

УДК 623.76

Противовоздушная оборона страны от ударов беспилотных летательных аппаратов и крылатых ракет: новые угрозы, проблемные вопросы, технико-экономический анализ вариантов архитектуры

Макаренко С. И., Старостин А. В.

Актуальность. Командование вооруженных сил США завершило разработку оперативно-стратегической концепции «Быстрый глобальный удар». В соответствии с этой концепцией основной акцент при нанесении удара смещается с межконтинентальных ракет на крылатые ракеты (КР) морского и воздушного базирования. Помимо этого, вооруженные силы Украины (ВСУ) активизировали нанесение ударов по территории России с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Эти факторы актуализируют вопросы обоснования архитектуры системы противовоздушной обороны (ПВО) страны от массированных ударов нового типа средств – КР и БПЛА. **Целью работы** является анализ новых угроз для России в виде ударов БПЛА и КР, вскрытие проблемных вопросов построения системы ПВО страны и формирование возможных путей их решения. В основу рассмотрения отечественных проблемных вопросов построения системы ПВО страны положено аналогичное исследование, посвященное системе ПВО США, в условиях угрозы удара КР. **Результаты и их новизна.** Элементом практической новизны работы являются: сформированные описательные модели типовых ударных средств – КР США и БПЛА ВСУ; результаты анализа использования существующих средств обнаружения и поражения, применительно к таким типам целей; результаты моделирования и исследования различных вариантов архитектуры системы ПВО страны (на примере США) по показателю эффективность-стоимость. **Практическая значимость.** Представленная работа будет полезна специалистам для обоснования архитектуры отечественной системы ПВО. Кроме того, данная работа будет полезна научным работникам и соискателям, ведущим научные исследования в области исследования вопросов противодействия КР и БПЛА, а также в области совершенствования воздушно-космической обороны России.

Ключевые слова: противовоздушная оборона, воздушно-космическая оборона, быстрый глобальный удар, средства воздушного нападения, беспилотный летательный аппарат, крылатая ракета, самолет-истребитель, зенитно-ракетный комплекс, архитектура, эффективность-стоимость.

Введение

В течение 2009-2012 гг. командование вооруженных сил (ВС) США завершило разработку оперативно-стратегической концепции «Prompt Global Strike» – «Быстрый глобальный удар» (БГУ) и активизировало деятельность, направленную на практическую реализацию ключевых положений этой кон-

Библиографическая ссылка на статью:

Макаренко С. И., Старостин А. В. Противовоздушная оборона страны от ударов беспилотных летательных аппаратов и крылатых ракет: новые угрозы, проблемные вопросы, технико-экономический анализ вариантов архитектуры // Системы управления, связи и безопасности. 2024. № 2. С. 86-148. DOI: 10.24412/2410-9916-2024-2-086-148

Reference for citation:

Makarenko S. I., Starostin A. V. Country's air defense system against strikes with unmanned aerial vehicles and cruise missiles: new threats, problematic issues, technical and economic analysis of architecture variants. *Systems of Control, Communication and Security*, 2024, no. 2, pp. 86-148 (in Russian). DOI: 10.24412/2410-9916-2024-2-086-148

цепции. Основной целью концепции БГУ является придание ВС США способности высокоточного воздействия на объекты противника в кратчайшие сроки на большие дальности с использованием набора ударных средств в обычном или ядерном оснащении. При этом в качестве своих основных противников США рассматривают Россию и Китай. Концепция БГУ предусматривает одновременное массированное использование высокоточного оружия (ВТО), прежде всего крылатых ракет (КР) морского (КРМБ) и воздушного базирования (КРВБ), межконтинентальных баллистических ракет (МБР) по выбранным целям, административным и военным центрам, в том числе и по объектам стратегических ядерных сил (СЯС) России.

После начала Россией специальной военной операции (СВО) в Украине в 2022 г., США и их европейские союзники инициировали расширение НАТО на восток, а также интенсифицировали размещение элементов системы БГУ и стратегической противоракетной обороны (ПРО) в Восточной Европе. Кроме того, боевые действия в зоне СВО позволили выявить новые угрозы Российской Федерации (РФ) – нанесение вооруженными силами Украины (ВСУ) ударов, в глубину территории РФ, по городам и инфраструктуре с использованием ударных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Помимо этого, в 2019 г. прекратил свое действие договор о ликвидации ракет средней и меньшей дальности (ДРСМД) между США и Россией, что позволило США и их союзникам приступить к разработке и последующему размещению баллистических ракет (БР) средней дальности (СД) и малой дальности (МД) в Восточной Европе. Вышеуказанные факторы, актуализируют необходимость совершенствования системы ПВО РФ, придание ей способности эффективно противостоять новым типам угроз – БПЛА и КР.

