

ДИНАМИКА, БАЛЛИСТИКА, УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

УДК 623.451.746.018:623.746.4-519

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АПРОБАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СВОБОДНОПАДАЮЩИХ НЕУПРАВЛЯЕМЫХ КОНТЕЙНЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ БЛИЖНЕГО ДЕЙСТВИЯ

Ананьев А.В.* , Филатов С.В., Петренко С.П., Рыбалко А.Г.

*Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина,
ул. Старых Большевиков, 54а, Воронеж, 394064, Россия*

** e-mail: sasha303_75@mail.ru*

Статья поступила в редакцию 23.11.2018

Проведено обобщение работ в области теоретических исследований и практического применения малогабаритных ударных беспилотных летательных аппаратов, условного класса ближнего действия. Представлены оригинальные результаты натурных экспериментальных испытаний сброса макетов ударных нагрузок с использованием беспилотных летательных аппаратов ближнего действия. Результаты испытаний подтверждают возможность снижения рисков потерь пилотируемой авиации в коридоре пролета авиации в зоне ответственности бригад первых эшелонов за счет огневого воздействия по силам и средствам противовоздушной обороны противника, что, в свою очередь, свидетельствует о практической реализуемости и актуальности заявленного ранее обобщенного способа совместных действий пилотируемой и беспилотной авиации. Полученные результаты могут быть использованы при огневом поражении других объектов удара, в том числе радиоэлектронных средств связи пунктов управления, узлов связи, живой силы противника.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, свободнопадающий неуправляемый контейнер, поражение наземных объектов, экспериментальные полеты, зона гарантированного поражения цели.

Первостепенной задачей в интересах снижения рисков потерь авиационных комплексов и летных экипажей пилотируемой авиации является подавление средств противовоздушной обороны (ПВО) противника. Среди возможных вариантов противодействия средствам ПВО противника, включа-

ющим радиоэлектронное подавление каналов управления, радиоэлектронное (программное) поражение и др., самым надежным вариантом является огневое поражение уязвимых элементов средств ПВО противника. Постоянное развитие теории и практики применения беспилотных летательных

аппаратов (БПЛА) для группового управления [1, 2], одиночного и группового поиска объектов интереса [3, 4], решения задач навигации [5, 6] сделало реальностью возможность применения БПЛА для поражения наземных объектов с использованием свободнопадающих неуправляемых контейнеров (СНК), о чем было заявлено в рамках разработки обобщенного способа совместных действий пилотируемой и беспилотной авиации [7]. Сущность способа заключается в формировании, как минимум, двух воздушных разведывательно-ударных эшелонов, первый из которых включает БПЛА малой дальности (условная дальность действия около 100–180 км), второй – авиационные комплексы оперативно-тактической авиации, при этом ударные БПЛА обеспечивают задержку мобильных резервов противника, уничтожение средств ПВО и самолетов на аэродромах базирования. В то же время представляет интерес использование БПЛА условного класса ближнего действия (БД), дальность применения которых ограничивается 2–3 десятками километров. В этом случае актуально применение ударных БПЛА, прежде всего, для доразведки и уничтожения средств ПВО противника в полосе ответственности бригад первых эшелонов. На основе анализа открытых источников [8–18], посвященных обзору применения БПЛА в ударном (разведывательном, разведывательно-ударном) варианте, можно выделить два условных класса: БПЛА – носители авиационных средств поражения (АСП) в управляемом и неуправляемом исполнениях и БПЛА – снаряды (иначе называемые «камикадзе»), применение которых предполагает их самоуничтожение при огневом поражении объектов удара. В то же время следует отметить, что часть приведенных источников полагается на данные средств массовой информации или предельно упрощенные методики оценки эффективности. Встречаются также экспертные оценки боевой эффективности БПЛА, но без трансформации в количественные оценки. Известны и весьма обстоятельные академические труды, но они опираются на вероятностный аппарат, применение которого невозможно ввиду отсутствия вероятностных законов и параметров случайных величин, необходимых для расчетов. Таким образом, к настоящему времени на практике не могут быть реализованы полноценные расчетные баллистические алгоритмы [19–21 и др.] для ударных БПЛА малой дальности и ближнего действия. С учетом изложенного, представляет интерес, прежде всего, практическая апробация ударного применения БПЛА БД, как наиболее ответственного этапа жизненного цик-

