

**ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ
ОТ ДЕЙСТВИЙ НИЗКОЛЕТЯЩИХ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ЦЕЛЕЙ**

**JUSTIFICATION OF THE SYSTEM OF ACTIVE PROTECTION OF OBJECTS
FROM THE ACTIONS OF LOW-FLYING SMALL-SIZED TARGETS**

*Канд. воен. наук А.В. Федоренко¹, канд. техн. наук А.М. Шевчук¹,
канд. воен. наук В.О. Гаврильчук¹, А.В. Алтынников²*

Ph.D. A.V. Fedorenko, Ph.D. A.M. Shevchuk, Ph.D. V.O. Gavrilchuk, A.V. Altynnikov

¹ВКА им. А.Ф. Можайского, ²АО «НПО Спецматериалов»

В статье рассматривается анализ и классификация основных типов беспилотных летательных аппаратов (малоразмерных воздушных целей) стран НАТО и их союзников, возможности их боевого применения противником, решаемые задачи и угрозы, которые они несут для обороняемых объектов при ведении боевых действий или при совершении терактов. Рассматриваются причины низкой эффективности системы противовоздушной обороны против целей этого типа и возможности современных инженерных боеприпасов по применению их для уничтожения низколетящих малоразмерных беспилотных летательных аппаратов. Приводится математический аппарат по обоснованию требований к перспективным инженерным суббоеприпасам для борьбы с воздушными целями этого класса.

Ключевые слова: низколетящие малоразмерные цели, БЛА, инженерные суббоеприпасы, поражение.

The article examines the analysis and classification of the main types of disembodied aircraft (small-sized air targets) of NATO countries and their allies, the possibility of their combat use by the enemy, the tasks to be solved and the threats they pose to the defended objects during the conduct of hostilities or when committing terrorist attacks. The reasons for the low efficiency of the air defense system against targets of this type and the possibility of modern engineering munitions to use them to destroy low-flying small-sized unmanned aerial vehicles are considered and a mathematical apparatus is given to substantiate the requirements for promising engineering submunitions to combat air targets of this class.

Keywords: low-flying small-sized targets, UAVs, engineering submunitions, defeat.

Введение

Технический прогресс все в большей мере определяет как характер современных войн и военных конфликтов, так и «лицо» передовых армий всего мира. В последнее время широкое распространение и массовое применение получили беспилотные летательные аппараты (БЛА), которые широко применяются как для ведения боевых действий, так и для совершения терро-

ристических актов. Беспилотный летательный аппарат («беспилотник» или «дрон», от англ. drone — трутень) представляет собой воздушное судно, которое не несет человека-оператора, управляется дистанционно с различным уровнем автоматизации системы управления и может нести различную полезную нагрузку [12]. БЛА изначально создавался для воздушной съемки и наблюдения за наземными объектами в реальном времени (online). В дальнейшем они нашли

очень широкое применение во всех сферах жизни начиная от простейших детских игрушек до сложнейших систем, выполняющих боевые задачи по разведке и нанесению ударов противнику или применяемых в целях совершения террористических актов по объектам различного назначения и уровня [15–17].

В статье рассматриваются варианты классификации БЛА и предлагается один из вариантов защиты от них за счет применения инженерных боеприпасов.

Общая классификация беспилотных летательных аппаратов

Учитывая разнообразие беспилотных летательных аппаратов и их возможности, не существует простой системы их классификации. Например, небольшие беспилотные летательные аппараты, которые, как ожидается, должны работать только в низком воздушном пространстве и имеют короткие интервалы автономного полета, уже продемонстрировали трансатланти-

ческие возможности (в 1998 году беспилотный летательный аппарат Laima весом 15 кг вылетел с Ньюфаундленда до Бенбекулы (3760 км), используя при этом только 5,7 л топлива) [13], и их оперативный или даже стратегический эффект часто проявляется там, где можно ожидать использование прежде всего тактических БЛА. Следующая система классификации была предложена объединенной группой по исследованиям БЛА Capability (США) и одобрена в руководящих документах НАТО [11, 13]. Классификация современных БЛА стран НАТО (рис. 1) [14] делит их на три класса (таблица).

Класс I. БЛА весом до 150 кг. Это, как правило, ручные, автономные, переносные системы, передающие в реальном масштабе времени видео или ведущие разведку и имеющие малые возможности по полезной нагрузке. В качестве полезных грузов обычно используются оптико-электронные или инфракрасные приборы разведки.