Целью статьи является анализ новых угроз для РФ в виде ударов БПЛА и КР, вскрытие проблемных вопросов построения системы противовоздушной обороны (ПВО) страны и формирование возможных путей их решения.

В основу рассмотрения отечественных проблемных вопросов построения системы ПВО страны и формирование возможных путей их решения положена работа [1], посвященная анализу построения системы ПВО территории США, в условиях угрозы удара КР.

Необходимо отметить, что вопросам исследования новых типов угроз России в складывающейся сложной геополитической обстановке, повышению эффективности ПВО и ПРО в рамках совершенствования отечественной системы воздушно-космической обороны (ВКО), посвящены работы: С.Н. Бориско [2], В.В. Гиндранкова [3], И.В. Грудина [4], В.Н. Дыбова [5], А.П. Корабельникова [6, 7], Ю.В. Криницкого [8], П.П. Кураченко [9], А.Г. Лузана [10, 11], А.Б. Палицына [12,13], А.И. Подберёзкина [14], А.Г. Семёнова [15], С.В. Ягольникова [16]. Вместе с тем в этих работах не рассмотрены такие новые военные угрозы как удары БПЛА, которые получили широкое распространение после начала СВО на Украине, а также переход США и их союзников по НАТО от концепции ядерных ударов МБР к концепции БГУ, ориентированной на достижение стратегических целей путем массированного удара КР в обычном оснащении.

Материал статьи декомпозирован на следующие подразделы.

1. Обоснование актуальности совершенствования ПВО страны в условиях нового типа угроз – массированных ударов БПЛА и КР.
2. Типовые БПЛА и КР, являющиеся объектами обнаружения и поражения со стороны системы ПВО в текущих геополитических условиях.
 - 2.1. БПЛА ВСУ.
 - 2.2. КРВБ.
 - 2.3. КР морского и наземного базирования.
3. Проблемные вопросы, основные факторы и особенности, определяющие архитектуру системы ПВО от БПЛА и КР.
 - 3.1. БПЛА и КР как новый тип угроз.
 - 3.1.1. Дальность действия.
 - 3.1.2. Скорость.
 - 3.1.3. Высота и профиль полета.
 - 3.1.4. Использование технологий снижения заметности.
 - 3.1.5. Тип и масса полезной нагрузки.
 - 3.1.6. Тип пусковой установки и носителя.
 - 3.2. Особенности средств обнаружения и факторы, влияющие на эффективность контроля воздушного пространства.
 - 3.2.1. Тип средства обнаружения.
 - 3.2.2. Особенности платформы, на которой размещается средство обнаружения.
 - 3.3. Особенности средств поражения и факторы, влияющие на эффективность перехвата БПЛА и КР.
 - 3.3.1. Основные типы средств поражения.
 - 3.3.2. Зенитно-ракетные комплексы. Зенитные управляемые ракеты типа «земля – воздух».
 - 3.3.3. Истребители – перехватчики. Управляемые ракеты типа «воздух – воздух».
 - 3.3.4. Другие средства поражения.
 - 3.4. Особенности системы управления ПВО.
4. Моделирование и исследование различных вариантов архитектуры системы ПВО от КР (на примере США).
 - 4.1. Исходные посылки и постановка задачи на исследование.
 - 4.2. Обоснование исследуемых вариантов архитектур построения системы ПВО.
 - 4.3. Оценивание основных архитектур системы ПВО с различными вариантами защищаемых рубежей по показателю эффективность-стоимость.
 - 4.3.1. Вариант А – защита только океанских границ страны.
 - 4.3.2. Вариант В – патрулирование передовых воздушных рубежей страны.
 - 4.3.3. Вариант С – увеличение количества зенитных управляемых ракет (ЗУР) в каждом месте дислокации зенитно-ракетных комплексов (ЗРК).

