внутренняя» задача формулируется следующим образом:

определить сигналы управления РЭС $U^{opt} \subset U(t)$, максимизирующие N_{no} при имеющихся ограничениях на характеристики $\tilde{B}_U(t)$, определяемых множеством \tilde{B}_{max} . Математическая постановка этой задачи формализуется выражением

$$U^{opt}(t) = \arg \max_{U(t)} N_{no}(\tilde{B}_U(t), A_0(t), T), \quad \text{при } \tilde{B}_U(t) \leq \tilde{B}_{max}. \quad (3)$$

В противоположном (3) виде можно представить математическую постановку задачи оптимального управления отдельными характеристиками СП в рамках способов управления, предполагающих адаптацию \tilde{X} к изменяющимся параметрам радиоэлектронной обстановки (РЭО) в условиях их априорной неопределенности:

$$W^{opt}(t) = \arg \min_{W(t)} N_{no}(\tilde{X}_W(t), A_0(t), T, \tilde{B}(t)), \quad \text{при } \tilde{X}_W \leq \tilde{X}_{max}, \tilde{B}(t) \leq \tilde{B}_{max}, \quad (4)$$

где $\tilde{X}_W(t) = F_{СП}(\tilde{B}(t), A_0(t), T, W(t))$, $W(t)$ и $W^{opt}(t)$ – множество управляющих сигналов характеристиками СП и их оптимальные значения в текущей ситуации, соответственно.

Для решения поставленных задач были использованы следующие методики и модели:

система аналитических методик, позволяющая проводить исследование эффективности управления видом и неэнергетическими параметрами помех в условиях неопределенности РЭО, а также выявлять основные закономерности воздействия прерывистых шумовых помех на РЭС перспективных комплексов перехвата [5];

математическая модель конфликта МЛА, оснащенных СП, с типовой системой ПВО, позволяющая оценивать эффективность применения СП при исследуемых способах управления с учетом возможностей РЭС по адаптивному управлению режимами работы и параметрами схем помехозащиты.

С использованием разработанных аналитических методик и математической модели конфликта проведено исследование эффективности СП при различных способах управления в динамике при-

менения МЛА, в результате которого определен предпочтительный (рациональный) способ.

Рациональный способ управления САП группы МЛА

Сравнение эффективности различных способов управления СП проводилось по данным таблицы 1. В ней указаны значения превышения потерь МЛА (в разгах) для способов управления $A_1...A_{11}$ относительно рационального способа A_{12} , при котором обеспечены минимальные потери МЛА в процессе преодоления группой МЛА типовой системы ПВО при заданных ограничениях на технические характеристики СП.

Рациональный способ управления СП предусматривает:

- последовательный обзор рабочего диапазона частот в режиме разведки;
- периодическое прерывание излучения помех в интересах обновления информации о РЭО со скважностью, равной корню квадратному отношения длительности пачки сигналов непрерывного (квазинепрерывного) излучения, характерной для объектов РЭП в данной зоне ПВО, к длительности «окна» разведки при реализуемом режиме обзора;
- назначение в порядке убывания следующих приоритетов подавления – активная радиолокационная головка самонаведения (РГС) с наиболее мощным на входе приемника СП сигналом; активная РГС по запросу соседних МЛА, сигнал ретрансляции СП которой наиболее мощный; полуактивная РГС и радиолокационная станция в режиме командного наведения управляемых ракет (УР) по ретрансляционным сигналам соседних МЛА в случае отсутствия подтверждения их разведки автономно; РЭС сопровождения до и после пуска УР комплексом перехвата;

- адаптивный выбор вида и неэнергетических параметров помех по критерию минимума среднего апостериорного риска для проверяемых гипотез об облучении МЛА главным или боковым лепестком ДНА опасной РЭС с учетом априорных оценок вероятностей разведки по боковым лепесткам ДНА, числа сохранившихся в группе МЛА, а также результатов анализа признаков взаимодействия с соседними МЛА, участка траектории и пространственной ориентации МЛА;
- первоочередное обслуживание только автономно разведываемых активных РГС, в остальных случаях после равномерного в порядке убывания приоритетов распределения объектов РЭП по группам, включающим не более, чем число частотных каналов СП объектов, параллельное (одновременное) подавление опасных РЭС одной группы и последовательное обслуживание групп.