Система имеет незначительную эффективную поверхность рассеивания (ЭПР). Беспилотный летательный аппарат класса I обычно рабо-

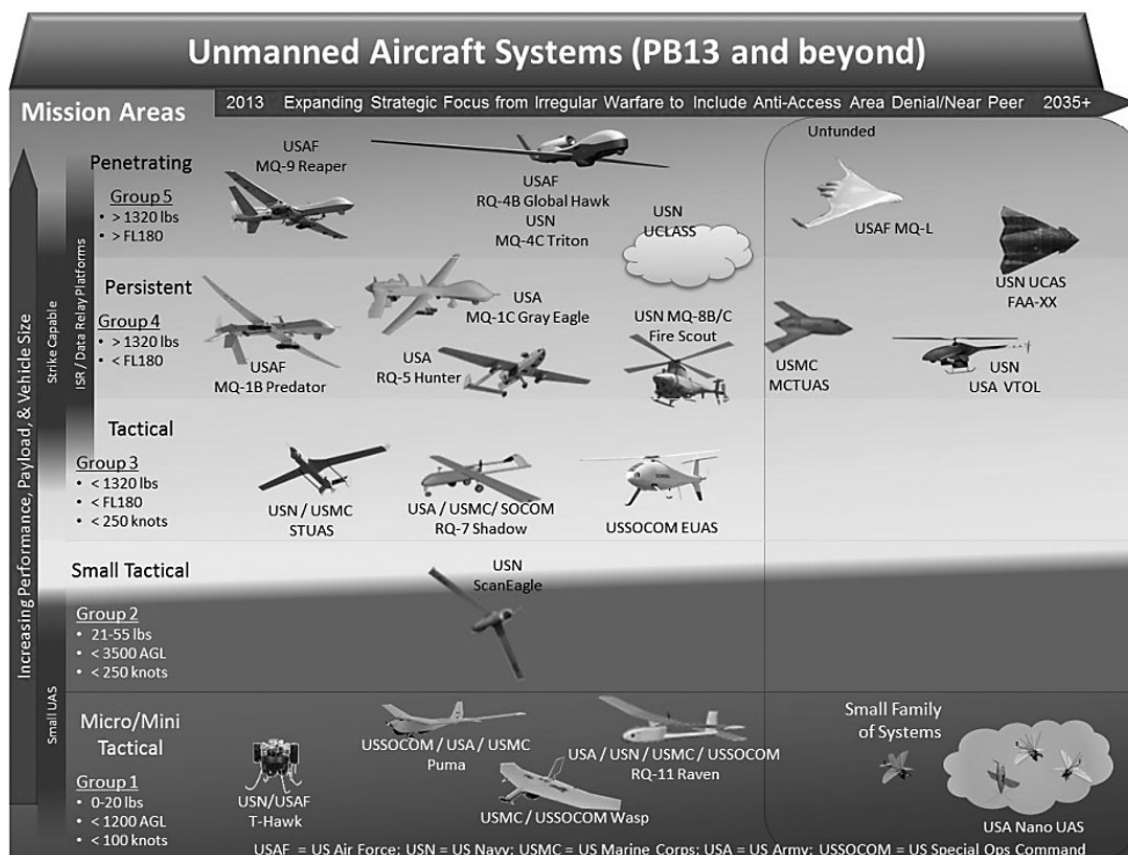


Рис. 1. Беспилотные авиационные системы военного назначения

Классификация беспилотных летательных аппаратов (по версии НАТО)

Класс	Категория (вес, кг)	Назначение. Управление	Рабочая высота полета, полезная нагрузка	Радиус действия, скорость полета	Пример платформы
Класс I (менее 150 кг)	МИКРО (... < 2 кг)	Тактический (взвод, рота). Индивидуальный пуск	До 100 метров, < 0,5 кг	5 км, до 200 км/ч	«Черная вдова», «Черный шершень», «Perdix»
	МИНИ (2–20 кг)	Тактическая подсистема (ручной запуск)	До 1000 метров, от 0,5 до 10 кг	25 км, до 200 км/ч	«Eagle», «Skylark», «Raven», «DH3»
	МАЛЫЕ (... > 20 кг)	Тактический блок (использует систему запуска)	До 1500 метров, от 10 до 50 кг	50 км, до 450 км/ч	«Луна», «Гермес 90»
Класс II (150-600 кг)	Тактические	Тактическая формы боевых действий	До 3000 метров от 50 до 200 кг	100 км, до 450 км/ч	«Sperwer», «Iview 250», «Aerostar», «Watchkeeper»
Класс III (более 600 кг)	Средняя высота, длительный полет (MALE)	Операции на ТВД	До 13000 метров	Неограниченный, до 450 км/ч	«Жнец», «Херон», «Гермес 900»
	Максимальная высота, длительный полет (HALE)	Операции стратегического уровня	До 20000 метров	Неограниченный, любая скорость	«Global Hawk»
	Удар / Бой	Операции стратегического уровня	До 20000 метров	Неограниченный, любая скорость	

тает в прямой видимости оператора на малых высотах и имеет ограниченный диапазон выносности (автономности полета), а также радиус полета и высоту.

