

УДК 623.76

Анализ опыта боевого применения групп беспилотных летательных аппаратов для поражения зенитно-ракетных комплексов системы противовоздушной обороны в военных конфликтах в Сирии, в Ливии и в Нагорном Карабахе

Афонин И. Е., Макаренко С. И., Петров С. В., Привалов А. А.

Актуальность. В настоящее время с появлением средних и малых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) задачи их применения против зенитно-ракетных комплексов (ЗРК) противовоздушной обороны (ПВО) в ходе военных конфликтов последних лет существенно актуализировались. Военные специалисты осознали, что применение массированного налета БПЛА на средства ЗРК ПВО ведет к быстрому исчерпанию их боевого ресурса и, как следствие, последующей неспособности этих комплексов решать задачи по своему предназначению. Анализ результатов боевого применения средств ПВО против современных БПЛА показал, что дальность обнаружения ЗРК аппаратурой БПЛА стала сопоставима, а порой и превышает дальность обнаружения БПЛА аппаратурой ЗРК. Размер зоны поражения ЗРК средствами, размещенными на ударном БПЛА, также сопоставим с размером зоны поражения БПЛА. В результате в ходе военных конфликтов в Сирии, в Ливии и в Нагорном Карабахе была выработана новая тактика применения БПЛА, которая позволяет обеспечить гарантированное поражения ЗРК и тем самым осуществить функциональное подавление системы ПВО и обеспечить завоевание превосходства в воздухе. **Целью работы** является систематизация и анализ новой тактики боевого применения групп БПЛА для поражения ЗРК и подавления системы ПВО. **Результаты.** В статье представлены результаты систематизации и анализа опыта боевого применения групп БПЛА для поражения ЗРК ПВО, который позволил вскрыть основные недостатки современных комплексов ПВО, как объектов поражения со стороны БПЛА, а также провести подробный анализ низкого уровня боевой живучести ЗРК в условиях массированного применения против них БПЛА. **Элементами новизны работы** являются обобщение боевого опыта новой тактики применения групп БПЛА для подавления системы ПВО, а также выявление системных недостатков используемых технологических решений в комплексах ПВО, приводящих к снижению их боевой живучести и эффективности в дуэльных ситуациях «ЗРК – БПЛА». **Практическая значимость.** Материал статьи может использоваться для формирования исходных данных для моделирования и исследования боевой эффективности и живучести ЗРК и систем ПВО в условиях применения групп БПЛА. Также, данная статья может быть полезна военным специалистам при оценке параметров группы БПЛА гарантированно вскрывающих и преодолевающих зону ПВО противника при решении своих целевых задач, а также конструкторам, проектирующим системы противодействия БПЛА.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, БПЛА, БЛА, противовоздушная оборона, ПВО, противодействие беспилотным летательным аппаратам, зенитно-ракетный комплекс, зенитный ракетно-пушечный комплекс, зенитно-артиллерийский комплекс, боевая эффективность, боевая живучесть.

Библиографическая ссылка на статью:

Афонин И. Е., Макаренко С. И., Петров С. В., Привалов А. А. Анализ опыта боевого применения групп беспилотных летательных аппаратов для поражения зенитно-ракетных комплексов системы противовоздушной обороны в военных конфликтах в Сирии, в Ливии и в Нагорном Карабахе // Системы управления, связи и безопасности. 2020. № 4. С. 163-191. DOI: 10.24411/2410-9916-2020-10406

Reference for citation:

Afonin I. E., Makarenko S. I., Petrov S. V., Privalov A. A. Analysis of combat experience as groups of unmanned aerial vehicles are used to defeat anti-aircraft missile means of the air defense system in Syria, Libya and Nagorno-Karabakh wars. *Systems of Control, Communication and Security*, 2020, no. 4, pp. 163-191 (in Russian). DOI: 10.24411/2410-9916-2020-10406

Введение

В настоящее время с появлением средних и малых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) тактика их применения против зенитно-ракетных комплексов (ЗРК) противовоздушной обороны (ПВО) в ходе военных конфликтов последних лет существенно изменилась. Опыт последних военных конфликтов свидетельствует, что применение массированного налета БПЛА на средства ЗРК ПВО ведет к быстрому исчерпанию боевого ресурса ЗРК и последующей их неспособности отразить удар уже пилотируемой авиации, а также крылатых ракет высокоточного оружия (ВТО).

Анализ результатов боевого применения в ходе военных конфликтов последних лет средств ПВО против современных БПЛА показал, что они из средств защиты постепенно стали объектами «охоты» для БПЛА противника. Так, например, дальность обнаружения зенитных ракетно-пушечных комплексов (ЗРПК) аппаратурой БПЛА стала сопоставима, а порой и превышает (при воздействии преднамеренных помех) дальность обнаружения БПЛА аппаратурой ЗРПК. Кроме того, опыт применения БПЛА в ходе военных конфликтов в Сирии, Ливии и в Нагорном Карабахе показал, что БПЛА применяются в составе групп, решающих как разведывательные, так и ударные задачи одновременно. Воздействие же помех приводит как к снижению дальности обнаружения БПЛА со стороны радиолокационной станции (РЛС) ЗРПК, так и к снижению вероятности правильного целеуказания зенитным управляемым ракетам (ЗУР). В результате размер зоны поражения ЗРПК средствами, размещенными на ударном БПЛА, также оказывается сопоставим с размером зоны поражения БПЛА.

В результате военного противостояния в Сирии, в Ливии и в Нагорном Карабахе была выработана новая тактика применения БПЛА – применение легких и дешевых БПЛА массированно, группами, под прикрытием более тяжелых разведывательных БПЛА, оборудованных средствами радиолокационной (РЛР), оптико-электронной разведки (ОЭР) и комплексами радиоэлектронного подавления (РЭП), в рамках решения задач поражения ЗРК и ЗРПК систем ПВО. Анализ боевого применения показал неадекватно низкий уровень боевой живучести ЗРПК, в условиях массированного применения БПЛА.

Независимо от того, как будет складываться дальнейшее развитие событий в военных конфликтах, налицо тенденция повышения эффективности применения БПЛА для подавления ПВО, завоевания господства в воздухе и поражения основных сухопутных средств вооружения. Это позволяет сделать вывод о возможной близкой смене стратегии ведения войн, в части применения БПЛА. В войнах ближайшего будущего возможно массовое многоэтапное и многоэшелонированное применение групп легких разведывательных и разведывательно-ударных БПЛА, а также «БПЛА-камикадзе».

Дальнейшее развитие тактики группового применения БПЛА существенно усложнит условия функционирования ЗРК и ЗРПК, а также потребует кардинального пересмотра идеологии создания систем ПВО [1].

Вопросы исследования эффективности и живучести систем ПВО в дуэльном противоборстве «БПЛА – ЗРК» рассматривались в работах: [2-6]. Данную проблематику рассматривали также отечественные ученые Ростопчин В. В. [1], Аминов С. [7], Лопаткин Д. В. [8], Шишков С. В. [9]. Однако, подавляющая часть этих работ, посвящена отдельным частным аспектам теоритических исследований вышеуказанных вопросов и не обобщает реальное изменение тактики применения БПЛА в период 2018-2020 г. в военных конфликтах этого периода.

Целью работы является систематизация и анализ новой тактики боевого применения групп БПЛА для поражения ЗРК и подавления системы ПВО в военных конфликтах в Сирии, в Ливии и в Нагорном Карабахе в период за 2018-2020 гг.

Ввиду большого объема материал данной статьи был декомпозирован на следующие разделы.

1. Тактико-технические характеристики (ТТХ) ЗРК и ЗРПК системы ПВО.
2. Краткая характеристика БПЛА, применяемых против ЗРК и ЗРПК системы ПВО.
3. Результаты боевого применения групп БПЛА против ЗРК и ЗРПК системы ПВО.
 - 3.1. Война в Сирии.
 - 3.2. Война в Ливии.
 - 3.3. Война в Нагорном Карабахе.
4. Моделирование групповой атаки БПЛА на ЗРПК.

Данная статья продолжает и развивает цикл исследований авторов по повышению эффективности системы ПВО в условиях информационного конфликта со средствами воздушно-космического нападения [10-13].

1. ТТХ ЗРК и ЗРПК системы ПВО

Рассматривая ЗРК и ЗРПК систем ПВО необходимо остановиться на тех комплексах, которые, во-первых, принимали участие в рассматриваемых военных конфликтах, во-вторых, по заявлению их производителей, могут эффективно противодействовать БПЛА: ЗРПК «Панцирь-С1», ЗРК «Стрела-10М3» и «Оса» [7].

Перспективным комплексом ПВО, который специально ориентирован на борьбу с БПЛА, является ЗРПК «Панцирь-С1» (рис. 1).

Данный комплекс способен обнаруживать воздушные цели с малым ЭПР на дальностях до 20 км и поражать их с использованием как ракетного, так и скорострельного пушечного вооружения. Дальность поражения ракетного вооружения 2,5-20 км на высотах 0,015-10 км. Дальность поражения пушечного вооружения 0-3 км на высотах 0,2-4 км. Количество одновременно обстреливаемых воздушных целей – 2. Время реакции 4-8 с [7, 14, 15].

В 2019 г. был представлен прототип новой версии этого ЗРПК – «Панцирь-СМ», при этом окончательная разработка комплекса должна быть завершена в 2021 г. ЗРПК «Панцирь-СМ» будет оснащен новой радиолокационной

станцией (РЛС) на основе фазированной антенной решетки (ФАР) с повышенными показателями по дальности обнаружения целей (до 75 км), их селекции и помехозащищенности. Комплекс получит новую ЗУР со скоростью полета примерно 3000 м/с против 1300 м/с, у существующего «Панцирь-С1». Предполагается повышение возможностей по поражению целей: по дальности – до 40 км, по высоте – до 15 км (для целей со скоростью не более 2 км/с). Возможно, комплекс будет представлен в двух вариантах исполнения – в оснащении только ЗУР и в варианте с ракетно-пушечным вооружением. В первом варианте боекомплект комплекса «Панцирь-СМ» составит 24 ЗУР, во втором – 12 ЗУР. Помимо этого, разработчиками рассматривается возможность создания небольших ЗУР, предназначенных для поражения микро БПЛА типа «квадрокоптер», а также минометных мин и снарядов реактивных систем залпового огня (РСЗО) [16].