- 4.3.4. Вариант D – только обнаружение и предупреждение.
- 4.4. Исследование различных вариантов архитектур системы ПВО по показателю эффективность-стоимость.
 - 4.4.1. Архитектура 1 – на основе БПЛА РЛР.
 - 4.4.2. Архитектура 2 – на основе самолетов АEW&С.
 - 4.4.3. Архитектура 3 – на основе аэростатов с РЛС.
 - 4.4.4. Архитектура 4 – на основе КА РЛР.
 - 4.4.5. Архитектура 5 – на основе наземных РЛС.
- 4.5. Ограничения основных архитектур системы ПВО.
 - 4.5.1. Ограничения на возможности средств поражения.
 - 4.5.2. Необходимость достоверной идентификации целей.
 - 4.5.3. Изменение маршрутов полета КР.
 - 4.5.4. Запуски КР вблизи побережья или границы.
 - 4.5.5. Сверх- и гиперзвуковые КР.
- 4.6. Итоговые выводы.

5. Возможные пути построения отечественной системы ПВО, ориентированной на противодействие БПЛА и КР.

Данная описательная модель продолжает цикл работ авторов [17-27], посвященных исследованию эффективности систем воздушно-космической обороны, анализу стратегии нанесения БГУ и боевого опыта отражения атак средств воздушного нападения (СВН), а также формированию обобщенных моделей различных подсистем, средств и комплексов в составе ударных эшелонов СВН потенциального противника.

1. Обоснование актуальности совершенствования ПВО страны в условиях нового типа угроз – массированных ударов БПЛА и КР

С началом СВО активизировались действия ВСУ по нанесению ударов по городам, критическим военным и промышленным объектам инфраструктуры РФ с использованием БПЛА. Цели и задачи которых предсказать сложно. В период с февраля 2022 г. по начало 2024 г. атакам подверглись множество военных, промышленных, инфраструктурных и энергетических объектов на территории России (рис. 1) [28, 29, 30].

Наиболее резонансными атаками по сообщениям средств массовой информации (СМИ) стали атаки на объекты топливно-энергетического комплекса (ТЭК) России, а также на органы государственной власти, особенно – на Московский Кремль.

Современные системы ПВО, являются одновременно и системами ПРО. Часть из них способна сбивать межконтинентальные ракеты, боеголовки на конечном участке траектории. Они развёрнуты на наиболее вероятных направлениях ракетного удара и работают в комплексе с системой предупреждения о ракетном нападении (СПРН).