Класс II. БЛА весом от 150 кг до 600 кг. Эти беспилотные летательные аппараты обычно представляют собой средние, часто катапультируемые, мобильные системы, которые по требованиям к разведке, наблюдению обычно поддерживают боевые действия до тактического уровня. Эти системы обычно не требуют специальных взлетно-посадочных полос (ВПП). Полезная нагрузка может включать в себя сенсорный шар с оптико-электронным и (или) инфракрасным прибором разведки, возможность обнаружения радиолокационных станций (РЛС) или обозначения объекта лазерной подсветкой. Беспилотные летательные аппараты класса II обычно используются в боевых

действиях тактического уровня и, как правило, имеют небольшую ЭПР. Однако при их применении, требуется высокая степень координации и интеграции в военное и гражданское воздушное пространство.

Класс III. БЛА весом более чем 600 кг. Это, как правило, самые большие и сложные беспилотные летательные аппараты, работающие на большой высоте, имеющие максимальную грузоподъемность. Они могут выполнять специализированные миссии, включая широкомасштабное наблюдение и проникающие атаки. Полезные грузы могут включать в себя сенсорный шар(ы) с оптико-электронным и (или) инфракрасным прибором разведки, многоцелевые радары, лазеры, радиолокатор с синтезированной апертурой, ретранслятор связи, сигнализацию сигналов, автоматическую идентификационную систему и оружие.

Большинство беспилотных летательных аппаратов класса III требуют улучшенных ВПП для запуска и посадки, и могут быть пилотируемы из-за пределов зоны совместных операций по линиям спутникового управления. Их ЭПР может приблизиться к пилотируемым самолетам аналогичного размера, и они обычно имеют самые строгие требования к координации воздушного пространства. Время непрерывной работы таких БЛА может измеряться в днях, но может быть и ниже из-за увеличения аэродинамического сопротивления в зависимости от внешних погодных и других факторов.

В последние годы БЛА становятся одним из важнейших средств, обеспечивающих эффективное ведение боевых действий, на которые возлагаются следующие задачи:

- разведывательные;
- корректировки огня артиллерии и ракетно-авиационных ударов;
- осуществление поиска объектов противника и диверсионно-разведывательных групп;
- обеспечение связи;
- применение средств РЭБ;
- нанесение ударов по целям (то есть использование в качестве управляемого снаряда);
 - доставка боеприпасов для атаки на военные или гражданские объекты;
 - дистанционный подрыв машин, начиненных взрывчатыми веществами и управляемых смертниками с фиксацией выполненной задачи (при проведении террористических актов) [5, 7, 8].

Опыт проведения специальной операции в Ближневосточном регионе и проведение террористических актов по нефтедобывающим и нефтеперерабатывающим объектам в Саудовской Аравии показал, что традиционные средства ПВО мало эффективны и требуют больших финансовых затрат, несоизмеримых с дешевыми БЛА, которые могут действовать в соответствии с разрабатываемой в США тактикой применения одновременно десятков БЛА класса I (так называемого роя). Например, напечатанные на 3D принтере, БЛА можно запускать как с наземной поверхности, так и с истребителя или бомбардировщика. Они одноразового действия, летят на малых высотах и могут быть использованы для радиоэлектронного и огневого подавления противника, для перегрузки системы управления, для вскрытия системы ПВО, как средство развед-

ки, а также для совершения терактов. Противник может иметь множество таких мини БЛА, ровно столько, чтобы выполнить поставленную боевую задачу [2, 8, 10]. Типы малоразмерных летательных аппаратов класса I можно разделить на группы, в зависимости от конструкции и их уязвимости при обстреле, учитывая их площадь контура: с неподвижным крылом (планер); роторное крыло (вертолет); квадрокоптер (четыре роторных крыла, самый популярный тип); мультикоптер (более четырех роторных крыльев).

Причинами низкой эффективности традиционной ПВО в борьбе с малоразмерными БЛА являются следующие факторы:

- небольшие габариты (размах крыла от 0,95 до 1,6 м, длина не более 1 м);
- малые величины эффективной площади рассеяния (0,001–0,1 м²) и тепловой контрастности;
- малые скорости полета (10–30 м/с);
- возможность полета на предельно малых высотах (до 200 м) [9].

Широкие возможности по применению и потенциальная опасность различных классов БЛА определяют необходимость организации мероприятий противодействия им. Таким образом, новые (нетрадиционные) способы и средства для борьбы с малоразмерными беспилотными средствами являются актуальными и требуют концептуальной, а в дальнейшем детальной разработки.

Расчет характеристик перспективных суббоеприпасов

Эффективные специальные средства инженерного вооружения для выполнения мероприятий противодействия рою малоразмерных БЛА на сегодняшний день в инженерных войсках отсутствуют, поэтому в ходе специальной операции в Ближневосточном регионе рассматривалась возможность использования штатных противопехотных осколочных инженерных боеприпасов направленного действия. Проведенный анализ показал, что применение этих мин позволяет создавать плотное направленное осколочное поле на малых высотах, в зоне действия малоразмерных беспилотных воздушных целей.