Рис. 1. ЗРПК «Панцирь-С1»

Другим комплексом ПВО, ориентированным на борьбу с БПЛА, является ЗРК «Стрела-10М3» (рис. 2). ЗРК «Стрела-10М3» может поражать воздушные цели на высотах 0,01-3,5 км и на дальности 0,8-5 км (с вероятностью поражения одной ЗУР 0,3-0,6). Время реакции комплекса 7-10 с [14]. ЗРК «Стрела-10М3» оснащен 8 высокоскоростными двухступенчатыми ЗУР малой массы. Головка самонаведения (ГСН) ЗУР включает в свой состав 3 приемника в разных спектральных диапазонах: инфракрасный (ИК), фотоконтрастный (ФК) и помеховый с логической выборкой цели на фоне оптических помех по траекторным и спектральным признакам, что значительно увеличивает помехозащищенность ЗРК. Таким образом обеспечивается более устойчивая работа ГСН и контура управления ЗУР в целом в разных режимах пуска ракеты и полета в зависимости от фоновой (помеховой) обстановки [14].

ЗРК «Оса» (рис. 3) предназначен для перехвата стандартной номенклатуры воздушных целей на дальности 1,5-10 км, на высоте до от 25 м до 5 км. Дальность обнаружения цели – до 45 км. Боекомплект – 6 ЗУР. Вероятность поражения одной ЗУР воздушной цели типа «самолет» – 0,5-0,85. Время реакции – 16-26 с [14]. При этом особенностью ЗРК «Оса», как показал опыт его боевого применения в войнах в Югославии и в Ливии, является низкая эффективность перехвата целей с низким ЭПР (в частности – БПЛА) и низколетящих целей на высоте до 50 м.



Рис. 2. ЗРК «Стрела-10М3»



Рис. 3. ЗРК «Оса»

2. Краткая характеристика БПЛА, применяемых против ЗРК и ЗРПК системы ПВО

В настоящее время наиболее технологически развитыми странами разработано большое количество БПЛА различного функционального назначения, однако в рамках данной статьи остановимся на рассмотрении тех БПЛА, которые принимали участие в рассматриваемых военных конфликтах для подавления средств ПВО: БПЛА Bayraktar TB2, Anka, Heron TP, Hermes 450, AeroStar, Orbiter-3, барражирующие «БПЛА-камикадзе» Sky Striker, Harop и Orbiter-1K.

БПЛА Bayraktar TB2 (рис. 4) – это ударный БПЛА турецкого производства, который относится к классу тактических средневысотных БПЛА с большой продолжительностью полета. Bayraktar TB2 имеет четыре точки подвески, на которых могут быть расположены 4 управляемые противотанковые ракеты UMTAS, способные поражать цели на расстоянии до 8 км. Для визуального управления на этот БПЛА устанавливается либо оптико-электронная система (ОЭС), оснащенная ИК-сенсорами, несколькими камерами и лазерным дальномером, либо РЛС с активной ФАР (АФАР) с радиолокационным синтезированием апертуры. Планер БПЛА выполнен из современных композитных материалов (большая часть из углепластика). ЭПР данного БПЛА составляет порядка 0,01-0,1 м² [17]. Максимальная скорость полета БПЛА Bayraktar TB2 – 220 км/ч, крейсерская скорость полета – 130 км/ч. Радиус действия составляет 150 км. Практический потолок, заявленный разработчиками, составляет 8,2 км, рабочая высота полета – 5,5 км. Максимальная продолжительность полета БПЛА может достигать 27 ч.



Рис. 4. БПЛА Bayraktar TB2

БПЛА Anka-A/B (рис. 5) – семейство многоцелевых БПЛА турецкого производства (А – разведывательный, В – ударный), изготовленных по большей части из композитных материалов. БПЛА оснащен системой технического зрения высокого разрешения с ИК-камерой, лазерным целеуказателем-дальномером, РЛС с синтезированной апертурой, системой спутниковой связи, а также защищенной системой передачи данных и бортовым компьютером. Применение системы спутниковой связи Turksat предназначено для управления БПЛА вне зоны прямой радиовидимости, что позволит применять БПЛА на дальностях в несколько тысяч километров.



Рис. 5. БПЛА Anka

БПЛА Anka-S (где S от англ. Saldirim – «штурмовой») оснащен турецкой пусковой установкой Roketsan с двумя управляемыми боеприпасами MAM-L и контейнером с четырьмя малогабаритными 2,75-дюймовыми управляемыми ракетами CIRIT. Вооружение размещено на подкрыльевых узлах подвески БПЛА. Боеприпас MAM-L разработан на базе противотанковой ракеты UMTAS для применения с борта БПЛА. Дальность поражения цели такими боеприпасами составляет порядка 8 км. Также в зарубежных СМИ отмечается возможностью применять корректируемые авиационные бомбы Jdam с дальностью пуска

28 км и крылатые ракеты с дальностью пуска до 250 км [17]. Крейсерская скорость полета – 200 км/ч. Радиус действия составляет 200 км, ограниченный прямой радиовидимостью системы управления. В перспективе планируется перейти на спутниковую систему управления. Практический потолок – 9,1 км. Максимальная продолжительность полета БПЛА – 24 ч. Полезная нагрузка БПЛА Anka-S – 200 кг.

БПЛА Heron TP (рис. 6) – многоцелевой всепогодный БПЛА израильского производства, с длительностью непрерывного полета порядка 36 ч на высоте до 13,7 км; радиус действия (без дозаправки) – не менее 7400 км. БПЛА Heron TP разработан в 2-х вариантах – разведывательном и разведывательно-ударном. БПЛА может нести широкий набор аппаратуры: оптико-электронные и ИК-системы, станции радио- и радиотехнической разведки, малогабаритную РЛС и т.д. Кроме того, в качестве полезной нагрузки на борту БПЛА могут размещаться средства РЭБ, а на разведывательно-ударном варианте – ударные средства. Масса полезной нагрузки может достигать 1000 кг [18].



Рис. 6. БПЛА Heron TP

БПЛА Hermes 450 (рис. 7) – многоцелевой разведывательный БПЛА израильского производства, предназначенный для ведения наблюдения, патрулирования с воздуха, разведки и поддержки коммуникаций в полевых условиях, кроме того, он может нести ракеты «воздух-земля». Фюзеляж изготовлен полностью из композитных материалов. БПЛА, как правило, оборудуется ОЭС видовой разведки Elbit Compass под фюзеляжем, но БПЛА также может нести и РЛС с синтезированной апертурой, РЛС для морского патрулирования и плюс системы оптико-электронной и радиотехнической разведки и подавления средств связи. Максимальная скорость полета – 176 км/ч; крейсерская скорость – 130 км/ч. Радиус действия – 200 км. Практический потолок – 6,1 км. Продолжительность полёта – 14 ч [19].



Рис. 7. БПЛА Hermes 450

Sky Striker (рис. 8) – барражирующий «БПЛА-камикадзе», производимый израильской компанией Elbit Systems. Аппарат сочетает в себе возможности разведывательного БПЛА и ударного боеприпаса, удаленно управляется оператором и может находиться в воздухе до 2 ч. При выявлении цели оператор может направить Sky Striker на нее под различными углами (тяжелая бронетехника может атаковаться вертикально, укрепления – в брешу или смотровые отверстия). Масса Sky Striker составляет 35 кг, из которых от 5 до 10 кг приходится на боеголовку (ее тип может изменяться в зависимости от специфики боевой задачи). Максимальная скорость полета может достигать 185 км/ч, а при пикировании на цель – до 500 км/ч. Оператор БПЛА может прервать атаку и повторить ее на известные, или вновь обнаруженные цели. На любом этапе полета «БПЛА-камикадзе» можно вернуть к месту старта и посадить с использованием парашюта и амортизирующего надувного мешка [20].



Рис. 8. Барражирующий боеприпас Sky Striker на пусковой установке

Нарор (рис. 9) – израильский разведывательно-ударный БПЛА. В носовом обтекателе БПЛА была размещена аппаратура прицеливания, а также гиростабилизированная платформа с вращающимся на 360 градусов блоком датчиков. В состав оборудования БПЛА Нарор входит двухканальная ОЭС (ТВ и ИК каналы), система радиотехнической разведки (РТР), а также РЛС небольшой мощности. Таким образом, БПЛА Нарор может выполнять не только ударные, но и разведывательные задачи. Особенностью этого БПЛА является то, что при обнаружении цели оператор может дать команду на поражение этой цели, т.е. БПЛА Нарор может применяться как «БПЛА-камикадзе». Одной из задач основных задач этого БПЛА является борьба с комплексами ПВО противника. Максимальная скорость полета – 417 км/ч; крейсерская скорость – 185 км/ч. Радиус действия – 200 км. Практический потолок – 3 км. Продолжительность полёта – 6-9 ч [21].



Рис. 9. БПЛА Нарор

БПЛА Aerostar (рис. 10) – разведывательный БПЛА, производимый на предприятии Azad Systems в Баку с частичной локализацией сборки по лицензии израильской фирмы Aeronautics Defense Systems. В бортовой комплекс БПЛА входят средства связи и сменная полезная нагрузка. В штатном варианте БПЛА оборудован ОЭС видимого и ИК диапазонов. Максимальная скорость полета – 206 км/ч; крейсерская скорость – 102 км/ч. Радиус действия – 250 км. Практический потолок – 5,5 км. Продолжительность полёта – 12 ч [22].

БПЛА Orbiter-1K (рис. 11) – малый БПЛА, производимый израильской компанией Aeronautics Defense Systems и стоящий на вооружении азербайджанской армии. Может использоваться в роли разведчика или барражирующего боеприпаса. При выполнении полета по маршруту БПЛА обнаруживает заданную цель и наносит по ней удар бортовым боеприпасом. Если не найдено подходящей цели, БПЛА возвращается на место запуска и спускается на парашюте, по-

сле чего может быть снова подготовлен к вылету. В командном режиме с возможностью возвращения радиус действия БПЛА составляет 50 км. БПЛА Orbiter-1К устойчив к способам РЭП, использующих подмену навигационных сигналов и имеет функцию автоматического возвращения на базу с отключением системы получения внешнего сигнала. Этот ударный БПЛА создан на основе Orbiter-2М и имеет вес 10 кг, из которых 2,5 кг – боеголовка с 4000 вольфрамовыми поражающими элементами. БПЛА оснащен электродвигателем, который обеспечивает продолжительность полета в 2-3 ч со скоростью 65-100 км/ч, высота полета – 4,5 км [22].



Рис. 10. БПЛА Aerostar, установленный на ГАЗ Садко, на военном параде Вооруженных сил Азербайджанской республики [22]



Рис. 11. Запуск мини-БПЛА Orbiter

БПЛА Orbiter-3 – малый разведывательный БПЛА, который также, как и БПЛА Aerostar, производится на предприятии Azad Systems в г. Баку с частичной локализацией сборки по лицензии израильской фирмы Aeronautics Defense

Systems. Orbiter-3 способен нести широкий спектр оборудования, в том числе ОЭС TD-STAMP. ОЭС TD-STAMP включает в себя CCD-камеру, охлаждаемый тепловизор с высокими характеристиками (FLIR) и лазерный целеуказатель. Оборудование ОЭС весом в 5 кг размещено на компактной гиростабилизированной мини-платформе. Максимальная скорость полета БПЛА – 130 км/ч; крейсерская скорость – 55 км/ч. Радиус действия – 100 км. Практический потолок – 5,5 км. Продолжительность полёта – 7 ч [22, 23].