ла авиационных комплексов [22]. Поэтому первым, наиболее действенным способом оценки ударных возможностей БПЛА БД является проведение экспериментальных баллистических испытаний, результаты которых могут быть использованы для оценки эффективности таких БПЛА в ударном варианте и формирования первого приближения для составления табулированных данных точности попадания СНК, разброса параметров, по которым впоследствии будут составлены таблицы стрельбы.

С учетом изложенного, *целью работы является экспериментальная оценка точности сброса свободнопадающих неуправляемых контейнеров с использованием беспилотных летательных аппаратов ближнего действия.*

Для практических испытаний по доставке СНК был выбран экспериментальный БПЛА БД, тактико-технические характеристики которого представлены в табл. 1.

В дополнение к рассмотренным характеристикам следует отметить ряд особенностей рассматриваемого беспилотного комплекса. Система связи экспериментального БПЛА включает шумоподобный канал управления, затрудняющий его обнаружение и, как следствие, применение средств радиоэлектронного подавления. При этом реальная дальность управления и передачи видеoinформации составляет не менее 60 км. В интересах гибкого противодействия вскрытию канала управления возможно применение шифрования информации в каналах связи и обеспечение адаптивного коэффициента расширения спектра. Одновременно с наземного пункта дистанционного управления (НПДУ) возможно управление до 99 БПЛА, что открывает широкие перспективы для их группового применения. Заявленная масса полезной нагрузки также позволяет использовать помехозащищенные модули навигации типа «Комета» [5].

Для достижения поставленной в работе цели были определены и решены следующие задачи:

- создана мишенная обстановка для отработки практического применения СНК с использованием БПЛА БД;
- проведена оценка точности применения свободнопадающих неуправляемых контейнеров с БПЛА в ударном варианте по наземным объектам с использованием упрощенной методики измерения отклонений и оценки параметров рассеивания СНК;
- собраны и обработаны статистические данные по применению экспериментального БПЛА БД в ударном варианте по наземным объектам и

Таблица 1

ТТХ экспериментального БПЛА БД

Взлетная масса	6,5 кг
Планер	Самолетного типа
Масса полезной нагрузки	2 кг
Двигатель	Электрический
Способ старта	С разборной катапульты
Способ посадки	На парашюте
Радиус применения в разведывательном варианте	Не менее 50 км
Радиус применения в ударном варианте	Не менее 25 км
Максимальная скорость	100 км/ч
Крейсерская скорость	80 км/ч
Макс. продолжительность полета	80 мин
Макс. высота полета над уровнем моря	3000 м
Макс. допустимая скорость ветра на старте	10 м/с
Диапазон рабочих температур у поверхности земли	-30 ... +40°C

живой силе противника для последующего определения параметров рассеивания свободнопадающих неуправляемых контейнеров.

В ходе испытаний в качестве наземной цели использовалась мишень, имитирующая пункт управления батареи зенитно-ракетного комплекса (ЗРК) средней дальности (СД). Для визуальной оценки падения СНК, контроля хода военного-технического эксперимента (ВТЭ) был задействован серийный образец БПЛА малой дальности (МД) с целевым оборудованием (ЦО) в составе видеокамеры на гиростабилизированной платформе.

Общий вид БПЛА МД с ЦО фото- и видеофиксации результатов применения свободнопадающих неуправляемых контейнеров с экспериментального БПЛА БД представлен на рис. 1.

В дополнение к БПЛА МД для фиксации результатов были задействованы:

- серийный квадрокоптер DJI mavic pro;
- цифровой фотоаппарат Canon ixus 170;
- цифровой зеркальный фотоаппарат Nikon D7000;
- цифровая видеокамера Sony hdr – cx 530e.

