

УДК 623.618.3

Валиев Ойбек Гафурович

кандидат военных наук, начальник цикла

Института информационно-коммуникационных технологий

и военной связи Республики Узбекистан

КОМПЛЕКСНАЯ БОРЬБА С БПЛА ЗЕНИТНО-РАКЕТНЫМИ

КОМПЛЕКСАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ

СРЕДСТВ РЭБ

Valiev Oybek Gofurovich

Candidate of Military Sciences, Head of the Cycle

of the Institute of Information and Communication Technologies

and Military Communications of the Republic of Uzbekistan

COMPREHENSIVE ANTI-UAV WARFARE USING ANTI-AIRCRAFT

MISSILE SYSTEMS AND ELECTRONIC WARFARE EQUIPMENT

Аннотация. В данной статье исследуется актуальная проблема повышения эффективности противовоздушной обороны в условиях массового применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и барражирующих боеприпасов. Автором обосновывается необходимость интеграции зенитно-ракетных комплексов (ЗРК) и средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ) в единый автоматизированный контур управления. Проведен анализ ключевых проблем обнаружения малоразмерных целей и защиты самих систем ПВО от дронов-камикадзе. В работе представлены конкретные алгоритмы распределения целей, основанные на критериях экономической целесообразности и тактической приоритетности. Описаны преимущества совместного применения огневых и функциональных методов поражения, позволяющие минимизировать расход боекомплекта и повысить живучесть обороняемых объектов.

Ключевые слова: БПЛА, ЗРК, РЭБ, автоматизированные системы управления, барражирующие боеприпасы, противовоздушная оборона, радиоэлектронное подавление.

Abstract. This article explores the current problem of increasing the effectiveness of air defense in the context of the widespread use of unmanned aerial vehicles (UAVs) and loitering munitions. The author substantiates the need to integrate anti-aircraft missile systems (SAMs) and electronic warfare systems (EWS) into a unified automated control loop. The article analyzes the key challenges of detecting small-sized targets and protecting air defense systems themselves from kamikaze drones. The paper presents specific algorithms for target allocation based on economic feasibility and tactical priority criteria. The advantages of the combined use of fire and functional methods of destruction are described, which allow to minimize the consumption of ammunition and increase the survivability of the defended object.

Keywords: UAV, SAM, EW, automated control systems, loitering ammunition, air defense, electronic jamming.

Массовое применение БПЛА различных классов – от малых разведывательных дронов до тяжелых ударных платформ – коренным образом изменило характер боевых действий. Традиционные средства ПВО, ориентированные на борьбу с пилотируемой авиацией, сталкиваются с рядом трудностей при обнаружении и поражении целей с малой эффективной площадью рассеяния (ЭПР) и низкой тепловой заметностью. В этой связи критическую важность приобретает разработка комплексных методов борьбы, объединяющих огневое поражение (ЗРК) и функциональное подавление (РЭБ).

Основные сложности при использовании только огневых средств (ЗРК) включают [1]:

экономическую нецелесообразность – стоимость зенитной управляемой ракеты часто в десятки раз превышает стоимость малоразмерного дрона;

ограниченность боекомплекта – при атаках «роем» БПЛА запаса ракет ЗРК может быть недостаточно для отражения всех угроз;

сложность обнаружения – малые высоты и малая скорость полета затрудняют работу РЛС обнаружения.

Рассмотрим преимущества совместного применения ЗРК и средств РЭБ [2].

Интеграция средств РЭБ в систему ПВО позволяет реализовать эшелонированную защиту и обеспечивает следующие преимущества:

1. Экономическая эффективность и сохранение ресурса. Средства РЭБ могут эффективно выводить из строя коммерческие и FPV-дроны путем подавления каналов управления и спутниковой навигации, не расходуя дорогостоящие ракеты ЗРК.

2. Эшелонирование обороны:

дальний рубеж – ЗРК средней и большой дальности уничтожают крупные разведывательные и ударные БПЛА;

ближний рубеж – средства РЭБ создают «защитные купола» над объектами, подавляя малые дроны, прорвавшиеся через зону ПВО.

3. Повышение вероятности обнаружения. Средства радиотехнической разведки (РТР), входящие в состав комплексов РЭБ, способны обнаруживать БПЛА по излучению их бортовых систем (радиолинии управления, передача видеосигнала). Это позволяет выдавать целеуказание ЗРК даже в условиях, когда РЛС не видит цель из-за ее малой заметности.

4. Противодействие «роем» БПЛА. В то время как ЗРК ведет огонь по приоритетным целям, средства РЭБ могут одновременно

воздействовать на группу аппаратов, осуществляя широкополосное заградительное помеховое воздействие.