3. Результаты боевого применения групп БПЛА против ЗРК и ЗРПК системы ПВО

Проведем анализ опыта боевого применения групп БПЛА против ЗРК и ЗРПК системы ПВО в последних военных конфликтах в Сирии, в Ливии, и в Нагорном Карабахе в период 2017-2020 гг.

3.1. Война в Сирии

Боевой опыт противоборства «БПЛА – ЗРК» между ЗРПК «Панцирь-С1», стоящего на вооружении войск Сирии, и турецкими БПЛА Bayraktar TB2 и Anka в 2017-2019 г. в войне в Сирии представлен в работах [17, 24].

В работе [17] проведен анализ «дуэльного» боевого противоборства между ЗРПК «Панцирь-С1» и турецких БПЛА Bayraktar TB2 и БПЛА Anka.

Боевое применение БПЛА Bayraktar TB2 предполагает выполнение двух основных типов задач: разведывательную и ударную. При выполнении задачи разведки БПЛА ведет полет на высоте порядка 6 км. В этом случае РЛС «Панциря-С1» сможет обнаружить данный БПЛА на расстоянии по горизонтали минимально за 7 км. При наиболее удачном стечении обстоятельств – на расстоянии до 15,3 км. Дальность, на которой ЗРПК «Панцирь-С1» будет обнаружен ОЭС БПЛА Bayraktar TB2 зависит от различных параметров: степени освещенности, атмосферных помех, применения маскировки, конфигурации камер ОЭС и пр. В качестве ОЭС БПЛА Bayraktar TB2 используется американский военный модуль Wescam CMX-15D. Камеры этого ОЭС позволяют обнаружить цель типа «танк», по некоторым данным, на расстоянии до 80 км. На расстоянии 20 км разрешение этого ОЭС позволяет рассмотреть в кабине водителя. Очевидно, что ОЭС БПЛА Bayraktar TB2 значительно превосходит возможности обнаружения ЗРПК «Панцирь-С1» в связи с чем БПЛА может вскрыть факт нахождения ЗРПК за пределами радиуса поражения его ЗУР. ОЭС Wescam CMX-15D также оснащена лазерными дальномерами с дальностью до 20 км. Таким образом, с дальности в 20 км, то есть на дальности сопоставимой с дальностью средств обнаружения ЗРПК, БПЛА имеет возможность точно определить его местоположение и выдать по нему целеуказание на применение ударных средств. Несомненно, эффективность ОЭС БПЛА зависит от атмосферных факторов, уровня маскировки ЗРПК и прочих факторов, но в целом, весьма вероятно ситуация что БПЛА вскроет местоположение ЗРПК первым и захватит инициативу в ведении противоборства. Дальнейший сценарий действий БПЛА предполагает маневр по вхождению в зону поражения ЗРПК, оперативное сближение на расстояние до 8 км (дальность пуска ракет UMTAS), пуск ракет

по ЗРПК, выполнение маневра возврата. Кроме того, опыт применения турецкими военнослужащими БПЛА предполагает, что БПЛА будут применяться в группе, а поддержку их действий будут осуществлять комплексы РЭП KORAL и REDET EW. Воздействие помех приведет к снижению как дальности обнаружения БПЛА со стороны РЛС ЗРПК «Панцирь-С1», так и к снижению вероятности правильного целеуказания ЗУР. Это, в целом, снизит вероятность поражения БПЛА в момент его входа в зону поражения ЗРПК и пуска ракет. Опыт боевого применения ЗРПК «Панцирь-С1» в Ливии показал, что ЗРПК «Панцирь-С1», в силу определенных конструктивных недостатков его РЛС, в условиях помех обеспечивает высокую вероятность поражения БПЛА исключительно на относительно небольших дальностях – порядка 4-6 км [17].

Если рассматривать случай, когда БПЛА Bayraktar TB2 вместо ОЭС оснащен РЛС, то тут БПЛА получает ряд преимуществ. Так мини-РЛС с АФАР «Picosar» на БПЛА Bayraktar TB2 обеспечивает сканирование местности с разрешением в 1 м на дальности 20 км. На дальности 14 км эта РЛС обеспечивает разрешение 0,3 м, что позволит БПЛА гарантированно вскрыть местонахождение ЗРПК «Панцирь-С1» и обеспечить целеуказание своим управляемым ракетами [17].

Рассматривая вопрос противоборства ЗРПК «Панцирь-С1» и БПЛА Anka отметим следующее. БПЛА Anka по сравнению с БПЛА Bayraktar TB2 обладает меньшей ЭПР, более эффективной РЛС на основе АФАР, большей высотой полета (до 12 км) и возможностью применять авиационные бомбы Jdam с дальностью пуска 28 км и крылатые ракеты с дальностью пуска до 250 км. Такие ТТХ позволяют БПЛА Anka успешно поражать ЗРПК «Панцирь-С1» не входя в зону действия его средств обнаружения и поражения [17].

В работе [24] проведен анализ влияния на эффективность ЗРПК «Панцирь-С1» слаженности и оперативности действия экипажа, а также боевой эффективности этого ЗРПК в условиях группового применения БПЛА в реальных боевых условиях. Показано, что, в целом, преимущество в зоне поражения, в «дуэльном» противоборстве ЗРПК «Панцирь-С1» – БПЛА Bayraktar TB2, на стороне «Панцирь-С1». Однако это преимущество может быть реализовано только если ЗРПК находится в режиме боевого дежурства, его РЛС успешно вскрыла факт полета БПЛА, взяла его на сопровождение, и готова выдать целеуказание ЗУР при входе БПЛА в зону поражения. Однако в практике боевых действий зачастую складывается ситуация, когда ЗРПК в момент обнаружения его БПЛА либо находится «на марше», либо один ЗРПК атакуется несколькими ударными БПЛА. В этих случаях резко возрастает роль человеческого фактора – способности боевого расчета ЗРПК оперативно и адекватно отреагировать на складывающиеся ситуацию. Нормативное время боевого развертывания ЗРПК «Панцирь-С1» составляет 4,5 мин, однако в реальных боевых условиях оно может быть значительно дольше. Зачастую этого времени вполне достаточно для вхождения БПЛА Bayraktar TB2 в зону поражения ЗРПК (18 км) и выход на рубеж пуска своих ракет (ракеты UMTAS с дальностью поражения 8 км). Другим проблемным фактором, снижающим боевую эффективность ЗРПК, является то, что среднее число БПЛА одновременно атакующих ЗРПК в реальных боевых

условиях составляет три и более, причем БПЛА атакуют ПЗРК одновременно и с разных направлений. В вышеуказанных условиях экипаж ЗРПК «Панцирь-С1», по опыту боевых действий в Ливии и Сирии, либо расходовал весь боезапас (12 ЗУР) при появлении «головных» БПЛА первого ударного эшелона, в то время как БПЛА второго эшелона успешно применяли свои ракеты по ПЗРК, либо ЗРПК «Панцирь-С1» попросту не был развёрнут в боевое положение [24].

В результате военного противостояния в Сирии, Турция вывела тактику применения своих БПЛА на новый уровень. Во-первых, ударные БПЛА стали на постоянной основе применяться против личного состава и средств вооружения регулярной армии – вооруженных сил Сирии, а не против иррегулярных воинских формирований. Во-вторых, была выработана тактика применения ударных БПЛА Bayraktar TB2 массированно, группами, под прикрытием более тяжелых разведывательных БПЛА Anka, оборудованных средствами РЛР, ОЭР и комплексами РЭП, в рамках решения задач поражения ЗРК и ЗРПК систем ПВО. По утверждению турецких средств массовой информации (СМИ), средствам РЭП, размещенным на БПЛА Anka почти всегда удавалось успешно подавлять РЛС ЗРПК «Панцирь-С1», что позволяло ударным БПЛА Bayraktar TB2 входить в зону поражения этих ЗРПК и успешно их атаковать [25].

По неподтвержденным данным, по информации СМИ противостоящих сторон, в ходе военной операции турецких войск в Сирии в период с сентября 2019 г. по сентябрь 2020 г. в дуэльных ситуациях «БПЛА – ЗРПК» было сбито порядка 20 БПЛА Bayraktar TB2 и Anka, при этом потерянно 8 ЗРПК «Панцирь-С1». Однако можно предположить, что эти данные были завышены в пропагандистских целях. По сообщениям официальных лиц, а также по подтвержденным данным, за этот период было сбито 10 БПЛА Bayraktar TB2 и Anka и потеряно 2 ЗРПК «Панцирь-С1» [26, 27]. Вместе с тем, даже если ориентироваться на официально подверженные потери, размен 1 ЗРПК «Панцирь-С1» на 5 БПЛА подтверждает неадекватно низкий уровень боевой живучести ЗРПК, в условиях массированного применения БПЛА.

Таким образом, можно констатировать, что группы ударных БПЛА из объекта поражения ЗРК, наоборот, становятся эффективными средствами вскрытия и уничтожения системы ПВО противника [25]. В дальнейшем тактические приемы применения БПЛА были развиты в ходе их боевого применения в Ливии и в Нагорном Карабахе.

3.2. Война в Ливии

Опыт боевого применения российских ЗРК и ЗРПК против турецких БПЛА Bayraktar TB2 и Anka в войне в Ливии в 2019 г., представлен в работе [25]. Первые турецкие ударные БПЛА Bayraktar TB2 летом 2019 г были поставлены Правительству национального согласия (ПНС) Ливии, ведущего борьбу с силами маршала Х. Хафтара, на вооружении которых, в свою очередь, имелись ЗРПК «Панцирь-С1». Массированное применение, как и в Сирии (группировка БПЛА могла насчитывать до 40 единиц), этих турецких БПЛА в Ливии предопределило исход решающего сражения за г. Триполи.

По неподтвержденным данным, с мая 2019 г. по июнь 2020 г. по сообщениям противостоящих сторон, силы Х. Хафтара потеряли 15 ЗРПК «Панцирь-С1», уничтоженных БПЛА Bayraktar TB2, которых, в свою очередь, было потеряно 78 единиц. При этом, нужно понимать, что эти данные могут быть завышены относительно реальных потерь. По подтвержденным случаям, за тот же период, было сбито 22-26 БПЛА Bayraktar TB2 и потеряно 9-12 ЗРПК «Панцирь-С1» что, безусловно, гораздо больше, по сравнению с кампанией в Сирии [25, 27, 28].