Магнитный азимут точек падения СНК измерялся с помощью программного средства «Компас», установленного на смартфон Honor P9 Lite. Расстояние точек падения СНК измерялось с помощью измерительной рулетки длиной 7,5 м, мерных досок, окрашенных в черный и белый цвет, длиной по 2 м каждая. Маркирование места падения СНК осуществлялось с помощью белых по-



Рис. 1. Общий вид БПЛА малой дальности

лотнищ размером 50х50 см и маркерной жерди с красным треугольным флажком.

В ходе испытаний были совершены экспериментальные полеты БПЛА БД в соответствии с разработанной и утвержденной программой полета по маршруту. Сброс СНК осуществлялся по одному контейнеру в каждом заходе на цель, с последующей корректировкой по результатам предыдущих сбросов. Продолжительность каждого полета составляла около одного часа со средней скоростью 82 км/ч. Средняя протяженность маршрута составила 100 км.

Во время прохождения эксперимента в районе полетов и на полигоне наблюдались следующие метеоусловия: облачность 4–6 баллов верхнего, среднего яруса, с нижней границей 1000–1500 м. Направление ветра у земли 60–80°, скорость 7 м/с. Температура +24 °С.

Особенностью применения БПЛА в ходе эксперимента является способ измерения направления ветра в районе сброса СНК. Для этого БПЛА в районе мишенной обстановки (рис. 2) совершает

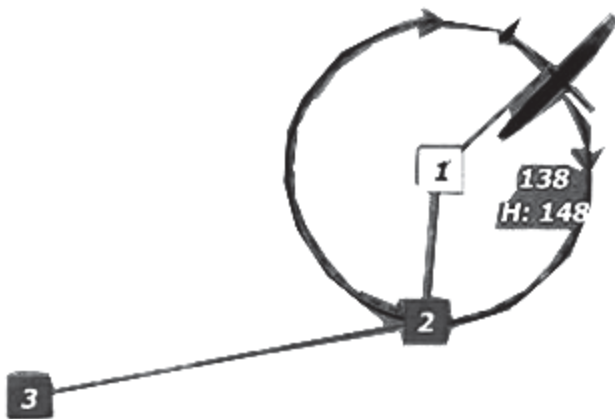


Рис. 2. Маршрут полета БПЛА БД для измерения скорости и направления ветра

круговой полет. Самостоятельное измерение скорости и направления ветра свидетельствует о самодостаточности рассматриваемой системы и повышает точностные характеристики сброса СНК.

Результаты сброса СНК с БПЛА БД представлены в табл. 2.

Параметры полета БПЛА БД и точек падения СНК:

$H_{БМ}$, м – высота полета БПЛА БД в момент сброса СНК;

$V_{БМ}$, м/с – скорость полета БПЛА БД в момент сброса СНК;

БАРО – приборная (относительно набегающего потока) скорость полета БПЛА БД в момент сброса СНК;

GPS – путевая (относительно подстилающей поверхности) скорость полета БПЛА БД в момент сброса СНК;

БК, ° – истинный курс полета БПЛА БД в момент сброса СНК;

Упр, м (расч. / факт) – расчетная / фактическая упрежденная дальность сброса СНК (относ.);

Аз, ° – истинный азимут отклонения точки падения СНК;

$R_{отк}$, м – расстояние от точки падения СНК до центра цели;

X, м (перелет / недолет) – отклонение точки падения СНК по дальности (знак «+» – перелет; знак «-» – недолет);

Z, м (вправо / влево) – отклонение точки падения СНК по направлению (знак «+» – вправо; знак «-» – влево).

Схема результатов применения СНК с БПЛА БД представлена на рис. 3.

По итогам проведения экспериментальных испытаний сброшено порядка 40 контейнеров.