Инженерные боеприпасы необходимо устанавливать по периметру охраняемого участка

местности (объекта) с учетом безопасных расстояний действия боеприпаса в подготовленных местах, при необходимости углубленных, с оборудованным бруствером (обваловкой) и ориентированием поля осколков вертикально вверх таким образом, чтобы перекрыть осколочным полем периметр обороняемого района. В качестве обваловки могут быть применены габионы типа ГНТ или мешки с песком, устанавливаемые вокруг боеприпаса (рис. 2). В случае получения информации и обнаружения действий БЛА противника на высотах, соответствующих радиусу поражения боеприпаса, по установленным ориентирам (меткам, вехам) определяется момент пролета через осколочное поле одной из установленных мин, производится ее подрыв и поражение летательного аппарата или существенное изменение динамики беспилотного летательного аппарата. Проведение этих мероприятий может стать частью системы наземной обороны и непосредственного прикрытия объектов, активной частью комплексного противодействия средствам поражения противника или предотвращения террористических атак на объекты [6].

Анализ возможностей инженерных боеприпасов по уничтожению воздушных целей [4, 5]

показывает, что применение штатных инженерных боеприпасов обеспечивает высокую эффективность поражения воздушных объектов на расчетной дальности, однако небольшая площадь поражения может свести все возможности к нулю. Учитывая, что объект поражения может двигаться со скоростями, при которых он будет проходить зону поражения боеприпаса быстрее, чем время реакции контура управления и сложность согласования моментов пролета аппарата и подрыва боеприпаса. Это будет приводить к низкой эффективности применения инженерных мин.

Как вариант можно рассматривать возможность применения группы боеприпасов (рис. 3), при этом время пребывания БЛА в зоне поражения возрастет до нескольких секунд, что позволит реализовать возможность его уничтожения. Однако анализ предлагаемой конструкции выявляет ряд существенных недостатков. Во-первых, она громоздкая при устройстве и с учетом зоны безопасности занимает большую площадь на местности. Во-вторых, необходимо будет согласование по углам наклона и моменту срабатывания нескольких боеприпасов, что связано с определенными трудностями и занимает зна-

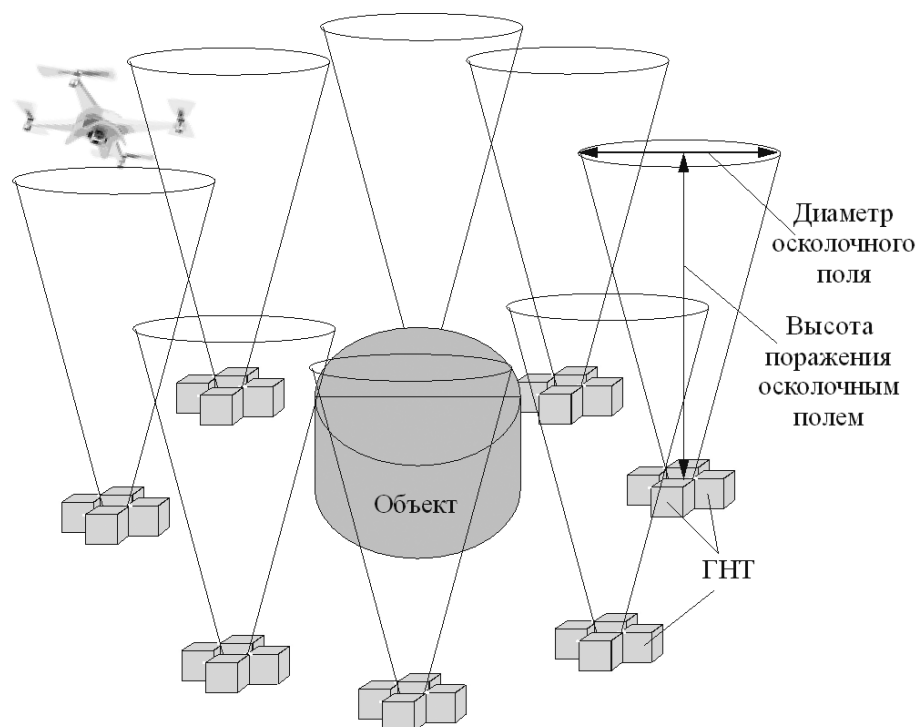


Рис. 2. Схема размещения инженерных мин направленного действия в управляемом варианте по периметру охраняемого объекта и формируемые осколочные поля