Причина высоких потерь БПЛА Bayraktar TB2 в том, что, в отличие от Сирии, в Ливии они применялись без поддержки БПЛА Anka, оборудованных комплексами РЭП, и, в большинстве случаев, без поддержки наземных комплексов РЭП. Для снижения вероятности обнаружения БПЛА Bayraktar TB2 со стороны РЛС ЗРПК они отправлялись на задания по огневой поддержке войск и по прорыву системы ПВО на низких высотах. Результатом этого были большие потери БПЛА, так как лёгкие БПЛА, задействованные для нанесения ударов – это одна из наиболее уязвимых для средств ПВО категория целей. Вместе с тем, противодействие массированному налету таких БПЛА для системы ПВО является не тривиальной задачей. Лёгкие БПЛА, такие как Bayraktar TB2, при работе по переднему краю системы ПВО могут идти на низкой высоте (в несколько сотен метров), оставаясь не обнаруживаемыми для большого числа РЛС ЗРК. Низковысотный полёт БПЛА – это риск, на который необходимо идти для прорыва системы ПВО и потери в этом случае неизбежны. Но в случае применения БПЛА Bayraktar TB2 в Ливии, за неимением других вариантов, такой риск был неизбежен и оправдан тем, что массированное применение групп БПЛА позволяет большей части группы успешно преодолеть зону ПВО и, создав большой численный перевес, уничтожить ЗРК, предварительно заставив последние исчерпать свой боезапас [25].

Вместе с тем, если примерно ориентироваться на вышеуказанные подтвержденные потери, в Ливии был обеспечен обмен 1 ЗРПК «Панцирь-С1» на 2,8 БПЛА, что подтверждает высокую эффективность одновременного массового применения БПЛА для уничтожения ЗРК системы ПВО. При этом БПЛА дешевле и их применение не подразумевает жертв среди личного состава. Основными причинами, по которым ЗРПК несут потери, являются: низкая эффективность алгоритмов управления огнем для отражения массового налета БПЛА с нескольких сторон (этот аспект подробно рассмотрен в разделе 4 данной статьи), слабая подготовка экипажей, нарушение правил эксплуатации и транспортировки, а также пренебрежение основами маскировки. Как отмечается в работе [27], подавляющая часть потерянных ЗРПК «Панцирь-С1» находилась либо на марше, либо они были уничтожены, когда у них закончился боекомплект и они уже не могли обеспечить как свою собственную защиту, так и осуществить прикрытие соседних позиционных районов ПВО от БПЛА противника.

Учитывая вышеуказанные обстоятельства, боевое применение ЗРПК «Панцирь-С1» против БПЛА Bayraktar TB2 в Ливии следует, в целом, оценить как неэффективное, особенно с учётом того, что БПЛА Bayraktar TB2 – это лёгкий БПЛА с ограниченной дальностью применения вооружения, при этом, его

использование в Ливии было лимитировано отсутствием возможности управления БПЛА по спутниковой связи [25]. Подавляющее число потерь ЗРПК произошло по причине успешной реализации против них атаки на истощение ресурса, проводимой путем массированного применения легких БПЛА [27].

3.3. Война в Нагорном Карабахе

Осенью 2020 г. начался военный конфликт между Арменией и Азербайджаном в Нагорном Карабахе. Характерной чертой данного конфликта являлось массированное применение со стороны Азербайджана БПЛА для уничтожения средств вооружения и живой силы Армении.

На вооружение Азербайджана непосредственно перед началом конфликта поступили турецкие БПЛА Bayraktar TB2, оснащённые управляемыми авиабомбами МАМ с лазерным наведением, а также израильские БПЛА Heron TP и Hermes 4507, барражирующие «БПЛА-камикадзе» Sky Striker и Nagor. Кроме того, в Азербайджане, на совместном с Израилем предприятии выпускались БПЛА Aerostar, а также «БПЛА-камикадзе» Orbiter-1K и Orbiter-3 [29].

Армения, в последние годы закупкой БПЛА не занималась. При этом она сама производит разведывательный БПЛА легкого класса «Крунк», который, однако, не предназначен для решения ударных задач. По состоянию на начало конфликта, на вооружении ВС Армении стояли различные системы ПВО советского и российского производства, при этом прикрытие воздушного пространства непосредственно над территорией Нагорного Карабаха обеспечивали ЗРК «Оса» и «Стрела» (рис. 12) [30]. Ранее Армения закупала у России ЗРК «Тор», которые можно было бы эффективно применять против БПЛА, однако на территории Нагорного Карабаха их не размещали [29].

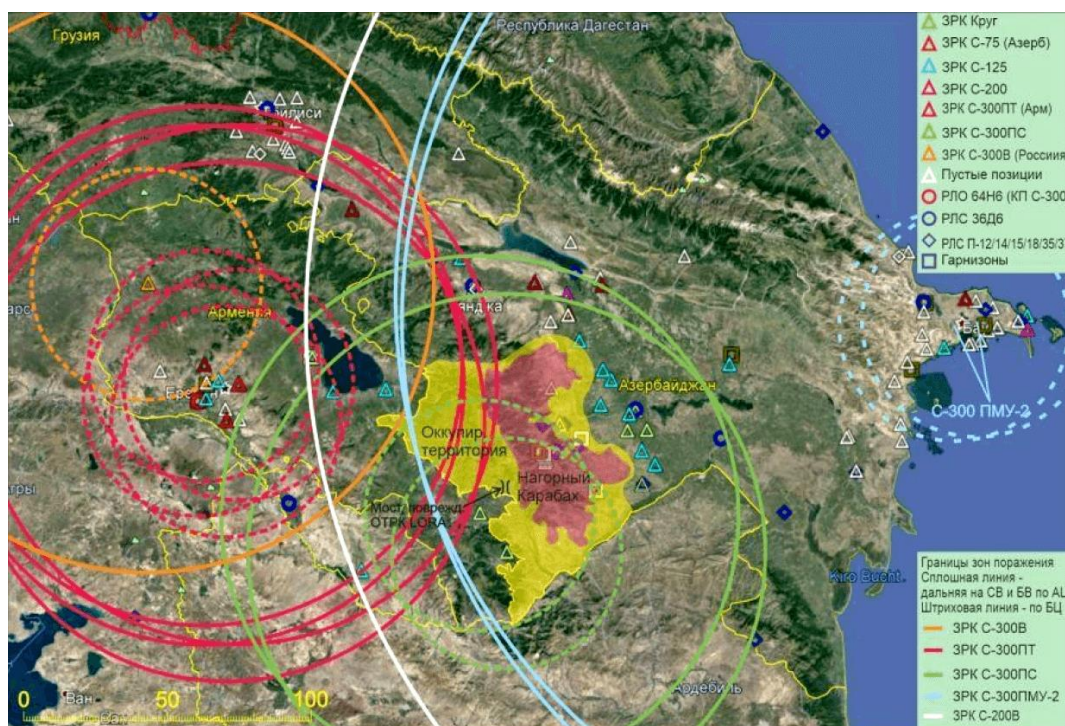


Рис. 12. Размещение средств ПВО на начало военного конфликта в Нагорном Карабахе [30]

Оба этих ЗРК ориентированы, прежде всего, на поражение самолетов и вертолетов армейской авиации и не предназначены для борьбы с БПЛА. Несмотря на это, прошедшие в июне 2020 г. совместные армяно-российские учения войск ПВО, по мнению российских военных специалистов, позволили сделать вывод о высоких боевых качествах этих ЗРК для потенциального противодействия азербайджанским БПЛА. Такой вывод был сделан на основании того, что ЗРК «Оса» успешно перехватила одиночный разведывательный БПЛА Hermes 900 [31].

С началом боевых действий в Нагорном Карабахе, как показано в работах [29, 30, 31], азербайджанские вооруженные силы, при поддержке турецких военных специалистов, развернули массовое групповое применение ударных БПЛА, с учетом опыта применения БПЛА в Сирии и Ливии. Если бы война в Нагорном Карабахе велась бы без БПЛА, армянские системы ПВО были бы вполне адекватны задачам по сдерживанию азербайджанской авиации. Неслучайно, даже получив превосходство в воздухе, Азербайджан очень ограниченно использует свою пилотируемую авиацию, так как остающиеся на вооружении Армении ЗРК до сих пор представляют для них серьезную угрозу. Однако Армения оказалась совершенно не готова к войне с массовым использованием БПЛА, тактику которой хуситы отработали в Йемене, а турки – в Сирии и Ливии.

Результатом массированного применения групп БПЛА Bayraktar TB2, совместно с «БПЛА-камикадзе» Sky Striker, Harop и Orbiter стало практически полное уничтожение армянских ЗРК «Оса» и «Стрела-10», размещенных в Нагорном Карабахе, в первые дни конфликта. Уже в первый день войны по позициям этих ЗРК был нанесен заранее подготовленный удар, который лишил оборону Нагорного Карабаха, по оценкам специалистов, до 80% комплексов ПВО – 6 ЗРК «Оса» и 3 ЗРК «Стрела-10» при потерях в 4 БПЛА [31, 32]. Таким образом, за счет массовости и внезапности применения, обеспечив размен 2,25 ЗРК на 1 БПЛА (!), завоевание превосходства в воздухе дало возможность Азербайджану с помощью БПЛА непрерывно, в круглосуточном режиме, и беспрепятственно атаковать армянские мотострелковые и механизированные части, нанося им существенные потери еще до того, как они вступали в бой с силами Азербайджана. Это значительно облегчило наступление азербайджанской армии и позволило добиться существенных тактических успехов.

При этом, оставшиеся на вооружении Армении комплексы ПВО, такие как С-300ПС и С-300ПТ, в принципе не предназначены для борьбы с БПЛА, в связи с чем они не могут быть эффективно использованы для обороны воздушного пространства Армении и Нагорного Карабаха от этого нового типа угроз. Более того, в результате грамотно спланированной операции силами БПЛА были уничтожены 2 пусковые установки и 2 РЛС из состава ЗРК С-300ПС. По информации СМИ [33, 34] один из уничтоженных ЗРК С-300ПС входил в состав системы ПВО Армении и находился на открытой местности без какого-либо дополнительного прикрытия. Причиной тому послужило то, что на первом этапе военного конфликта Азербайджан использовал самолеты Ан-2 в беспилот-

ном исполнении, чтобы выявить местоположение армянских систем ПВО. Самолеты были сбиты, но это позволило вскрыть местоположение как ЗРК С-300ПС, так и ЗРК ближнего радиуса действия «Оса» и «Стрела-10М3», прикрывающих его. После уничтожения ЗРК ближнего радиуса действия ЗРК С-300ПС остался без прикрытия и пусковая установка 5П85С, а также РЛС типа 36Д6, входящие в состав ЗРК, были поражены с помощью «БПЛА-камикадзе» израильского производства Нагор.