Таблица 2

Частные результаты применений свободнопадающих неуправляемых контейнеров с экспериментального БПЛА БД

№ п/п	№ захода	$H_{БМ}$, м	$V_{БМ}$, м/с БАРО GPS	БК, °	Упр, м расч. факт.	Аз, °	$R_{отк}$, м	X, м перелет недолет	Z, м вправо влево	Примечание
1	1	150	$\frac{25}{18}$	213	$\frac{101}{106}$	4	11	-9,6	5,5	
2	2	150	$\frac{25}{18}$	213	$\frac{101}{101}$	59	22	-20	-9,5	Самопроизвольный сброс
3	1	148	$\frac{27}{22}$	241	$\frac{121}{123}$	29	9	-7,5	5	
4	2	150	$\frac{25}{22}$	242	$\frac{127}{127}$	14	8	-5,5	6	

Один контейнер, после взлета носителя, не прошел тестирование системой встроенного контроля, в результате чего сброс был заблокирован. Максимальное отклонение точек падения СНК составило 22 м.

Анализ результатов испытаний показал, что 80% контейнеров попали в так называемую «мертвую зону» – зону сплошного гарантированного поражения цели осколками гранаты РГО, при условии ее подрыва на высоте 3–5 м. Расчетная зона сплошного гарантированного поражения наземного объекта боеприпасом типа РГО (РГД, Ф-1) представлена на рис. 4.

В результате прямого попадания СНК в кунг автомобиля-мишени образовалось сквозное от-

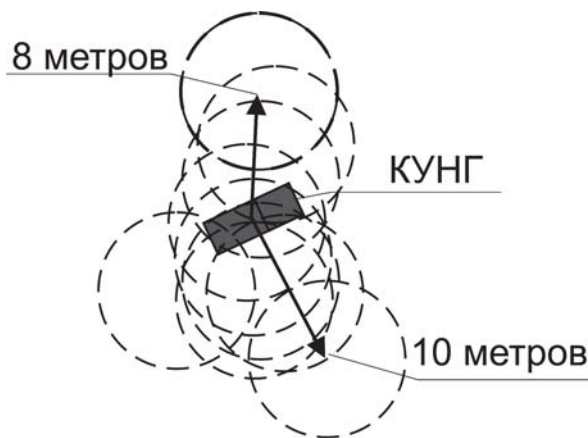


Рис. 4. Схема зоны гарантированного поражения цели боеприпасом типа «ручная граната»