5. Взаимное прикрытие. ЗРК защищает позиции РЭБ от высокоточного оружия и авиации противника, в то время как РЭБ прикрывает ЗРК от атак дронов-камикадзе, нацеленных на РЛС комплекса.

Для реализации преимуществ необходимо создание единой автоматизированной системы управления (АСУ), способной в режиме реального времени распределять цели между огневыми и радиоэлектронными средствами. Это исключит дублирование задач и предотвратит электромагнитную несовместимость средств РЭБ с собственными радарными ПВО [3].

Рассмотрим алгоритмические основы распределения целей в интегрированных системах «ЗРК-РЭБ», которые включают в себя [4]:

алгоритм на основе классификации целей и «стоимостного порога»;

алгоритм «Эшелонированной селекции» (Sequential Filtering);

алгоритм приоритетности по вектору угрозы (Threat Evaluation);

кооперативный алгоритм «Анти-рой»;

иерархический алгоритм предотвращения конфликтов.

В современных АСУ ПВО распределение целей между огневыми средствами (ЗРК) и средствами функционального подавления (РЭБ) базируется на динамическом программировании и многокритериальной оптимизации. Основная задача алгоритма – минимизировать вероятность прорыва обороны при рациональном расходовании дорогостоящего боекомплекта ЗУР.

Алгоритм на основе классификации целей и «стоимостного порога». Этот метод разделяет поток целей по их физическим и тактическим характеристикам:

Логика – система идентифицирует тип БПЛА. Если цель классифицируется как «малоразмерный коммерческий дрон» или

«FPV-камикадзе», алгоритм присваивает ей низкий приоритет для ЗРК и передает целеуказание на станцию РЭБ.

Критерий передачи на ЗРК – если средство РЭБ не подтверждает прекращение полета цели (цель продолжает движение по инерциальной системе навигации или с использованием ИИ-автозахвата), алгоритм автоматически переводит цель в категорию «огневое поражение» при достижении ею критического рубежа (например, 1-2 км от объекта).

Алгоритм «Эшелонированной селекции» (Sequential Filtering).

Алгоритм работает по принципу последовательного фильтра:

Зона РТР (Радиотехнической разведки) – система РЭБ обнаруживает радиоизлучение БПЛА на дистанции 10-20 км.

Попытка подавления – на дистанции 7-10 км включается направленное помеховое воздействие на каналы управления и GPS/ГЛОНАСС.

Оценка эффективности – если телеметрия цели (скорость, курс) не меняется в течение нескольких секунд, алгоритм делает вывод о помехоустойчивости аппарата.

Целеуказание ЗРК – данные о координатах цели, полученные от пеленгаторов РЭБ, передаются в ЗРК для немедленного пуска ракеты или задействования зенитной артиллерии.

Алгоритм приоритетности по вектору угрозы (Threat Evaluation). Работа данного алгоритма основывается на математической модели, которая вычисляет индекс опасности (I_d) для каждой цели:

$$I_d = \frac{V \cdot K}{D \cdot T} \quad (1)$$

где:

V – скорость;

K – коэффициент типа нагрузки;

D – дистанция;

T – время до подлета.

Если I_d – высокий (например, тяжелый ударный БПЛА типа MQ-9 или Bayraktar), то назначается только ЗРК. РЭБ работает в режиме постановки помех бортовой РЛС БПЛА для снижения точности его оружия.

Если же I_d – средний или низкий (роуминг-разведчики), то назначаются средствам РЭБ, чтобы не демаскировать позицию ЗРК излучением РЛС наведения.

Кооперативный алгоритм «Анти-рой». При обнаружении групповой цели (более 5-10 объектов) алгоритм переходит в режим коллективной обороны:

РЭБ переключается из режима «узкого луча» в режим «заградительной помехи» (создание купола), чтобы внести хаос в координацию группы.

ЗРК получает команду на уничтожение только «лидеров» – аппаратов, несущих ретрансляторы или основные модули навигации, по которым ориентируются остальные члены «роя».

Иерархический алгоритм предотвращения конфликтов. В работе этого алгоритма одной из важнейших функций АСУ является исключение электромагнитной несовместимости (ЭМН). Алгоритм блокирует работу станций РЭБ в узком секторе (по азимуту и частоте), в котором в данный момент работает ГСН (головка самонаведения) выпущенной зенитной ракеты, чтобы помеха не «ослепила» собственную ракету.