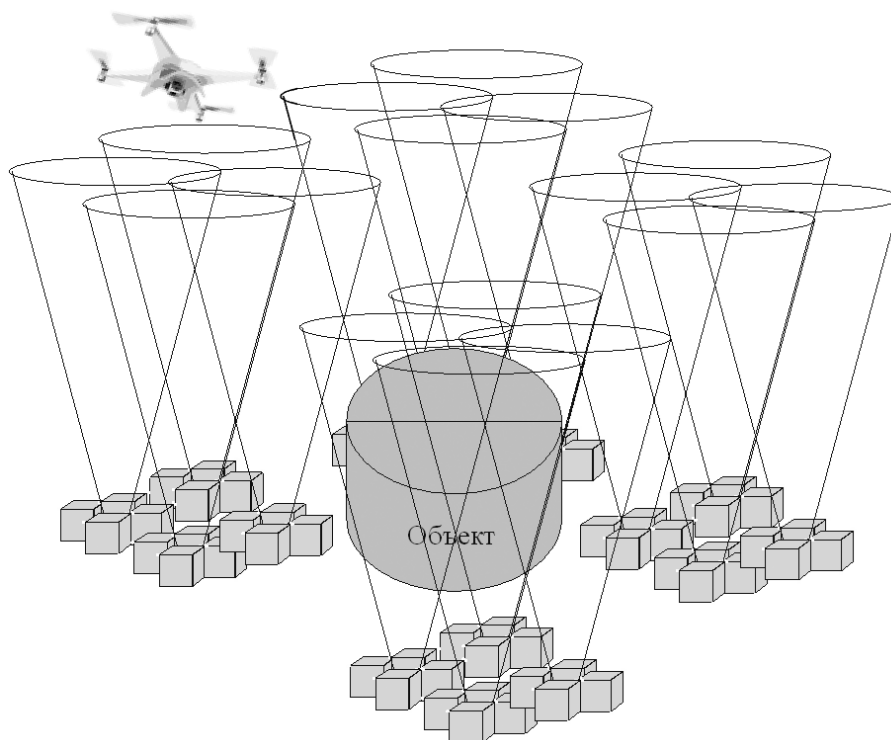


Рис. 3. Вариант размещения группы боеприпасов

чительное время. Все это исключает возможность последующего применения боеприпасов и подготовки их к уничтожению следующей цели. И в случае, если противник применит несколько летательных аппаратов, уничтожать их будет нечем.

Для устранения этого недостатка предлагается разработать специальные инженерные суббоеприпасы (ИСБ), предназначенные для борьбы с малоразмерными, низколетающими объектами, к которым относятся БЛА.

Для формирования требований к ИСБ, пригодным для борьбы с БЛА, рассмотрим физику процесса поражения объекта-цели полем осколков.

При взрыве осколочного боеприпаса поражение целей осуществляется осколками, которые при встрече с целями должны обладать энергией, необходимой для их поражения. Осколок при движении в воздухе от места взрыва боеприпаса до цели теряет часть кинетической энергии на работу сил сопротивления, поэтому необходимо придать осколку значительную начальную скорость, которая обеспечит надежное поражение объекта. Учитывая, что современные беспилотные средства — это слабозащищенные

конструкции, можно рассматривать поражение объекта и при практически нулевой скорости, т.е. дальность поражения будет определяться дальностью формирования осколочного поля.

При рассмотрении осколочного действия боеприпаса можно выделить три основные фазы:

1. Взрыв боеприпаса, формирование осколков (осколочного поля) и сообщение им начальной скорости;
2. Полет осколка в среде, имеющей сопротивление;
3. Попадание осколка (требуемого количества осколков) в цель и нанесение ей повреждений, несовместимых с дальнейшим выполнением задачи.

Рассмотрение этих фаз, позволяет сформулировать ряд требований и предложить методологический подход к расчету характеристик ИСБ, которые обеспечат поражение воздушной цели с вероятностью не ниже требуемой.

Основными качественными показателями первой и второй фаз будут мощность заряда ИСБ и формирование требуемого угла разлета осколков.

Требования к мощности должны определяться требуемой убойной дальностью оскол-

ков $R_{\text{пор тр}}$, которая будет зависеть от массы заряда, удельной теплоты взрыва и массы готовых осколков. В общем виде $R_{\text{пор}}$ осколочным полем для слабозащищенных объектов можно рассчитать по формуле

$$R_{\text{пор}} = 2 \frac{CQ}{mg},$$

где C — масса заряда, кг;

Q — удельная теплота взрыва взрывчатого вещества, Дж/кг;

m — масса готовых осколков, кг;

g — ускорение свободного падения м/с².

Задание угла разлета осколков необходимо для формирования требуемой плотности осколков, а также определения в дальнейшем закона поражения цели [3, 5]. Этот угол определяется по формульной зависимости

$$\arctg\varphi = \frac{l/2}{h_{\text{пор}}},$$

где φ — угол разлета осколков инженерного суббоеприпаса;

l — протяженность рубежа поражения (или диаметр осколочного поля (рис. 2) на расчетной высоте;

$h_{\text{пор}}$ — расчетная высота поражения цели.

Требуемое количество осколков в применяемом ИСБ для поражения беспилотного летательного аппарата с вероятностью не ниже $P_{\text{пор}}$, действующего на высоте $h_{\text{пор}}$ можно определить по формуле

$$N_{\text{оск}} = \frac{\pi(l/2)^2 P_{\text{пор}}}{S_{\text{об}}} N_{\text{оск тр}},$$

где $P_{\text{пор}}$ — требуемая вероятность поражения цели;

$S_{\text{об}}$ — площадь поражаемой цели (площадь БЛА на горизонтальную плоскость);

$N_{\text{оск тр}}$ — минимальное требуемое количество осколков для поражения цели.