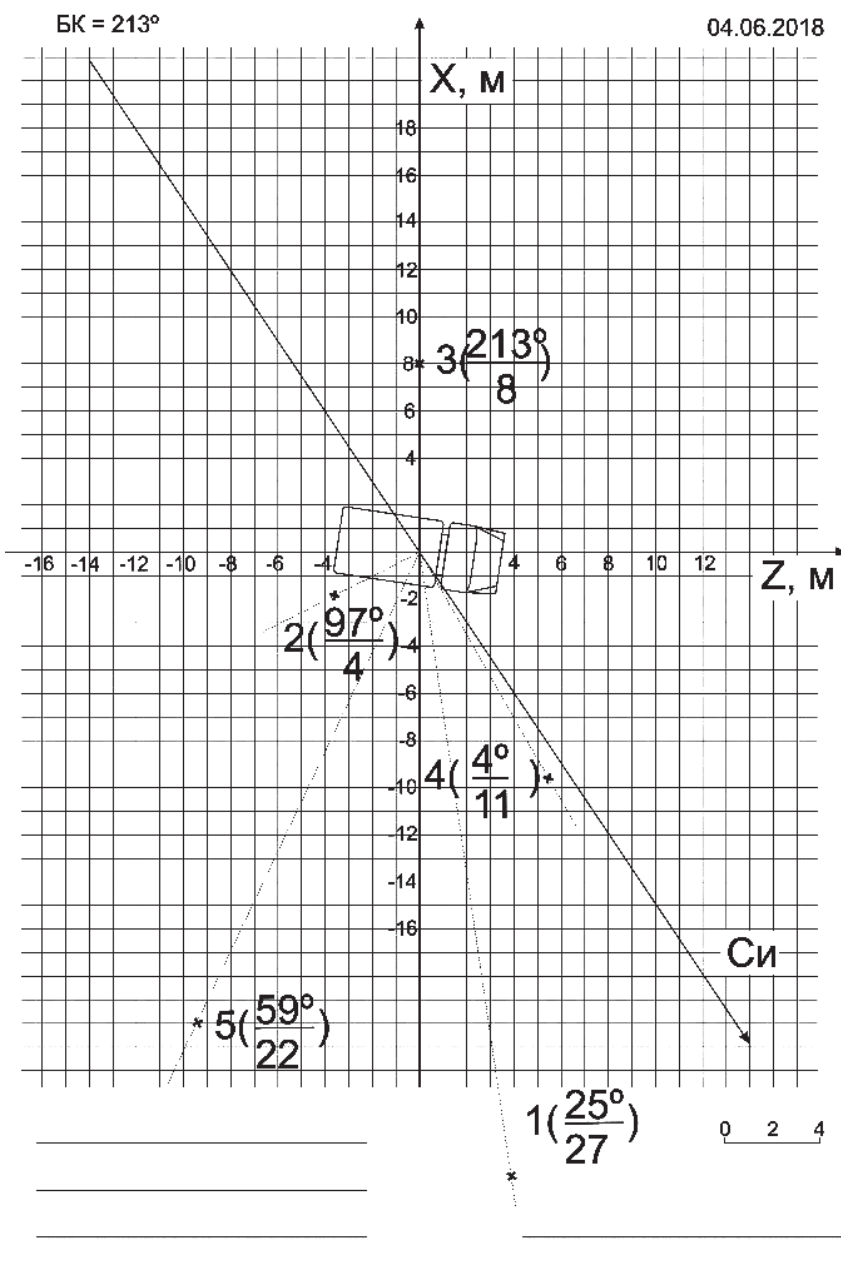


Рис. 3. Схема результатов применения СНК

верстие диаметром 10 см, что позволяет сделать вывод о возможности уничтожения аппаратуры и личного состава, находившегося в таких объектах, как «аппаратная пункта управления», «аппаратная радиолокационная станция наведения», «автомобиль связи и управления» и др.

Выводы

В ходе летных и баллистических испытаний проведена экспериментальная оценка возможностей БПЛА БД по доставке свободнопадающих неуправляемых контейнеров. Систематизированы полученные результаты сброса СНК, которые могут быть использованы для разработки математического обеспечения систем управления БПЛА БД в ударном варианте при разработке алгоритмов прицеливания.

Полученные результаты подтверждают эффективность поражения свободнопадающими неуправляемыми контейнерами с боеприпасами типа гранаты РГО живой силы противника и уязвимых (легкобронированных) наземных объектов. Точность применения СНК с экспериментального БПЛА БД в ударном варианте по наземным объектам, по результатам полученных статистических данных и предварительным расчетам, составила 8–10 м.

Продолжительность полета и крейсерская скорость экспериментального БПЛА БД обеспечивает его применение на расстоянии 30 км и более от места старта (с учетом емкости тяговой аккумуляторной батареи, а также резерва на маневрирование в районе цели).

Полученные статистические данные применения экспериментального БПЛА БД для поражения свободнопадающими неуправляемыми контейнерами наземных объектов могут быть использованы при последующей разработке методики оценки эффективности применения экспериментального БПЛА БД в ударном варианте для поражения наземных объектов и подтверждают возможность распространения способа совместных действий БПЛА и оперативно-тактической авиации [7] на условный класс БПЛА ближнего действия.

Библиографический список

1. Евдокименков В.Н., Красильщиков М.Н., Себряков Г.Г. Распределенная система интеллектуального управления группой беспилотных летательных аппаратов в едином информационно-управляющем поле // 10-я Всероссийская мультikonференция по проблемам управления (МКПУ-2017, Дивноморское, 11–16 сентября 2017): Сб. тезисов докладов в 3 томах. Ростов-на-Дону: Южный федеральный