Реализация данного способа управления в перспективных СП позволит снизить потери МЛА не менее, чем в 1,4 раза по сравнению с другими способами. Выигрыш в эффективности обеспечен за счет адаптивного выбора соответствующих текущей РЭО видов и параметров помех с вероятностью не менее 0,7, а также первоочередного обслуживания наиболее опасных РЭС с вероятностью не менее 0,9.

Выводы

1. Обоснован методический аппарат оценки эффективности способов управления станциями помех малогабаритных летательных аппаратов в радиоэлектронном конфликте, включающий математическую модель конфликта МЛА, оснащенных СП, с типовой системой ПВО, и систему аналитических методик оценки эффективности управления видами и параметрами помех.

Таблица 1 – Превышение потерь МЛА для других исследуемых способов управления относительно рационального способа

Порядковые обозначения способов управления											
A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}
2,2	2,6	3,0	2,2	2,8	3,2	2,2	2,2	2,0	2,2	1,4	1

2. Математическая модель позволяет проводить исследование эффективности управления видом и неэнергетическими параметрами помех в условиях неопределенности РЭО с учетом основных закономерностей воздействия прерывистых шумовых помех на РЭС, а система аналитических методик – оценивать эффективность применения СП при исследуемых способах управления с учетом возможностей РЭС по адаптивному управлению режимами работы и параметрами схем помехозащиты.

3. Установлено, что наибольшую эффективность управления САП в радиоэлектронном конфликте с РЭС типовой системы ПВО обеспечивает рациональный способ, предусматривающий: последовательный обзор рабочего диапазона частот, прерывание излучения помехи со скважностью, пропорциональной отношению длительности пачки сигналов РЭС к паузе излучения помехи, приоритетное подавление активных РГС, адаптивный выбор помех и последовательно-параллельное обслуживание объектов РЭП.

4. Реализация рационального способа управления в САП позволяет дополнительно снизить потери МЛА не менее, чем в 1,4 раза по сравне-

нию с другими известными способами управления.

Список литературы

1. Дэвид Ф. COTS-архитектуры на основе открытых стандартов как оптимальные платформы для создания БРЭО БПЛА/БПЛС // Мир компьютерной автоматизации. Встраиваемые компьютерные системы. – 2010. – № 5 (5/23/82).
2. Валиуллина Д.М., Козлов В.К. Электромагнитная совместимость // Учеб. пособие. – Казань.: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – 95 с.
3. Леньшин А.В., Тихомиров Н.М., Попов С.А. Бортовые радиоэлектронные системы. Учеб. пособие / Под ред. Леньшина А.В. – Воронеж.: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2015. – 309 с.
4. Давыдов Э.Г. Исследование операций. – М.: Высшая школа, 1990. – 384 с.
5. Турбин С.К. Обоснование алгоритма выбора преднамеренной помехи бортовым РЭС при априорной неопределенности пространственно-энергетических условий конфликта // Тезисы докладов 6-й Междунар. науч. техн. конф. «Радиолокация, навигация, связь», Воронеж, 25-27 апреля 2000. – Т 3. – Воронеж, 2000. – С. 1488-1492.

Статья поступила в редакцию 12 мая 2022 г.

Принята к публикации 26 июня 2022 г.

Ссылка для цитирования: Турбин С. К. Обоснование методического аппарата оценки эффективности способов управления станциями помех малогабаритных летательных аппаратов в радиоэлектронном конфликте // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2022. № 2(38). С.29-33. DOI: <https://doi.org/10.37468/2307-1400-2022-2-29-33>

Сведения об авторах:

ТУРБИН СЕРГЕЙ КУЗЬМИЧ – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой общих и естественно-научных дисциплин, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
e-mail: turbinsergejs@yandex.ru