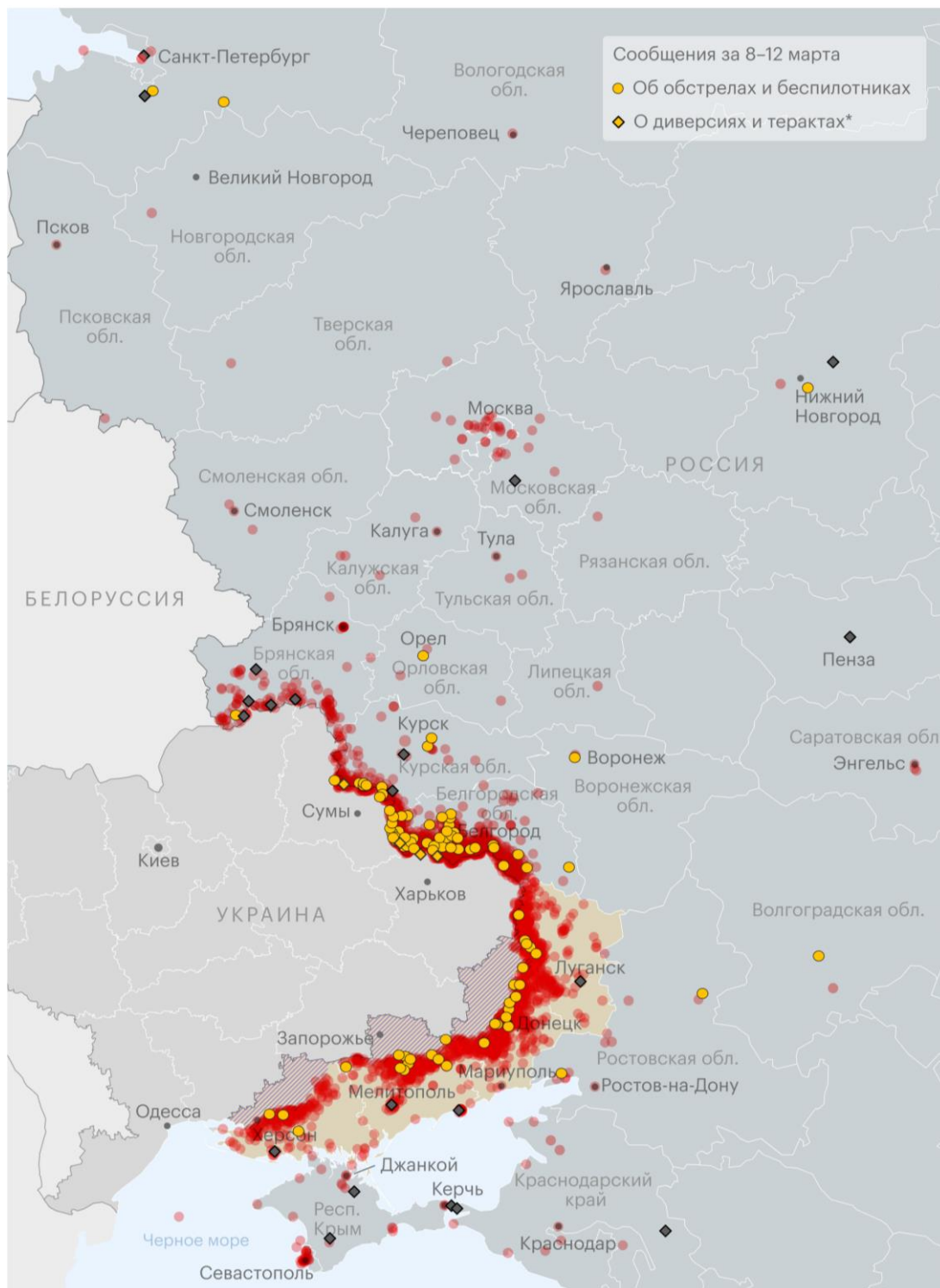


Рис. 1. Атаки БПЛА, ракетные удары и террористические акты ВСУ на территории России с использованием в период с 19.05.2022 по 12.03.2024 [28]

Низкая эффективность системы ПВО-ПРО г. Москвы, в части обнаружения и противодействия БПЛА ВСУ, связана с тем, что данная система ориентирована на перехват боевых частей (БЧ) МРБ, двигающихся с гиперзвуковой скоростью 5-7 км/с (18000-25000 км/ч) по баллистической, почти вертикальной, траектории из космоса по направлению к наземным объектам. При этом их эффективная площадь рассеивания (ЭПР) снижена из-за плазменного облака,

окружающего БЧ МБР при их высокоскоростном движении в атмосфере. Обнаружение и перехват таких БЧ является сложнейшей задачей, которая успешно решается отечественной СПРН – системой ПРО центрального промышленного района А-135/235, ЗРК С-400 «Триумф» и С-500 «Прометей». Вместе с тем, эти средства в принципе не ориентированы на перехват СВН совершенно другого типа – низкоскоростных БПЛА самолетного типа, имеющих низкую ЭПР, двигающихся на малой высоте, по настильной траектории относительно поверхности земли, с учетом рельефа местности и использованием его особенностей для повышения скрытности полета.

Задача перехвата таких целей, а также КР, имеющих сходную ЭПР, профиль и высоту полета, традиционно возлагались на ЗРК малой дальности (МД) – комплексы «Панцырь-С1», «Стрела-10М4», «Тунгуска-М1», «Тор-М2У» и «Оса-АКМ» с дальностью поражения СВН до 15 км [18, 25]. Другим типом целей, которые эти ЗРК могут перехватывать – это управляемые и неуправляемые ракеты и реактивные снаряды (РС), используемые тактическими (ТРК), оперативно-тактическими комплексами (ОТРК) и реактивными системами залпового огня (РСЗО). К такому типу СВН, применяемых ВСУ, можно отнести: ракеты 9М79, запускаемые ОТРК «Точка-У»; ракеты ЗРК С-200, запускаемые по баллистической траектории, с верхней точкой 40 км, для поражения наземных целей; ракеты MGM-140 ATACMS и GLSDB, запускаемые РСЗО M142 HIMARS; ракеты для самолетов тактической авиации (ТА) «воздух – поверхность» типа Brimstone и Storm Shadow/SCALP. Вместе с тем, обнаружение и перехват таких СВН осуществляется вышеуказанными ЗРК МД на расстояниях до 20-25 км, соответственно для прикрытия европейской территории России этих ЗРК нужно несоразмерно большое количество. Таким образом, задачу обнаружения этих ракет нужно решать комплексно в масштабах всей страны, а не прикрывая отдельные точечные объекты силами ЗРК МД.