Учитывая то, что уязвимые зоны летательного аппарата составляют около 30 % от общей площади, значение $N_{\text{оск тр}}$ принимаем три осколка, как требуемое (минимальное) количество, необходимое для поражения воздушного объекта.

В качестве критерия эффективности применения, разработанных инженерных суббоеприпасов, предлагается использовать вероятность поражения БЛА P_n [3]:

$$P_n = P_1 G(n),$$

где P_1 — вероятность поражения БЛА одним осколком (минимальным требуемым количеством осколков);

$G(n)$ — значение условного закона поражения БЛА в заданных условиях.

При применении ИСБ рекомендуется использовать пусковые столы, представляющие собой полый металлический цилиндр, закрытый с одной стороны и ориентированный открытой частью вверх. Толщина стенок цилиндра рассчитывается в соответствии с полученной мощностью ИСБ.

Определение момента формирования осколочного поля взрыва ИСБ в зоне контроля защищаемого объекта основывается на обнаружении и прогнозировании маршрута дальнейшего полета беспилотного аппарата. Обнаружение малоразмерного летательного аппарата может быть достигнуто использованием в качестве измерителя пространственных параметров радиолокатора, а определение пространственных координат — на алгоритме [7], в котором определяют моменты времени измерения координат летательного аппарата, вычисляют скорость его полета, экстраполируют маршрут дальнейшего полета беспилотного летательного аппарата на основе сглаживающих кубических параметрических сплайнов в трехмерном пространстве (рис. 4).

Применение алгоритма обеспечит принятие оптимального решения на применения инженерного суббоеприпаса. В этом случае формирование осколочного поля взрыва ИСБ осуществляется в ограниченном пространстве с координатами центра, находящегося на наиболее вероятном маршруте полета воздушного аппарата в момент времени, предшествующий его появлению, и обеспечивает покрытие воздушного объекта максимальным полем осколков.

Таким образом, использование представленной информационно-управляющей системы позволит в дальнейшем обосновать активную непосредственную защиту объектов с использованием инженерных суббоеприпасов направленного действия для деструктивного воздействия

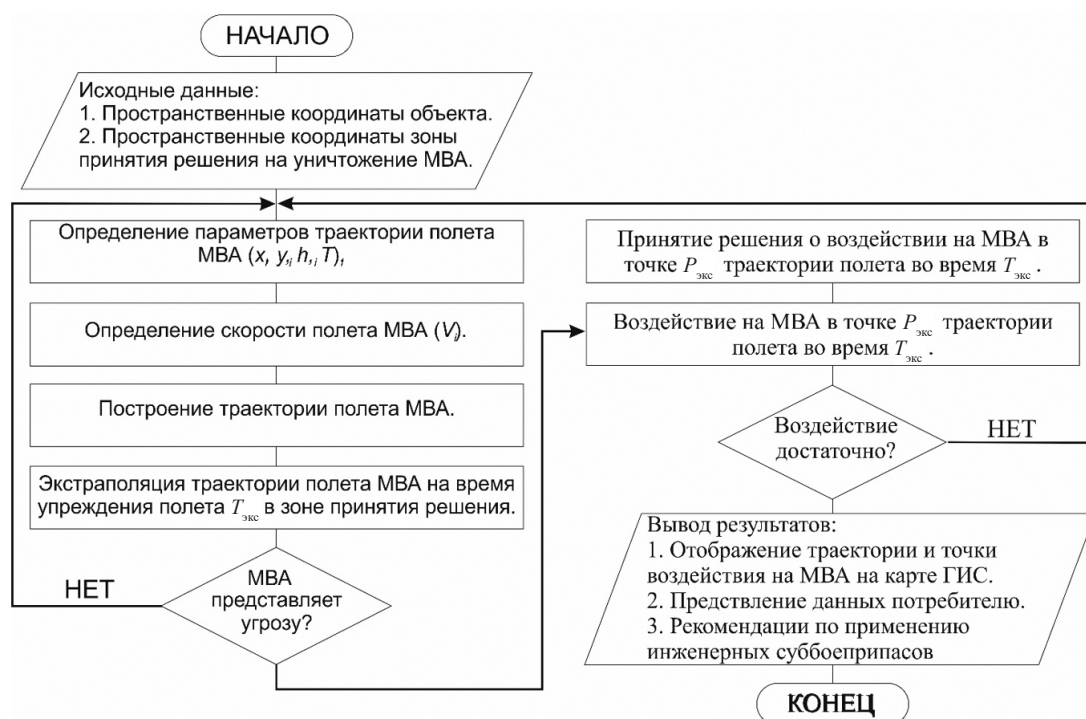


Рис. 4. Алгоритм работы информационно-управляющей системы уничтожения малоразмерных воздушных аппаратов

на БЛА в заданный момент времени в определенной точке пространства, привязать ее к системе разведки и управления и успешно их уничтожать при массовом применении.