Такое массовое эффективное применение БПЛА для вскрытия и уничтожения сначала системы ПВО, а в дальнейшем – живой силы и вооружения сухопутных войск, которое было использовано в войне в Нагорном Карабахе, встречается в мировой практике впервые и получило в СМИ название «война дронов». Азербайджанская сторона широко растиражировала в СМИ видеозаписи высокоточных ударов БПЛА по армянским позициям. Основные цели ударов – это, прежде всего, средства ПВО, затем – бронетанковые колонны на марше, танки и артиллерия на позициях, реже – склады, хранилища и казармы [29, 30].

После уничтожения основных сил системы ПВО в Нагорном Карабахе армянская сторона оказалась неспособна быстро восполнить их ресурс за счет новых ЗРК. Она оказалась в ситуации, когда противник, завоевав превосходство в воздухе, использует его для достижения стратегического перевеса в войне. Это делает неизбежным рост количества потерь и нарастание проблем в обороне сухопутных войск от массированных ударов БПЛА с воздуха. Экстренные закупки ПЗРК, которые рассматриваются сейчас армянской стороной, являются частной, и не совсем удачной, попыткой решить системную проблему борьбы с БПЛА [30].

Таблица 1 – Приблизительные показатели среднего размена количества уничтоженных БПЛА на количество уничтоженных ЗРК и ЗРПК системы ПВО

Военный конфликт	Показатель размена
Война в Сирии (2017-2019 гг.)	1 ЗРПК за 5 БПЛА
Война в Ливии (2019 г.)	1 ЗРПК за 2,8 БПЛА
Война в Нагорном Карабахе (2020 г.)	2,25 ЗРК за 1 БПЛА

Анализ улучшения показателя размена «БПЛА за ЗРК» (таблица 1) по мере совершенствования тактики группового применения БПЛА позволяет сделать следующие выводы. Независимо от того, как сложится дальнейшее развитие событий в войне за Нагорный Карабах, налицо тенденция повышения эффективности применения БПЛА для завоевания господства в воздухе и поражения основных сухопутных средств вооружения – бронетехники. Это позволяет сделать вывод о возможной близкой смене стратегии ведения войн, в части применения БПЛА. В войнах ближайшего будущего возможно массовое многоэтапное и многоэшелонированное применение групп легких разведывательных и разведывательно-ударных БПЛА, а также «БПЛА-камикадзе». На первом этапе – для разведки противника. На этапе нанесения первого удара – для вскры-

тия и уничтожения средств ПВО, а в дальнейшем – уничтожения самолетов и вертолетов пилотируемой авиации на земле и в воздухе. После завоевания превосходства в воздухе – уничтожения бронетехники и живой силы сухопутных войск, объектов тыла и критической государственной инфраструктуры.

4. Моделирование групповой атаки БПЛА на ЗРПК

Для научно-обоснованного подтверждения возможности успешного поражения ЗРПК группой БПЛА проведено аналитико-имитационное моделирование. В частности, рассмотрена условная задача отражения налёта группы БПЛА на прикрываемый ЗРПК объект. При этом прикрываемый объект представляет собой участок местности, в центре которого находится ЗРПК. Задачей ЗРПК является поражение всех БПЛА, стремящихся войти в зону его ответственности с радиусом 2 км (см. рис. 13), путем применения ЗРПК своих средств поражения.

Моделирование данной тактической задачи представлено в работе [1], а результаты моделирования – на рис. 13.

На удалении 25 км от ЗРПК располагается 10 км зона (светло-зелёное кольцо), из которой одновременно стартует неупорядоченная однородная группа БПЛА. Каждый БПЛА имеет свой номер. Полёт каждого БПЛА осуществляется автономно в секторе 90° и не синхронизируется с другими членами группы. Рассматриваются БПЛА самолётного типа со стартовой массой 10 кг. Дальность обнаружения БПЛА с помощью ОЭС и РЛС, входящих в состав ЗРПК, в зависимости от высоты полёта составляет 1,5-2,5 км. Таким образом, количество воздушных целей составляет 15 единиц, летящих со скоростями от 100 до 300 км/ч на высотах 200-800 м [1].

Среднее значение вероятности поражения одиночной воздушной цели огневыми средствами ЗРПК $P_{\text{пор}} \approx 0,26$. Запас средств поражения ЗРПК составляет 16 единиц: 16 очередей по 100 снарядов или 16 зенитных ракет или их сочетания в разном соотношении. Приоритетность цели p определялось по критерию минимально располагаемого времени t для применения средств поражения ЗРПК [1]:

$$p = \min \left\{ t_i \mid t_i = \frac{D_i \cos \varphi_i}{V_i \cos \Theta_i \cos \psi_i} + \frac{\delta_i}{\omega_{\text{пов}}} \right\},$$

где: D_i – наклонная дальность до i -го БПЛА; φ_i – угол места i -го БПЛА; V_i – скорость полёта i -го БПЛА; Θ_i – угол наклона траектории движения i -го БПЛА; ψ_i – относительный курс полёта i -го БПЛА; δ_i – угол рассогласования оси направленности средства поражения ЗРПК и азимута i -го БПЛА; $\omega_{\text{пов}}$ – угловая скорость поворота оси направленности средства поражения ЗРПК; i – номер БПЛА; p – приоритет воздействия по БПЛА.

Результаты ранжирования БПЛА по критерию приоритетности показаны на рис. 14, а на рис. 15 – требуемые углы доворота осей направленности средств поражения ЗРПК (стволов зенитных пушек или направляющих зенитных ракет) для стрельбы по БПЛА.

Физическое время моделируемого налёта группы БПЛА на прикрываемый объект составило 10 мин.

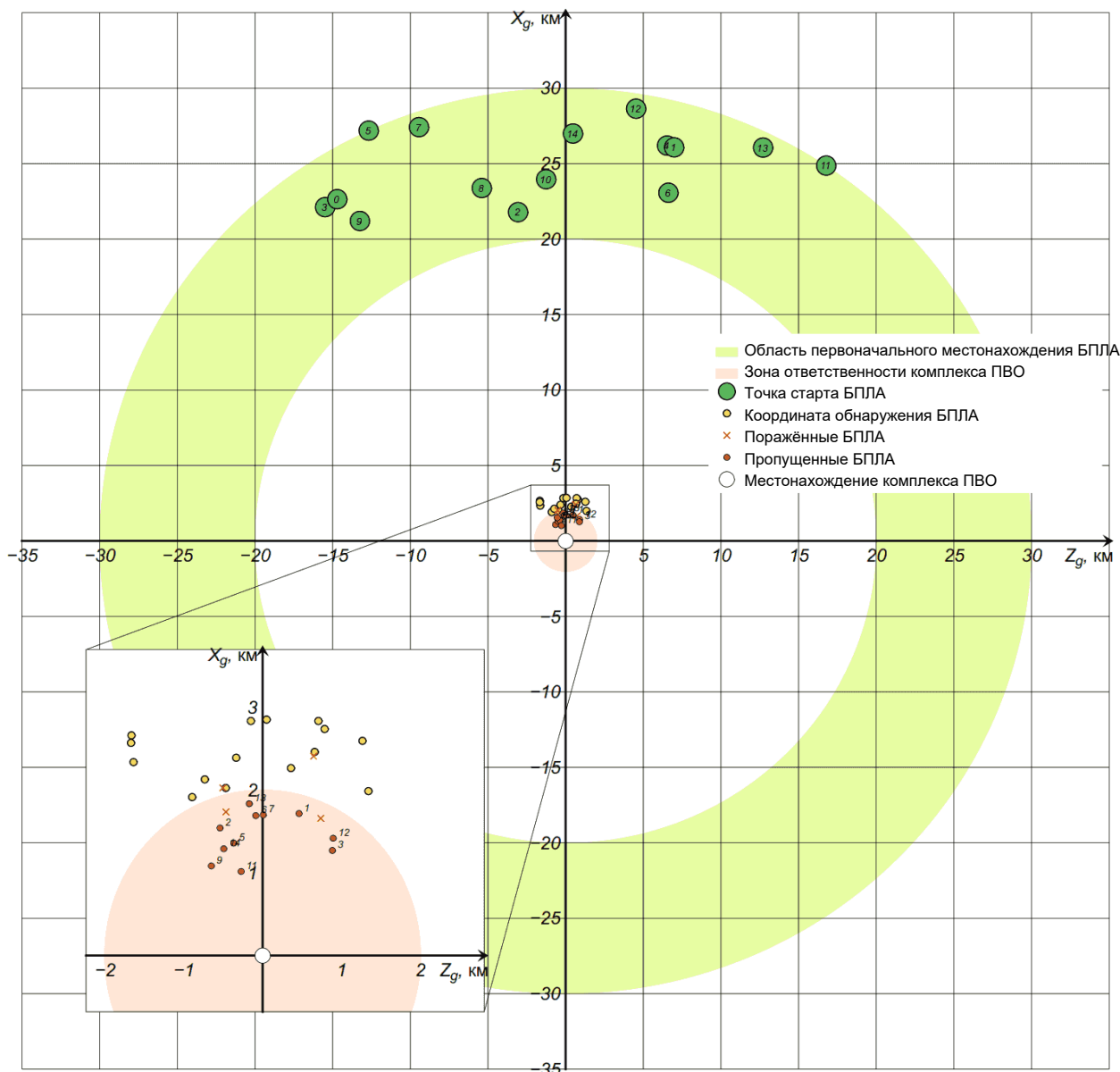


Рис. 13. Результаты моделирования налёта группы БПЛА на ЗРПК [1]

В результате моделирования можно сделать следующие выводы [1]:

- ЗРПК не обеспечил прикрытие объекта: 10 из 15 БПЛА вошли в зону ответственности ЗРПК и смогли применить свои средства поражения;
- большие углы доворота осей средств поражения ЗРПК на первые 10 БПЛА (рис. 15) привели к физической невозможности поражения этих целей;
- ЗРПК израсходовал весь свой боезапас, не выполнив поставленную задачу по прикрытие объекта.