В пользу этого вывода дополнительно говорят следующие факторы. Еще до проведения СВО, в 2009-2012 гг. командование ВС США приняло к руководству концепцию БГУ [26]. В соответствии с этой концепцией, акцент на применение средств нанесения глобальных стратегических ударов смещался с МБР и баллистических ракет подводных лодок (БРПЛ) на массированный удар КР в обычном оснащении, прежде всего КРМБ типа Tomahawk.

В результате расширения НАТО на Восток, в непосредственной близости от западных границ России – в Швеции и Финляндии в самое ближайшее время появятся новые военные базы (ВБ) на которых будут развернуты самолеты – носители КРВБ типа AGM-158 JASSM, AGM-86C CALCM и Storm Shadow/SCALP, дальность действия которых составляет от 560 до 1200 км (без учета дальности действия самолета-носителя). Не исключается возможность развертывания КР – носителей ядерного оружия на ВБ в Польше.

Помимо этого, в результате прекращения в 2019 г. действия договора ДРСМД между США и Россией, США провели испытания версии КР RGM/UGM-109E Tactical Tomahawk. На испытаниях ракета успешно поразила цель на расстояние 500 км. При этом ракета была запущена с пусковой установки (ПУ) Mark 41, которая используются наземными объектами стратегиче-

ской ПРО США для запуска ракеты-перехватчика SM-3. Таким образом можно предположить, что в самое ближайшее время, США на основе КРМБ RGM/UGM-109E Tactical Tomahawk восстановит производство наземного аналога этой КР – BGM-109G Gryphon (GLCM), ранее имевшего дальность действия до 2780 км, и разместит их как ударную составляющую на ВБ ПРО США в Европе (предположительно – в Польше и Румынии) [26]. В связи с этим, а также учитывая общее обострение геополитической обстановки, следует ожидать размещения в Восточной Европе (предположительно в Польше, Румынии, странах Прибалтики и, возможно, в Турции, Финляндии) наземных версий КР Tomahawk, с потенциальной дальностью действия до 2500 км, что создаст угрозу поражения объектов на всей европейской территории РФ до уральских регионов.

Обобщая вышесказанное можно сделать вывод, что обострение геополитической ситуации с началом проведения СВО актуализировало целый перечень новых угроз, связанных с применением СВН против объектов на территории России:

- 1) массированные удары низкоскоростных БПЛА самолетного типа с дальностью действия до 1000 км по объектам в европейской части России;
- 2) массированные удары ракетами, запускаемыми ОТРК «Точка-У», РСЗО M142 HIMARS на дальность от 70 до 300 км, по объектам в Крыму и в приграничных с Украиной регионах РФ;
- 3) массированные удары КРВБ Storm Shadow/SCALP с дальностью действия до 560 км по объектам в Крыму и в приграничных с Украиной регионах РФ;
- 4) потенциальная возможность нанесения ударов по объектам в европейских и уральских регионах России с использованием КРВБ AGM-158 JASSM (дальность – до 980 км) и AGM-86C CALCM (дальность – до 1200 км) запускаемых самолетами ТА НАТО с аэродромов в Финляндии, Швеции, Польше, Турции, странах Прибалтики. В сообщениях отечественных СМИ и сводках МО РФ имеется подтвержденная информация о применении по территории РФ КРВБ, в частности по объектам, размещенным на полуострове Крым [29];
- 5) потенциальная возможность нанесения ударов по объектам в европейских и уральских регионах России с использованием наземной версии КР Tactical Tomahawk, являющейся аналогом КР BGM-109G GLCM, с предполагаемой дальностью действия до 2500 км, с ВБ ПРО в Польше, Румынии, в дальнейшем – с потенциальных ВБ в Финляндии, Швеции, Турции, странах Прибалтики;
- 6) потенциальная возможность нанесения массированного обезоруживающего удара по объектам в европейских, сибирских и дальневосточных регионах России с использованием КРМБ RGM/UGM-109E Tactical Tomahawk Block IV с дальностью действия до 1600 км с подводных лодок (ПЛ) США, скрытно размещенных в береговых акваториях Балтийского, Средиземного, Карского, Охотского морей.