Заключение

Применение предложенного методологического подхода к расчету характеристик инженерных суббоеприпасов направленного действия, предназначенных для уничтожения низколетящих малоразмерных воздушных аппаратов, позволит создать эффективную систему непосредственного прикрытия объектов при их обороне или при противодействии возможным террористическим актам, повысить возможности активной части системы комплексного противодействия средствам поражения противника [6] и как следствие повысить живучесть крупно-размерных стационарных и квазистационарных объектов. Дальнейшее развитие работы, на наш взгляд, будет заключаться в обосновании количественного состава инженерных суббоеприпасов направленного действия, создании систем мониторинга воздушного пространства и управления их применением, а также военно-экономической

оценке эффективности применения предложенного комплекса защиты объекта.

Литература

1. Бакач В.А., Беляев Д.А., Бурнышев Я.А. Беспилотные летательные аппараты двойного назначения // Актуальные проблемы авиации и космонавтики // Сборник материалов V Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики. В 3-х томах. Красноярск, 08–12 апреля 2019. Под общей редакцией Ю.Ю. Логинова. — Красноярск: ФГБОУ СГУ НИТ им. М.Ф. Решетнева, 2019. С. 146–148.
2. Бондарев В.Г., Ипполитов С.В., Лопаткин Д.В. Рой ударных беспилотных летательных аппаратов. Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Техническое зрение и распознавание образов» // Сборник тезисов докладов научно-технической конференции. Анапа, 16–17 октября 2019. — Анапа: ФГАУ «Военный инновационный технополис «ЭРА», 2019. С. 116–124.
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: учебник. — М.: Наука, 1969. 576 с.

4. Лопаткин Д.В., Савченко А.Ю., Солоха Н.Г. К вопросу о борьбе с тактическими беспилотными летательными аппаратами // Военная мысль. — М.: АО «Красная Звезда», 2014. № 2. С. 41–47.
5. Калгин А.В., Шевчук А.М. Методы выбора средств поражения объектов и средств активного противодействия воздействию противника на основе математической теории игр // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. 2014. Вып. 642. С. 83–89.
6. Лунис И.В., Федоренко А.В. Алгоритм обеспечения живучести стационарных объектов при воздействии обычных средств поражения // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. № 663. 2018. С. 180–183.
7. Патент RU 2674392 С1, МПК F41H 13/00 (2006.01); СПК F41H 13/00 (2018.08); F41G 7/34 (2018.08). Способ борьбы с беспилотными летательными аппаратами: № 2018103284: заявл. 29.01.2018; опубл. 07.12.2018 / Агеев П.А., Иванов А.А., Козлов С.Ю. и др. 13 с.: ил.
8. Петренко А.В., Решетов Е.В., Фетисов А.В. Тенденции развития беспилотных летательных аппаратов (БЛА), беспилотных авиационных систем и комплексов в зарубежных странах // Перспективы развития научной и образовательной деятельности в военных образовательных организациях высшего образования войск национальной гвардии Российской Федерации. Сборник научных статей научно-педагогического состава Санкт-Петербургского военного института войск национальной гвардии. 2017. С. 216–221.
9. Самойлов П.В., Иванов К.А. Угрозы применения малоразмерных БЛА и определение наиболее эффективного способа борьбы с ними // Молодой ученый. 2017. № 45 (179). С. 59–65. URL: <https://moluch.ru/archive/179/46398/> (дата обращения: 05.04.2020).
10. Чаховский Ю.Н., Козьявин Б.С. Возможности использования БЛА в военных целях // Военная безопасность. 2008. № 2. С. 38–40.
11. Army Techniques Publication (ATP) 3-01.81 Counter-Unmanned Aircraft System (C-UAS) Techniques. Headquarters, Department of the Army. — Washington, DC, 13 April 2017. URL: <https://fas.org/irp/doddir/army/atp3-01-81.pdf> (дата обращения: 05.04.2020).
12. Joint publications (JP) 3-01. Countering Air and Missile Threats, 23 March 2012. URL: www.globalsecurity.org/military/library/policy/dod/joint/jp3_01_2012.pdf (дата обращения: 05.04.2020).
13. Joint doctrine note (JDN) 2-11. The UK approach to unmanned aircraft systems. The Development, Concepts and Doctrine Centre. — Swindon, 30 March 2011. URL: <https://www.law.upenn.edu/live/files/3890-uk-ministry-of-defense-joint-doctrine-note-211-the> (дата обращения: 05.04.2020).
14. Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2013-2038. Department of Defense's (DoD). 2012. URL: <https://archive.defense.gov/pubs/dod-usrm-2013.pdf> (дата обращения: 05.04.2020).
15. Сильников М.В., Лазоркин В.И. Активная защита мобильных объектов. — СПб, 2020. 488 с.
16. Сильников М.В., Лазоркин В.И. Активная защита стационарных объектов. — СПб, 2021. 508 с.
17. Сильников М.В., Лазоркин В.И., Карпович А.В. и др. Научно-методическое обоснование способов применения беспилотных летательных аппаратов для разведки и поражения цели. — СПб, 2022. 411 с.