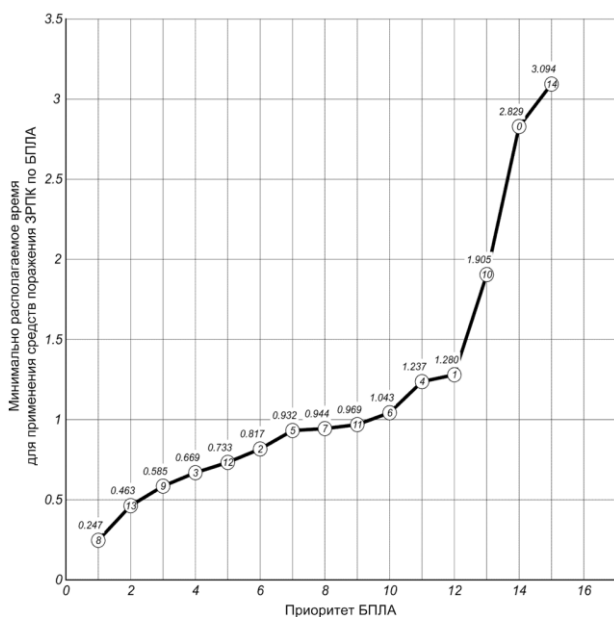


Рис. 14. Результаты распределения приоритетности целей в группе БПЛА [1]

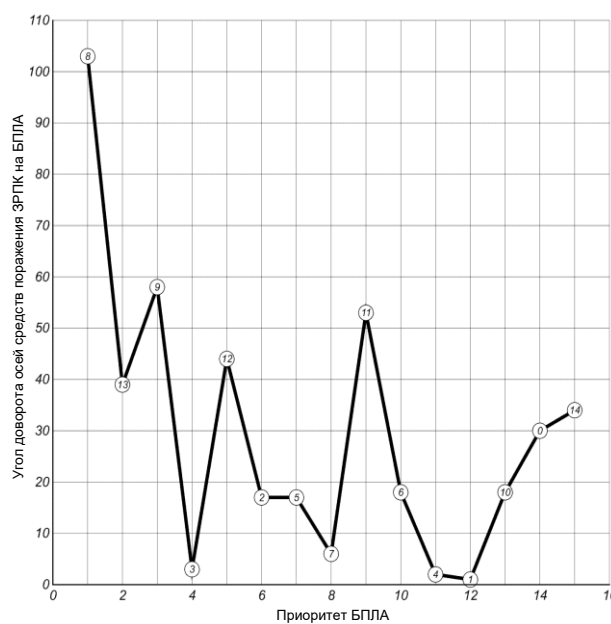


Рис. 15. Результаты определения углов доворота осей средств поражения ЗРПК на БПЛА по их приоритетам [1]

Основной вывод – результаты моделирования убедительно доказывают низкую живучесть ЗРПК в условиях массированного налета группы БПЛА и теоритически подтверждают возможность успешного поражения ЗРК и ЗРПК систем ПВО группами БПЛА, что было зафиксировано в военных конфликтах, рассмотренных выше.

Результаты моделирования, даже с учётом многих допущений, являются достаточно убедительной демонстрацией того, что групповое применение БПЛА уже сегодня является серьёзным фактором для подавления комплексов ПВО малыми затратами. Дальнейшее развитие технологии группового применения БПЛА существенно усложнит условия функционирования комплексов ПВО [1].

При этом системным недостатком системы управления огнем некоторых ЗРПК и ЗРК (например, «Панцирь-С1/С2» и «Тор-М1/М2») является то, что их ЗУР требуют управления на всём протяжении полёта, а количество одновременно обстреливаемых целей ограничено 3-4. При этом одновременно обстреливаемые цели должны находиться в зоне обзора РЛС наведения. В результате невозможна одновременная работа по целям, атакующим с разных направлений, а если учесть, что для поражения опасных или сложных целей могут потребоваться одновременно две ЗУР, то ситуация ещё более ухудшается. Данная проблема носит системный характер, и увеличение боекомплекта ЗУР не будет являться выходом из ситуации, т.к. интенсивность работы ЗРК по целям все равно будет ограничена небольшим количеством каналов одновременного наведения ЗУР на цель. При этом, как отмечается в работе [35], это еще не учитываются возможности БПЛА нести аппаратуру РЭП и формировать ложные цели. В этом случае вероятность поражения БПЛА в группе еще более снизится, а расход боеприпасов ЗРК – существенно возрастет.

Заключение

В статье представлены результаты анализа опыта боевого применения групп БПЛА в военных конфликтах последних лет, в частности, в Сирии, Ливии и в Нагорном Карабахе в период 2018-2020 гг. Анализ позволил вскрыть основные недостатки современных комплексов ПВО, как объектов поражения, а также провести подробный анализ группового применения БПЛА и их эффективности при работе по целям такого типа.

Элементом новизны работы, по сравнению с работами других специалистов, является обобщение опыта боевого применения групп БПЛА для подавления системы ПВО, а также выявление системных недостатков и используемых технологических решений в комплексах ПВО, приводящих к снижению их боевой эффективности и живучести в условиях применения против них групп БПЛА.

Материал статьи может использоваться для формирования исходных данных для моделирования и исследования боевой эффективности и живучести ЗРК и ЗРПК в условиях применения групп БПЛА. Также, данная статья может быть полезна военным специалистам при оценке параметров группы БПЛА гарантированно вскрывающих и преодолевающих зону ПВО противника при решении своих целевых задач, а также конструкторам, проектирующим системы противодействия БПЛА.

Литература

1. Ростопчин В. В. Ударные беспилотные летательные аппараты и противовоздушная оборона – проблемы и перспективы противостояния // Беспилотная авиация [Электронный ресурс]. 2019. – URL: https://www.researchgate.net/publication/331772628_Udarnye_bespilotnye_letatelnye_apparaty_i_protivovozdusnaa_oborona_-_problemy_i_perspektivy_protivostoania (дата обращения 11.09.2020).
2. Michel A. H. Counter-drone systems. – Center for the Study of the Drone at Bard College, 2018. – 23 с.
3. Countering rogue drones. – FICCI Committee on Drones, EY, 2018. – 31 с.
4. Sheu B. H., Chiu C. C., Lu W. T., Huang C. I., Chen W. P. Sheu B. H. et al. Development of UAV Tracing and Coordinate Detection Method Using a Dual-Axis Rotary Platform for an Anti-UAV System // Applied Sciences. 2019. Т. 9. № 13. С. 2583.
5. Kim B. H., Khan D., Choi W., Kim M. Y. Real-time counter-UAV system for long distance small drones using double pan-tilt scan laser radar // Preceding SPIE 11005, Laser Radar Technology and Applications XXIV, 110050C (2 May 2019). – 2019. DOI: 10.1117/12.2520110.
6. Müller W., Reinert F., Pallmer D. Open architecture of a counter UAV system // Preceding SPIE 10651, Open Architecture/Open Business Model Net-Centric Systems and Defense Transformation 2018, 1065106 (9 May 2018). – 2018. DOI: 10.1117/12.2305606.

7. Аминов С. ПВО в борьбе в БПЛА // UAV.RU. Беспилотная авиация [Электронный ресурс]. 03.04.2012. – URL: http://www.uav.ru/articles/pvo_vs_uav.pdf (дата обращения 11.09.2020).

8. Лопаткин Д. В., Савченко А. Ю., Солоха Н. Г. К вопросу о борьбе с тактическими беспилотными летательными аппаратами // Военная мысль. 2014. № 2. С. 41-47.

9. Годунов А. И., Шишков С. В., Юрков Н. К. Система управления комплексными методами борьбы с малогабаритными беспилотными летательными аппаратами // Труды международного симпозиума надежность и качество. Том 1. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2014. – С. 95-98.

10. Афонин И. Е., Ермаков Д. А. Некоторые аспекты анализа информационного конфликта в технической сфере // Инновационные технологии в образовательном процессе. Сборник материалов XX Южно-Российской научно-практической конференции. – Краснодар: КВВАУЛ, 2019. – С. 42-46.

11. Афонин И. Е., Макаренко С. И., Митрофанов Д. В. Анализ концепции «Быстрого глобального удара» средств воздушно-космического нападения и обоснование перспективных направлений развития системы воздушно-космической обороны в Арктике в интересах защиты от него // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2020. № 15. С. 75-87.

12. Афонин И. Е., Ермаков Д. А. Быстрый глобальный удар и возможности ему противодействовать // Инновационные технологии в образовательном процессе. Сборник материалов XXI Российской заочной научно-практической конференции. – Краснодар: КВВАУЛ, 2020. – С. 241-247.

13. Ермаков Д. А., Афонин И. Е. Особенности применения средств радиоэлектронной борьбы в локальных войнах и вооруженных конфликтах последних лет // Межвузовский сборник научных трудов. – Краснодар: КВВАУЛ, 2019. – С. 99-104.

14. Оружие и технологии России: Энциклопедия XXI век. Том. 9. Противовоздушная и противоракетная оборона / Под общ. ред. С. Иванова. – М.: Издательский дом «Оружие и технологии», 2004. – 752 с.

15. В США разработали дрон-перехватчик потребительских БЛА // Роботренде [Электронный ресурс], 27.11.2016. – URL: <http://robotrends.ru/pub/1647/v-ssha-razrabotali-dron-perehvatchik-potrebitelskih-bla> (дата доступа 11.09.2020).

16. Юферев С. «Панцирь-СМ» и его возможности // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 28.06.2019. – URL: <https://topwar.ru/159474-pancir-sm-i-ego-vozmozhnosti.html> (дата обращения 11.09.2020).

17. Противостояние ЗРК «Панцирь-С1» и турецких БПЛА: репетиция войн будущего // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 14.06.2020. – URL: <https://topwar.ru/172126-protivostojanie-zrk-pancir-s1-i-tureckih-bpla-repeticija-vojn-buduschego.html> (дата доступа 11.09.2020).

18. В Израиле начались лётные испытания БПЛА Heron TP для ВВС Германии // Военное обозрение [Электронный ресурс], 01.08.2020. – URL:

<https://topwar.ru/173673-v-izraile-nachalis-letnye-ispytaniya-bpla-heron-tp-dlja-vvs-germanii.html> (дата доступа 29.10.2020).

19. Многоцелевой разведывательный беспилотный летательный аппарат Hermes 450 («Гермес 450») // Новости ВПК [Электронный ресурс]. – URL: <https://vpk.name/library/f/hermes-450.html> (дата доступа 29.10.2020).

20. Израильский барражирующий боеприпас Sky Striker // Большая военная энциклопедия [Электронный ресурс]. – URL: http://zonwar.ru/news5/news_911_SkyStriker.html (дата доступа 29.10.2020).

21. Хароп // Авиационная энциклопедия «Уголок неба» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.airwar.ru/enc/bpla/harop.html> (дата доступа 29.10.2020).

22. Беспилотники Азербайджана. Orbiter и Aerostar // Militarizm.su [Электронный ресурс], 04.08.2020. – URL: <https://militarizm.su/vojna-v-karabahe/bespilotniki-azerbajdzhana-orbiter-i-aerostar.html> (дата доступа 29.10.2020).

23. БПЛА Orbiter // Военное обозрение [Электронный ресурс], 17.06.2013. – URL: <https://topwar.ru/29512-bplaorbiter.html> (дата доступа 29.10.2020).

24. ЗРПК «Панцирь» против атаки БПЛА слабые места при варианте слабой обученности экипажей // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 08.06.2020. – URL: <https://topwar.ru/171955-zrpk-pancir-protiv-ataki-bpla-slabye-mesta-pri-variante-slaboj-obuchennosti-jekipazhej.html> (дата доступа 11.09.2020).