Очевидно, что на ход и исход боевых действий существенно влияют возможности систем ПВО противостоять массированным ударам современных СВН – потенциальных носителей средств поражения.

Необходимость противодействия угрозам массированного применения БПЛА и КР требует комплексного решения в создании адекватной существующим угрозам системы ПВО. В частности, системы ПВО, ориентированной на перехват СВН типа, БПЛА и КР, имеющих низкую ЭПР, двигающихся на малой высоте, по настильной траектории относительно поверхности земли.

2. Типовые БПЛА и КР, являющиеся объектами обнаружения и поражения со стороны системы ПВО в текущих геополитических условиях

2.1. БПЛА ВСУ

Судя по сообщениям отечественных СМИ, БПЛА ВСУ, массово атакующие объекты по территории России, имеют самолетный тип с ЭПР от 1 до 0,15 м², в зависимости от ракурса наблюдения [31]. Размах крыльев от 2,5 до 6 м. Для повышения радиолокационной скрытности в конструкции БПЛА ВСУ широко используются пластиковые материалы, дерево и прессованный картон. Профиль полета – низкоскоростной относительно прямолинейный полет к цели на малых высотах с учетом рельефа местности с обходом потенциальных зон действия известных РЛС и ЗРК. Скорость полета БПЛА с роторно-поршневым двигателем (РПД) с 80-230 км/ч (доля таких БПЛА составляет порядка 90%), с турбореактивным двигателем (ТРД): 700-1000 км/ч. Полет многих БПЛА осуществляется в 5-10 м над кромкой лесных массивов, которые от приграничных с Украиной районов доходят вплоть до г. Москвы и продолжают далее на север, что объясняет большое количество БПЛА ВСУ обнаруживаемое в лесах. Отдельные БПЛА, обнаруживаемые в режимах крейсерского полета, двигались на высотах 200-400 м. На ближних подступах к объектам атаки (от 20 км и менее) высота их полета составляет от 30 до 150 м, что, в отдельных случаях, приводит к контакту БПЛА с высотными городскими зданиями на уровне от 10 до 25 этажа. БПЛА с таким профилем полета обнаруживаются РЛС дециметрового (ДМВ) и сантиметрового (СМВ) диапазона электромагнитных волн (ЭМВ) на дальности прямой радиовидимости 25-30 км. Если БПЛА двигается на низкой высоте (менее 100 м), с использованием особенностей рельефа местности, для повышения своей скрытности – на расстояниях 15-10 км. Полезная нагрузка, в зависимости от типа БПЛА составляет 15-50 кг. Как правило, в качестве полезной нагрузки выступает взрывчатое вещество (ВВ) и средства поражения, либо – аппаратура наблюдения и ретрансляции связи. Наведение и управление – преимущественно автономный полет по заранее заложенной программе по сигналам спутниковой радионавигационной системы (СРНС), в том числе в режиме интегральной обработки сигналов нескольких СРНС (GPS, ГЛОНАСС, Weidou) и возможностью корректировки по данным систем сотовой связи. Отдельные БПЛА управлялись в ручном режиме через средства спутниковой связи, в частности, через ССС Starlink и Iridium [26].