References

1. Bakach V.A., Belyaev D.A., Burnyshev Ya.A. Dual-purpose unmanned aerial vehicles // Actual problems of aviation and cosmonautics // Collection of materials of the V International Scientific and Practical Conference dedicated to the Day of Cosmonautics. In 3 volumes. Krasnoyarsk, 08-12 April 2019. Under the general editorship of Yu.Yu. Loginov. — Krasnoyarsk: FSUE SSU NIT named after M.F. Reshetnev, 2019. P. 146–148.
2. Bondarev V.G., Ippolitov S.V., Lopatkin D.V. Swarm of shock unmanned aerial vehicles. The state and prospects of development of modern science in the direction of «Technical vision and pattern recognition» // Collection of abstracts of scientific and technical conference reports. Anapa, October 16–17, 2019. — Anapa: FSAU «Military Innovative Technopolis «ERA», 2019. P. 116–124.
3. Wentzel E.S. Probability theory: textbook. — M: Science, 1969. 576 p.
4. Lopatkin D.V., Savchenko A.Yu., Solokha N.G. On the issue of combating tactical

unmanned aerial vehicles // Military thought. — М.: JSC «Krasnaya Zvezda», 2014. № 2. P. 41–47.

5. Kalgin A.V., Shevchuk A.M. Methods of selecting means of destruction of objects and means of active counteraction to the enemy's influence on the basis of mathematical game theory. // Proceedings of the Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky. 2014. Issue 642. P. 83–89.

6. Lunis I.V., Fedorenko A.V. Algorithm for ensuring the survivability of stationary objects under the influence of conventional means of destruction // Proceedings of the Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky. № 663. 2018. P. 180–183.

7. Patent RU № 2674392 C1, IPC F41H 13/00 (2006.01); SEC F41H 13/00 (2018.08); F41G 7/34 (2018.08). Method of combating unmanned aerial vehicles: № 2018103284: application 29.01.2018; publ. 07.12.2018 / Ageev P.A., Ivanov A.A., Kozlov S.Yu. et al. 13 p.: il.

8. Petrenko A.V., Reshetov E.V., Fetisov A.V. Trends in the development of unmanned aerial vehicles (UAVs), unmanned aircraft systems and complexes in foreign countries // Prospects for the development of scientific and educational activities in military educational institutions of higher education of the National Guard troops of the Russian Federation // Collection of scientific articles of scientific and educationalthe teaching staff of the St. Petersburg Military Institute of the National Guard Troops. 2017. P. 216–221.

9. Samoilov P.V., Ivanov K.A. Threats of using small-sized UAVs and determining the most effective way to combat them // Young Scientist. 2017. № 45. P. 59–65. URL: <https://moluch.ru/archive/179/46398/> (accessed: 05.04.2020).

10. Chakhovsky Yu.N., Kozyavin B.S. The possibilities of using UAVs for military purposes // Military security. 2008. № 2. P. 38–40.

11. Army Techniques Publication (ATP) 3-01.81 Counter-Unmanned Aircraft System (C-UAS) Techniques. Headquarters, Department of the Army. — Washington, DC, 13 April 2017. URL:<https://fas.org/irp/doddir/army/atp3-01-81.pdf> (дата обращения: 05.04.2020).

12. Joint publications (JP) 3-01. Countering Air and Missile Threats, 23 March 2012. URL:https://www.globalsecurity.org/military/library/policy/dod/joint/jp3_01_2012.pdf (дата обращения: 05.04.2020).

13. Joint doctrine note (JDN) 2-11. The UK approach to unmanned aircraft systems. The Development, Concepts and Doctrine Centre. — Swindon, 30 March 2011. URL:<https://www.law.upenn.edu/live/files/3890-uk-ministry-of-defense-joint-doctrine-note-211-the> (дата обращения: 05.04.2020).

14. Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2013-2038. Department of Defense's (DoD). 2012. URL:<https://archive.defense.gov/pubs/dod-usrm-2013.pdf> (дата обращения: 05.04.2020).

15. Silnikov M.V., Lazorkin V.I. Active protection of mobile objects. — SPb, 2020. 488 p.

16. Silnikov M.V., Lazorkin V.I. Active protection of stationary objects. — SPb, 2021. 508 p.

17. Silnikov M.V., Lazorkin V.I., Karpovich A.V. et al. Scientific and Methodological Substantiation of Methods of Application of Unmanned Aerial Vehicles for Target Reconnaissance and Defeat. — St. Petersburg, 2022. 411 p.