- университет, 2017. Т. 2. Робототехника и мехатроника (РиМ-2017). С. 281-284.
2. Гончаренко В.И., Лебедев Г.Н., Михайлин Д.А., Хухлин Г.Ф. Информационная система непрерывного контроля безопасности полета группы воздушных судов при их сближении // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2018. № 2. С. 117-123.
3. Ким Н.В., Крылов И.Г. Групповое применение БПЛА в задачах наблюдения // IX Всероссийская научно-техническая конференция «Проблемы совершенствования робототехнических и интеллектуальных систем летательных аппаратов» (Москва, 25-27 мая 2005): сборник докладов. М.: Изд-во МАИ, 2012. С. 59-62.
4. Аглямутдинова Д.Б., Сидякин С.В. Алгоритм уточнения границ объекта при инициализации процесса слежения с беспилотного летательного аппарата // Вестник Московского авиационного института. 2018. Т. 25. № 1. С. 109-121.
5. Лупанчук В.Ю. Развитие методов навигационной картографии для контроля позиционирования робототехнических комплексов в пространстве // Вестник Московского авиационного института. 2018. Т. 25. № 1. С. 132-142.
6. Максимов Н.А., Склеймин Ю.Б., Шаронов А.В. Программный комплекс построения маршрута движения беспилотного авиационного комплекса при его перебазировании в зону действия // Вестник Московского авиационного института. 2016. Т. 23. № 3. С. 102-111.
7. Ананьев А.В., Филатов С.В. Обоснование нового способа совместного применения авиации и беспилотных летательных аппаратов малой дальности в операциях // Военная мысль. 2018. № 6. С. 5-13.
8. Петрашко О.И., Панов В.В., Анисимов А.Н. Перспективные возможности боевого применения комплексов с БПЛА тактическими подразделениями СВ, ВДВ и МП // В мире научных открытий. 2015. № 8(68). С. 162-174.
9. Новак К.В., Горохова Е.А., Тофоров М.С. Оценка боевых возможностей беспилотных летательных аппаратов гражданского назначения, применяемых в террористических целях // Роботизация Вооруженных Сил Российской Федерации: сборник трудов II Военно-научной конференции. М.: ГНИИЦРТ, 2017. С. 187-195.
10. Полтавский А.В., Бурба А.А., Семенов С.С., Маклаков В.В., Полохов А.Н., Аверкин А.Е., Бородуля В.М. Оценка эффективности управления комплексами беспилотных летательных аппаратов ударного назначения. – М.: ИПУ РАН, 2009. – 48 с.
11. Шаршаков А.А. Особенности боевого применения БПЛА // Авиационные системы. 2013. № 10. С. 45-47.
12. Зубов В.Н. Современные террористические и асимметричные угрозы // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2018. № 5-6 (119-120). С. 47-57.

13. Фрезе В.Р. Опыт применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами в вооруженных конфликтах // Гуманитарные проблемы военного дела. 2018. № 1(14). С. 106-112.
14. Ерохин Е.И. Малогабаритные БПЛА на военной службе // Авиационные системы. 2013. № 10. С. 47-54.
15. Ерохин Е.И. Малогабаритные БПЛА на военной службе (окончание) // Авиационные системы. 2014. № 1. С. 47-55.
16. Чабанов В.А. Управляемая авиационная бомба для малых БПЛА фирмы Рейтон // Авиационные системы. 2011. № 7. С. 39-40.
17. Чабанов В.А. Пути повышения боевого потенциала БПЛА в будущих военных конфликтах // Авиационные системы. 2013. № 4. С. 14-17.
18. Митрофанов Д.Г., Шишков С.В. Инновационный подход к вопросу обнаружения малогабаритных беспилотных летательных аппаратов // Известия ЮФУ. 2018. № 1(195). С. 28-40.
19. Татаренко Д. С., Корсаков А. А. Алгоритм баллистического обеспечения авиационной прицельной системы на основе полной баллистической модели // Вестник Московского авиационного института. 2017. Т. 24. № 1. С. 103-112.
20. Татаренко Д.С., Шутлов П.В., Ефанов В.В., Роговенко О.Н. Способ определения баллистических характеристик неуправляемых объектов // Вестник Московского авиационного института. 2016. Т. 23. № 3. С. 77-83.
21. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н. Внешняя баллистика: Учебник для студентов вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 2005. — 608 с.
22. Патрикеев С.А. Возможности инновационных систем бортовых измерений при наземных и лётных испытаниях // Вестник Московского авиационного института. 2018. Т. 25. № 1. С. 76-83.
23. Малогабаритные адаптивные антенные решетки четырехэлементные серии «Комета», <http://www.vniir-progress.ru/production/malogabaritnye-adaptivnye-antennye-reshetki-chetyrexelementnye-serii-%20kometa/>