Рассмотрим проблематику борьбы с БПЛА в современной сетцентрической войне. Эффективность традиционных систем противовоздушной обороны при столкновении с массовым применением беспилотных летательных аппаратов существенно снижается. Это обусловлено рядом фундаментальных факторов, которые можно классифицировать по следующим направлениям [5]:

Радиолокационная и тепловая малозаметность. Большинство современных БПЛА малого и среднего классов (типа «крыло» или

мультироторного типа) изготавливаются из композитных материалов, радиопрозрачных пластиков и углеволокна. В этой связи они имеют низкую эффективную площадь рассеяния (ЭПР). ЭПР таких аппаратов может составлять менее 0,01-0,1 м², что делает их трудноразличимыми на фоне подстилающей поверхности, осадков или птиц. Кроме этого, использование электрических бесколлекторных двигателей вместо ДВС сводит

к минимуму тепловое излучение. Это делает практически невозможным захват цели головками самонаведения (ГСН) ракет с инфракрасным каналом (например, систем типа «Игла» или «Стингер»).

Малые высоты и профиль полета. БПЛА способны совершать полет на сверхмалых высотах (от 10 до 50 метров), используя складки рельефа местности и застройку для скрытного подхода к цели. Нахождение цели ниже линии радиолокационного горизонта ограничивает дальность обнаружения наземными РЛС всего несколькими километрами, что критически сокращает время на принятие решения и реакцию комплекса ПВО. Многие разведывательные дроны обладают низкой скоростью полета (60-100 км/ч). Алгоритмы селекции движущихся целей (СДЦ) в старых РЛС часто отсеивают такие объекты как помехи от наземных предметов или растительности.

Экономическая асимметрия («стоимость-эффективность»). Одной из главных проблем является радикальный дисбаланс стоимости средств нападения и средств защиты. Использование зенитной управляемой ракеты (ЗУР), стоимость которой исчисляется сотнями тысяч или миллионами долларов, для уничтожения коммерческого дрона или FPV-камикадзе стоимостью в 500-1000 долларов ведет к быстрому экономическому истощению обороняющейся стороны. Это вынуждает ПВО «экономить» боезапас, пропуская второстепенные цели, которые, тем не менее, могут выполнять функцию целеуказания для артиллерии.

Проблема перенасыщения канальности (Атака «роем»).

Классические ЗРК имеют ограниченную многоканальность по цели (способность одновременно обстреливать определенное количество объектов). При тактике применения «роя» (одновременная атака десятками дешевых БПЛА) система ПВО неизбежно сталкивается с дефицитом целевых каналов и расходом возимого боекомплекта. После отстрела всех ракет комплекс становится уязвимым на время перезарядки, которое может занимать от 15 до 30 минут.

Идентификация «свой-чужой». В условиях массового насыщения войск собственными дронами (разведка, корректировка) возникает острая проблема идентификации целей. Малые БПЛА часто не оснащаются громоздкими ответчиками системы государственного опознавания. Это создает риск «дружественного огня» или заставляет расчеты ПВО медлить с открытием огня до визуального подтверждения типа аппарата.

Помехоустойчивость и автономность. Современные военные БПЛА используют помехозащищенные каналы связи с ППРЧ (псевдослучайная перестройка рабочей частоты) и инерциальные навигационные системы, дополненные алгоритмами машинного зрения (автономный захват цели). Это снижает эффективность простых систем РЭБ («глушилок») и требует высокоточного интеллектуального подавления в связке с физическим уничтожением наиболее опасных единиц.

Таким образом, комплексный подход, сочетающий огневую мощь ЗРК и гибкость средств РЭБ, является единственным эффективным способом противодействия современным угрозам со стороны БПЛА. Такое взаимодействие не только повышает выживаемость войск и объектов, но и оптимизирует материальные затраты на оборону, обеспечивая надежную защиту во всем диапазоне высот и скоростей применения беспилотной авиации.

Использованная литература

1. Макаренко С.И. Противодействие беспилотным летательным аппаратам. – М.: Научно-технологические технологии, 2020. – 204 с.
2. Макаренко С.И., Тимошенко А.В., Васильченко А.С. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам // Системы управления, связи и безопасности. – 2020. – № 1. – С. 3–25.
3. Семенец В.О., Трухин М.П. Методы и средства борьбы с беспилотными летательными аппаратами // Научно-технологические технологии в космических исследованиях Земли. – 2018. – Т. 10, № 4. – С. 45–52.
4. Никитин А.В. Средства радиоэлектронного подавления в современных вооружённых конфликтах. – М.: Техносфера, 2022. – 198 с.
5. Козлов А.Н. Теория и практика противовоздушной обороны. – М.: Воениздат, 2019. – 280 с.