25. Ударные БПЛА изменили ход боевых действий в Сирии и Ливии // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 23.06.2020. – URL: <https://topwar.ru/172367-udarnye-bpla-izmenili-hod-boevyh-dejstvij-v-sirii-i-livii.html> (дата доступа 10.09.2020).

26. Союстов А. Успех турецких беспилотников в Идлибе оказался дутым // Федеральное агентство новостей [Электронный ресурс]. 11.03.2020. – URL: <https://riafan.ru/1258020-uspek-tureckikh-bespilotnikov-v-idlibe-okazalsya-dutum> (дата доступа 15.10.2020).

27. Орлов В. «Байрактары» против «Панцирей» // Военно-промышленный курьер. 2020. № 21 (834). – URL: <https://www.vpk-news.ru/articles/57318> (дата доступа 15.10.2020).

28. Потери турецких БПЛА в Ливии // livejournal.com [Электронный ресурс]. 08.06.2020. – URL: <https://colonelcassad.livejournal.com/5929471.html> (дата доступа 15.10.2020).

29. Аксенов П. Война дронов в Карабахе: как беспилотники изменили конфликт между Азербайджаном и Арменией // BBC News [Электронный ресурс]. 06.10.2020. – URL: <https://www.bbc.com/russian/features-54431129> (дата доступа 15.10.2020).

30. Рожин Б. Нагорный Карабах стал первой войной эпохи ударных беспилотников // Федеральное агентство новостей [Электронный ресурс]. 12.10.2020. – URL: <https://riafan.ru/1320335-nagorni-karabakh-stal-pervoi-voinoi-epokhi-udarnykh-bespilotnikov> (дата доступа 15.10.2020).

31. Тучков В. Воздушную фазу битвы за Карабах Ереван уже проиграл // Свободная Пресса [Электронный ресурс]. 06.10.2020. – URL: <https://svpressa.ru/war21/article/277832/> (дата доступа 15.10.2020).

32. В Карабахе турецкие Bayraktar TB2 уничтожили советские «Осы» и «Стрелы» // Lenta.ru [Электронный ресурс]. 29.09.2020. – URL: <https://lenta.ru/news/2020/09/29/bayraktartb2/> (дата доступа 18.10.2020).

33. В Сети появились снимки уничтоженного ЗРС С-300 ВС Армении // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 26.10.2020. – URL: <https://topwar.ru/176473-v-seti-pojavilis-snimki-unichtozhenogo-zrs-s-300-vs-armenii.html> (дата доступа 30.10.2020).

34. Даманцев Е. Беспрепятственное поражение радара 36Д6 и самоходной ПУ 5П85С армянского С-300ПС: повод для пафосных репортажей азербайджанских СМИ или очередные заблуждения? // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 14.10.2020. – URL: <https://topwar.ru/176019-besprejzatstvennoe-porazhenie-radara-36d6-i-samohodnoj-pu-5p85s-armjanskogo-s-300ps-povod-dlja-pafosnyh-reljacij-azerbajdzhanskih-smi-ili-ocherednaja-porcija-nelepyh-zabluzhdenij.html> (дата доступа 30.10.2020).

35. Тимохин А. Решение проблемы «насыщающих» атак ПВО // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 22.04.2019. – URL: <https://topwar.ru/157073-reshenie-problemy-nasyschajuschih-atak-pvo-ono-est-i-nad-nim-rabotajut.html> (дата доступа 11.09.2020).

References

1. Rostopchin V. V. Udarnye bespilotnye letatel'nye apparaty i protivovozdushnaja oborona – problemy i perspektivy protivostojanija. [Strike unmanned aerial vehicles and air defense-problems and prospects of confrontation]. *Bespilotnaya aviacija* [Unmanned aircraft], 2019. Available at: https://www.researchgate.net/publication/331772628_Udarnye_bespilotnye_letatelnye_apparaty_i_protivovozdusnaa_oborona_-_problemy_i_perspektivy_protivostojanija (accessed 11 September 2020). (in Russian).

2. Michel A. H. *Counter-drone systems*. Center for the Study of the Drone at Bard College, 2018. 23 p.

3. *Countering rogue drones*. FICCI Committee on Drones, EY, 2018. 31 p.

4. Sheu B. H., Chiu C. C., Lu W. T., Huang C. I., Chen W. P. Sheu B. H. et al. Development of UAV Tracing and Coordinate Detection Method Using a Dual-Axis Rotary Platform for an Anti-UAV System. *Applied Sciences*, 2019, vol. 9, no. 13, pp. 2583.

5. Kim B. H., Khan D., Choi W., Kim M. Y. Real-time counter-UAV system for long distance small drones using double pan-tilt scan laser radar. *Preceding SPIE 11005, Laser Radar Technology and Applications XXIV, 110050C (2 May 2019)*, 2019. DOI: 10.1117/12.2520110.

6. Müller W., Reinert F., Pallmer D. Open architecture of a counter UAV system. *Preceding SPIE 10651, Open Architecture/Open Business Model Net-Centric*

Systems and Defense Transformation 2018, 1065106 (9 May 2018). 2018. DOI: 10.1117/12.2305606.

7. Aminov S. PVO v bor'be v BPLA [Air defense in the fight in UAVs]. *Bespilotnaya aviaciya* [Unmanned aircraft], 03.04.2012. Available at: http://www.uav.ru/articles/pvo_vs_uav.pdf (accessed 11 September 2020) (in Russian).

8. Lopatkin D. V., Savchenko A. Ju., Soloha N. G. K voprosu o bor'be s takticheskimi bespilotnymi letatel'nymi apparatami [On the issue of fighting tactical unmanned aerial vehicles]. *Military thought*, 2014, no. 2, pp. 41-47 (in Russian).

9. Godunov A. I., Shishkov S. V., Yurkov N. K. Sistema upravleniya kompleksnymi metodami bor'by s malogabaritnymi bespilotnymi letatel'nymi apparatami [Control system for complex methods of combating small-sized unmanned aerial vehicles]. *Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma nadezhnost i kachestvo* [Proceedings of the international Symposium reliability and quality]. Vol. 1. Penza, Penza state University, 2014, pp. 95-98 (in Russian).

10. Afonin I. E., Ermakov D. A. Some aspects of the analysis of the information conflict in the technical sphere. *Innovacionnye tehnologii v obrazovatel'nom processe. Sbornik materialov XX Juzhno-Rossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Innovative technologies in the educational process. Collection of materials of the 20th South-Russian scientific and practical conference]. Krasnodar, Krasnodar higher military aviation school of pilots, 2019, pp. 42-46 (in Russian).

11. Afonin I. E., Makarenko S. I., Mitrofanov D. V. Analysis of the concept of «Prompt global strike» of air-space attack means and substantiation of prospective directions of air-space defense system development in the arctic in the interest of defense. *Aerospace forces. Theory and practice*, 2020, no. 15, pp. 75-87 (in Russian).

12. Afonin I. E., Ermakov D. A. Prompt global strike and opportunities to counter it. *Innovacionnye tehnologii v obrazovatel'nom processe. Sbornik materialov XXI Rossijskoj zaochnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Innovative technologies in the educational process. Collection of materials of the 21th Russian correspondence scientific and practical conference]. Krasnodar, Krasnodar higher military aviation school of pilots, 2020. pp. 241-247 (in Russian).

13. Ermakov D. A., Afonin I. E. Features of application of means of radio electronic struggle in local wars and armed conflicts of the last years. *Mezhvuzovskij sbornik nauchnyh trudov* [Interuniversity collection of scientific papers]. Krasnodar, Krasnodar higher military aviation school of pilots, 2019, pp. 99-104 (in Russian).

14. *Oruzhie i tehnologii Rossii: Enciklopedija XXI vek. Tom. 9. Protivovozdushnaja i protivoraketnaja oborona* [Weapons and technologies of Russia: encyclopedia of the XXI century. Tom. 9. Air and missile defense]. Moscow, "Weapons and Technologies" Publishing House, 2004. 752 p. (in Russian).

15. V SShA razrabotali dron-perehvatchik potrebitel'skih BLA [In the United States has developed a drone interceptor consumer UAVs]. *Robotrends*, 27.11.2016.

Available at: <http://robotrends.ru/pub/1647/v-ssha-razrabotali-dron-perehvatchik-potrebitelskih-bla> (accessed 11 September 2020) (in Russian).

16. Juferev S. «Pancir'-SM» i ego vozmozhnosti ["Pantsir-SM" and its capabilities]. *Voennoe obozrenie*, 28.06.2019. Available at: <https://topwar.ru/159474-pancir-sm-i-ego-vozmozhnosti.html> (accessed 11 September 2020) (in Russian).

17. Protivostoyanie ZRK «Pancir`-S1» i tureczkih BPLA: repeticiya vojn budushhego [The confrontation between the "Pantsir-S1" Sam and Turkish UAVs: a rehearsal for the wars of the future]. *Voennoe obozrenie*, 14.06.2020. Available at: <https://topwar.ru/172126-protivostojanie-zrk-pancir-s1-i-tureckih-bpla-repeticija-vojn-buduschego.html> (accessed 11 September 2020) (in Russian).

18. V Izraile nachalis lyotnye ispytaniya BPLA Heron TP dlya VVS Germanii [Flight tests of the Heron TP UAV for the German air force have begun in Israel]. *Voennoe obozrenie*, 01.08.2020. Available at: <https://topwar.ru/173673-v-izraile-nachalis-letnye-ispytaniya-bpla-heron-tp-dlja-vvs-germanii.html> (accessed 29 October 2020) (in Russian).

19. Mnogocelevoj razvedyvatelnyj bespilotnyj letatelnyj apparat Hermes 450 ("Germes 450") [Multi-purpose reconnaissance unmanned aerial vehicle Hermes 450 ("Hermes 450")]. *Novosti VPK*. Available at: <https://vpk.name/library/f/hermes-450.html> (accessed 29 October 2020) (in Russian).

20. Izraiskij barrazhiruyushchij boepripas Sky Striker [Israeli Sky Striker barrage ammunition]. *Bolshaya voennaya enciklopediya*. Available at: http://zonwar.ru/news5/news_911_SkyStriker.html (accessed 29 October 2020) (in Russian).

21. Harop. *Aviacionnaya enciklopediya «Ugolok neba»*. Available at: <http://www.airwar.ru/enc/bpla/harop.html> (accessed 29 October 2020) (in Russian).

22. Bespilotniki Azerbajdzhana. Orbiter i Aerostar [Drones Of Azerbaijan. Orbiter and Aerostar]. *Militarizm.su*, 04.08.2020. Available at: <https://militarizm.su/vojna-v-karabahe/bespilotniki-azerbajdzhana-orbiter-i-aerostar.html> (accessed 29 October 2020) (in Russian).