EXPERIMENTAL APPROBATION OF FREE-FALLING UNCONTROLLED CONTAINERS APPLICATION, EMPLOYING SHORT-RANGE UNMANNED AERIAL VEHICLES

Anan'ev A.V.*, Filatov S.V., Petrenko S.P., Rybalko A.G.

*Air force academy named after professor N.E. Zhukovskii and Y.A. Gagarin,
54a, Starykh Bol'shevikov str., Voronezh, 394064, Russia*

** e-mail: sasha303_75@mail.ru*

Abstract

Suppression of enemy's air defense systems by employing small size striking unmanned aerial vehicles (UAV) to reduce the risk of the piloted aircraft fire damaging is a topical task. The world practice of the small-sized UAV application for striking with free-falling uncontrolled containers (FFUC) is a premise for their application. The majority of scientific publications, describing the UAV striking application, are based, in general, on mass media information, combat effectiveness estimation simplified to its lowest limit, expert esteems of the UAV combat effectiveness without their transformation into qualitative estimations. Highly in-depth academic studies are known also. However, they are based on the probabilistic apparatus, which application is impossible due to the lack of probabilistic laws and random values parameters required for the calculations.

Thus, by this time, the full-fledged computational ballistic algorithms for the small size striking UAVs cannot be realized in practice. With account for the above said, practical approbation of the UAV striking application as the most crucial stage of the aviation complexes lifetime is of first and foremost interest.

Thus, the first and most valid method for the UAV striking capabilities estimation is performing experimental ballistic tests. Their results can be employed for such UAVs efficiency estimation in striking variant, and forming tabulated data on FFUC hitting accuracy, parameters spread, according to which firing tables will be composed.

To reach the purpose set in this work, the following problems were defined and solved:

- The target environment was created for refinement of the FFUC practical application employing UAV

- Estimation of FFUC with UAV application in striking embodiment on the land objects with application of the simplified deflection measuring technique and estimates of arguments of the FFUC dispersion was performed;

- Statistical data on experimental UAV application in striking mode while hitting ground objects and the enemy's manpower, for subsequent determination of FFUC dispersion were collected and processed.

A target, simulating the command center of the medium range surface-to-air missile system battery was employed while testing.

Systematized data on the FFUC dropping were obtained according to the results of the work. They can be utilized for mathematical support developing for the command post of the short range UAVs in striking configuration while developing aiming algorithms.

The obtained results confirm the hitting effectiveness of the FFUC equipped with ammunition of "tactical grenades" type of the enemy manpower and vulnerable (light armored) ground objects.

By results of the obtained statistical data and preliminary calculations, the accuracy of the FFUC application was from 8 m to 10 m.

Keywords: unmanned aerial vehicle, free-falling uncontrolled containers, ground objects hitting, experimental flights, zone of guaranteed target killing.