23. BPLA Orbiter [Orbiter UAV]. *Voennoe obozrenie*, 17.06.2013. Available at: <https://topwar.ru/29512-bplaorbiter.html> (accessed 29 October 2020) (in Russian).

24. ZRPK «Pancir`» protiv ataki BPLA slabye mesta pri variante slaboj obuchennosti ekipazhej ["Pantsir" against UAV attack weak points in the case of weak training of crews]. *Voennoe obozrenie*, 08.06.2020. Available at: <https://topwar.ru/171955-zrpk-pancir-protiv-ataki-bpla-slabye-mesta-pri-variante-slaboj-obuchennosti-jekipazhej.html> (accessed 11 September 2020) (in Russian).

25. Udarnye BPLA izmenili hod boevyh dejstvij v Sirii i Livii [Strike UAVs changed the course of the fighting in Syria and Libya]. *Voennoe obozrenie*, 23.06.2020. Available at: <https://topwar.ru/172367-udarnye-bpla-izmenili-hod-boevyh-dejstvij-v-sirii-i-livii.html> (accessed 10 September 2020) (in Russian).

26. Soyustov A. Uspex tureczkix bespilotnikov v Idlibe okazalsya duty`m [The success of Turkish drones in Idlib turned out to be inflated]. *Federalnoe agentstvo*

novostej, 11.03.2020. Available at: <https://riafan.ru/1258020-uspekh-tureckikh-bespiilotnikov-v-idlibe-okazalsya-dutym> (accessed 15 October 2020) (in Russian).

27. Orlov V. «Bajraktary» protiv «Pancirej» ["Bajraktars" against "Pantsirs"]. *Voенно-promyshlennyj kurer*. 2020. № 21 (834). Available at: <https://www.vpk-news.ru/articles/57318> (accessed 15 October 2020) (in Russian).

28. Poteri tureczkih BPLA v Livii [The loss of Turkish UAVs in Libya]. *livejournal.com*, 08.06.2020. Available at: <https://colonelcassad.livejournal.com/5929471.html> (accessed 15 October 2020) (in Russian).

29. Aksenov P. Vojna dronov v Karabahe: kak bespiilotniki izmenili konflikt mezhdru Azerbajdzhanom i Armeniej [Drone war in Karabakh: how drones changed the conflict between Azerbaijan and Armenia]. *BBC News*, 06.10.2020. Available at: <https://www.bbc.com/russian/features-54431129> (accessed 15 October 2020) (in Russian).

30. Rozhin B. Nagornyj Karabah stal pervoj vojnoj epohi udarnyh bespiilotnikov [Nagorno-Karabakh was the first war of the drone strike era]. *Federalnoe agentstvo novostej*, 12.10.2020. Available at: <https://riafan.ru/1320335-nagornyj-karabakh-stal-pervoi-voinoi-epokhi-udarnykh-bespiilotnikov> (accessed 15 October 2020) (in Russian).

31. Tuchkov V. Vozdushnuyu fazu bitvy za Karabah Erevan uzhe proigral [Yerevan has already lost the air phase of the battle for Karabakh]. *Svobodnaya Pressa*, 06.10.2020. Available at: <https://svpressa.ru/war21/article/277832/> (accessed 15 October 2020) (in Russian).

32. V Karabahe tureczkie Bayraktar TB2 unichtozhili sovetskie «Osy» i «Strely» [Turkish Bayraktar TB2 destroyed Soviet "Osy" and "Strely" in Karabakh]. *Lenta.ru*, 29.09.2020. Available at: <https://lenta.ru/news/2020/09/29/bayraktartb2/> (accessed 18 October 2020) (in Russian).

33. V seti poyavilis snimki unichtozhennogo ZRS S-300 VS Armenii [Images of the destroyed S-300 air defense system of the Armenian armed forces appeared in the Network]. *Voенное obozrenie*, 26.10.2020. Available at: <https://topwar.ru/176473-v-seti-pojavilis-snimki-unichtozhennogo-zrs-s-300-vs-armenii.html> (accessed 30 October 2020) (in Russian).

34. Damancev E. Besprepyatstvennoe porazhenie radara 36D6 i samohodnoj PU 5P85S armyanskogo S-300PS: povod dlya pafosnyh relyacij azerbajdzhanskih SMI ili ocherednye zabluzhdeniya? [Unhindered defeat of the 36D6 radar and the 5P85S self-propelled launcher of the Armenian S-300PS: a reason for pathos reports of the Azerbaijani media or another misconception?]. *Voенное obozrenie*, 14.10.2020. Available at: <https://topwar.ru/176019-besprepyatstvennoe-porazhenie-radara-36d6-i-samohodnoj-pu-5p85s-armjanskogo-s-300ps-povod-dlja-pafosnyh-relyacij-azerbajdzhanskih-smi-ili-ocherednaja-porcija-nelepyh-zabluzhdenij.html> (accessed 30 October 2020) (in Russian).

35. Timohin A. Reshenie problemy nasyshhajushhijh atak PVO [Solving the problem of saturating air defense attacks]. *Voенное obozrenie*, 22.04.2019. Available

at: <https://topwar.ru/157073-reshenie-problemy-nasychajuschih-atak-pvo-ono-est-inad-nim-rabotajut.html> (accessed 11 September 2020) (in Russian).

Статья поступила 30 октября 2020 г.

Информация об авторах

Афонин Илья Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент. Доцент кафедры авиационного и радиоэлектронного оборудования. Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков. Область научных интересов: информационный конфликт средств воздушно-космического нападения и системы воздушно-космической обороны; радиолокационные системы обнаружения, распознавания и целеуказания; обработка радиолокационных сигналов. E-mail: ilyaafonin@yandex.ru

Адрес: Россия, 350090, г. Краснодар, ул. Дзержинского, д. 135.

Макаренко Сергей Иванович – доктор технических наук, доцент. Ведущий научный сотрудник. Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН. Профессор кафедры информационной безопасности. Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина). Область научных интересов: сети и системы связи; радиоэлектронная борьба; информационное противоборство. E-mail: mak-serg@yandex.ru

Адрес: 199178, Россия, Санкт-Петербург, 14 линия, д. 39.

Петров Сергей Валерьевич – соискатель ученой степени кандидата наук. Преподаватель кафедры авиационного и радиоэлектронного оборудования. Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков. Область научных интересов: устойчивость системы воздушно-космической обороны; радиоэлектронная борьба. E-mail: perskub@yandex.ru

Адрес: Россия, 350090, г. Краснодар, ул. Дзержинского, д. 135.

Привалов Александр Андреевич – кандидат технических наук. Доцент кафедры управления и защита информации. Российский университет транспорта МИИТ. Область научных интересов: информационная безопасность и исследование новых физических процессов и явлений, позволяющих повысить эффективность работы сетей, систем и устройств телекоммуникаций. E-mail: privalov1985@yandex.ru

Адрес: 127994, г. Москва, ул. Новосущёвская, д. 22.

Analysis of combat experience as groups of unmanned aerial vehicles are used to defeat anti-aircraft missile means of the air defense system in Syria, Libya and Nagorno-Karabakh wars

I. E. Afonin, S. I. Makarenko, S. V. Petrov, A. A. Privalov

Relevance. Medium and small unmanned aerial vehicles (UAVs) are widely used against anti-aircraft missile systems (SAMS) of the anti-aircraft warfare (AAW) during recent military conflicts. The use

of a massive UAVs strike on SAMS leads to the rapid exhaustion of their combat resource and, further, the inability of these systems to solve combat tasks. Analysis of the results of the combat use of SAMS against UAVs showed that UAVs detect SAMS at a range that is comparable to the range at which the SAM detects UAVs. The size of the affected area of SAMS and UAVs is also comparable. As a result, a new tactic for using UAVs was developed during military conflicts in Syria, Libya, and Nagorno-Karabakh. The tactic allows the UAV to guarantee to destroy the SAMS, as well as to ensure the conquest of air superiority. **The goal of this paper** is to systematize and analyse new tactics of combat used of UAVs groups to defeat SAMS. **Results.** The results of systematization and analysis of combat experience used UAV groups to defeat SAMS are presented in the paper. These results show the main disadvantages of modern SAMS, as objects of attacks from UAVs, as well as the low level of combat survivability of SAMS in conditions when UAVs are used massive. **Elements of novelty of this study** is the generalization of combat experience and new tactics used groups of UAVs against SAMS, as well as the identification of systemic weaknesses modern SAMS, reducing their survivability and effectiveness in a duel "SAMS – UAVs group". **Practical significance.** The material of the paper can be used to generate initial data for modelling and studying the combat effectiveness and survivability of SAMS in the conditions of used UAVs groups. This paper can be useful for military specialists when evaluating the parameters of a group of UAVs that guaranty to overcome the AAW-zone, as well as for designers who design counter-UAV systems.

Keywords: unmanned aerial vehicle, UAV, air defense, air defense system, Counter Unmanned Aerial Vehicles, defeat anti-aircraft missile and gun complex, group of unmanned aerial vehicles, anti-aircraft missiles, anti-aircraft missile and gun system, anti-aircraft artillery system, combat effectiveness, application efficiency.

Information about Authors

Ilya Evgenievich Afonin – Ph.D. of Engineering Sciences, Docent. Associate Professor at the Department of aviation and radio-electronic equipment. Krasnodar Higher Military School of Pilots. Field of research: information conflict of air and space attacking means and air and space defense systems; radar detection; recognition and target designation systems; radar signal processing. E-mail: ilyaafonin@yandex.ru

Address: Russia, 350090, Krasnodar, Dzerzhinsky Street, 135.

Sergey Ivanovich Makarenko – Dr. habil. of Engineering Sciences, Docent. Leading Researcher. St. Petersburg Federal research center of the Russian Academy of Sciences. Professor of Information Security Department. Saint Petersburg Electro-technical University 'LETI'. Field of research: stability of network against the purposeful destabilizing factors; electronic warfare; information struggle. E-mail: makserg@yandex.ru

Address: Russia, 197376, Saint Petersburg, 14th Linia, 39.

Sergey Valerievich Petrov – Lecturer at the Department of aviation and radio-electronic equipment. Krasnodar Higher Military School of Pilots. Field of research: stability of the aerospace defense system; electronic warfare. E-mail: perskub@yandex.ru

Address: Russia, 350090, Krasnodar, Dzerzhinsky Street, 135.

Aleksandr Andreyevich Privalov – Ph.D. of Technical Sciences. Associate Professor of the Department of Management and Information Security. Russian University of Transport MIIT. Research interests: information security and research into new physical processes and phenomena that improve the efficiency of networks, systems and telecommunications devices. E-mail: privalov1985@yandex.ru

Address: 127994, Moscow, st. Novosushevskaya, 22.