References

- Evdokimenkov V.N., Krasil'shchikov M.N., Sebyakov G.G. *Materialy XX Vserossiiskoi mul'tikonferentsii po problemam upravleniya (MKPU-2017, Divnomorskoe, 11-16 September 2017)*. Sbornik tezisev dokladov v 3 tomakh. Rostov-na-Donu, Yuzhnyi federal'nyi universitet, 2017, vol. 2, pp. 281-284.
- Goncharenko V.I., Lebedev G.N., Mikhailin D.A., Khakhulin G.F. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Aviatsionnaya tekhnika*, 2018, no. 2, pp. 117-123.
- Kim N.V., Krylov I.G. *Materialy IX Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii "Problemy sovershenstvovaniya robototekhnicheskikh i intellektual'nykh sistem letatel'nykh apparatov"*, Moscow, MAI, 2012, pp. 59-62.
- Aglyamutdinova D.B., Sidiyakin S.V. An object bounding box refinement algorithm while the tracking process initialization from the UAV. *Aerospace MAI Journal*, 2018, vol. 25, no. 1, pp. 109-121.
- Lupanchuk V.Y. Navigation cartographic methods development for monitoring robotic complexes positioning in surrounding space. *Aerospace MAI Journal*, 2018, vol. 25, no. 1, pp. 132-142.
- Maximov N.A., Skleimin Y.B., Sharonov A.V. Bundled software for unmanned aerial system flight track development while its re-deployment to operating zone. *Aerospace MAI Journal*, 2016, vol. 23, no. 3, pp. 102-111.
- Anan'ev A.V., Filatov S.V. *Voennaya mysl'*, 2018, no. 6, pp. 5-13.
- Petrashko O.I., Panov V.V., Anisimov A.N. *V mire nauchnykh otkrytii*, 2015, no. 8(68), pp. 162-174.
- Novak K.V., Gorokhova E.A., Toforov M.S. *Materialy II Voенно-nauchnoi konferentsii "Robotizatsiya Vooruzhennykh Sil Rossiiskoi Federatsii"*. Sbornik trudov, Moscow, GNIITsRT, 2017, pp. 187-195.
- Poltavskii A.V., Burba A.A., Semenov S.S., Maklakov V.V., Polokhov A.N., Averkin A.E., Borodulya V.M. *Otsenka effektivnosti upravleniya kompleksami bespilotnykh letatel'nykh apparatov udarnogo naznacheniya* (Effectiveness evaluation of impact-effect unmanned aerial vehicles complexes control), Moscow, IPU RAN, 2009, 48 p.
- Sharshakov A.A. *Aviatsionnye sistemy*, 2013, no. 10, pp. 45-47.
- Zubov V.N. *Voprosy oboronnoi tekhniki. Seriya 16 "Tekhnicheskie sredstva protivodeistviya terrorizmu"*, 2018, no. 5-6(119-120), pp. 47-57.
- Freze V.R. *Gumanitarnye problemy voennogo dela*, 2018, no. 1(14), pp. 106-112.
- Erokhin E.I. *Aviatsionnye sistemy*, 2013, no. 10, pp. 47-54.
- Erokhin E.I. *Aviatsionnye sistemy*, 2014, no. 1, pp. 47-55.
- Chabanov V.A. *Aviatsionnye sistemy*, 2011, no. 7, pp. 39-40.
- Chabanov V.A. *Aviatsionnye sistemy*, 2013, no. 4, pp. 14-17.
- Mitrofanov D.G., Shishkov S.V. *Izvestiya YuFU*, 2018, no. 1(195), pp. 28-40.
- Tatarenko D. S., Korsakov A. A. Aircraft aiming system ballistic support algorithm based on complete ballistic model. *Aerospace MAI Journal*, 2017, vol. 24, no. 1, pp. 103-112.
- Tatarenko D.S., Shutov P.V., Efanov V.V., Rogovenko O.N. Uncontrolled objects ballistic characteristic calculation technique. *Aerospace MAI Journal*, 2016, vol. 23, no. 3, pp. 77-83.
- Dmitrievskii A.A., Lysenko L.N. *Vneshnyaya ballistika* (External ballistics), Moscow, Mashinostroenie, 2005, 608 p.
- Patrikeev S.A. Capabilities of onboard innovation measuring systems while ground and flight tests. *Aerospace MAI Journal*, 2018, vol. 25, no. 1, pp. 76-83.
- Malogabaritnye adaptivnye antennye reshetki chetyrekh elementnye serii "Kometa"*, <http://www.vniir-progress.ru/production/malogabaritnye-adaptivnye-antennye-reshetki-chetyrekh-elementnye-serii-%20kometa/>