Таблица 1 – Тактико-технические характеристики (ТТХ) БПЛА ВСУ,
атакующие объекты на территории России [30, 32]

Тип БПЛА	АН-БК-1 «Горлица»	ACS-3 «Скаэтон»	UJ-22 Airborne	Ту-143 «Рейс»	Ту-141 «Стриж»	Mugin-5 Pro 5000	PD-2 UAS	«Бобёр» (Beaver)	«Hunter Killer 20»	«Jupiter Hunter1B»
Масса, кг	150-200	23	85		5370	90	45	150	8,9	34
Размах крыла, мм	6700	2960	3300	2240	3880	5000	5000	3000	1800	3600
ЭПР, м ²	1-0,15	1-0,15	1-0,15	1-0,25	1-0,25	0,1-0,03	1-0,15	1-0,25	1-0,25	1-0,25
Дальность полета, км	1050	до 2500	800	360	1000	400	200	700-1000	1000	200
Высота полета, м	до 5000	до 4500	50-6000	200-1000	50-6000	20-600	500	1500	1500	до 4500
Скорость полета, км/ч	150-230	80-160	90-160	850-950	700-1100	120-150	100-140	120-150	90-172	75-120
Масса полезной нагрузки, кг	50	5	н/д	н/д	н/д	25	16	20	15	10
Навигация	СРНС	н/д	СРНС	ИНС, БД, РВ, СРНС	ИНС, БД, РВ, СРНС	СРНС	н/д	СРНС	н/д	СРНС, ТМИ
Управление	Автономный полет по заранее запрограммированно му маршруту; управление по радиоканалу		Автономный полет по заранее запрограммированном у маршруту с односторонней выдачей ТМИ на наземный ПУ		Автономный полет по заранее запрограммированному маршруту				Управление по радиоканалу	
Тип двигателя	РПД	ДВС	РПД	ТРД	ТРД	РПД	РПД	РПД	РПД	ЭД
Длительность полета, ч	7	18-28	7	0,25	0,25	7	10	7	8	1,5-4

Примечания: н/д – нет данных; ТМИ – телеметрическая информация; ИНС – инерциальная навигационная система; БД – барометрический датчик; РВ – радиовысотомер; СРНС – радионавигационные системы, ТРД – турбореактивный двигатель, ЭД – электрический двигатель.

Среди БПЛА ВСУ, которые были опознаны и сообщения о которых приводилось в российских СМИ – БПЛА АН-БК-1 «Горлица», ACS-3 «Скаэтон», UJ-22 Airborne, Mugin-5 Pro, PD-2 UAS, «Бобёр» (Beaver), «Hunter Killer 20, «Jupiter Hunter-1B» их модифицированные версии с более высокой дальностью, а также ударные модификации советских разведывательных БПЛА Ту-141 «Стриж» и Ту-143 «Рейс», оснащенные приемниками сигналов СРНС (таблица 1).

Учитывая характеристики применяемых ударных БПЛА можно утверждать, что они являются достаточно сложной целью для существующих и перспективных средств ПВО. Это определяется тем, что:

- а) до недавнего времени БПЛА различного назначения с размерностью по стартовой массе до 400 кг не входили в номенклатуру средств ПВО;
- б) малые скорости полёта и низкий ЭПР не обеспечивают надёжный захват, селекцию и сопровождение современными радиолокационными станциями ПВО малоразмерных БПЛА;
- в) ударные БПЛА по своим основным характеристикам (ЭПР от 0,1 до 1 м², скорость полета у большинства до 250-300 м/с, профиль полета к цели – полет на предельно малых высотах, с огибанием рельефа местности) близки к КР;
- г) средства поражения современных и перспективных комплексов ПВО не позволяют обеспечивать гарантированное поражение ударных БПЛА, особенно малоскоростных и малоразмерных;
- д) применение групп ударных БПЛА существенно снижает эффективность современной ПВО [33];
- е) требуется разработка теоретических основ и методов противодействия применению ударных БПЛА.

Из полученных данных можно сделать вывод, что для гарантированного пресечения применения ударных БПЛА современными средствами ПВО требуется разработка новых подходов к построению системы ПВО и принципов ее применения в различных условиях обстановки.

2.2. КРВБ

Обычные КРВБ (таблица 2) сочетают в себе высокую грузоподъемность авиабомб со значительно большей дальностью полета, а также способность изменять курс и высоту на протяжении всего полета.

Их очень высокая дальность поражения позволяет их носителям производить запуск КРВБ оставаясь далеко за пределами зон ПВО, нанося точные удары по наземным целям. Основными носителями КРВБ являются стратегические бомбардировщики и самолеты тактической авиации.

Ракеты TAURUS, Storm Shadow и SCALP в экспортных модификациях, могут поражать цели на дальности не превышающей 300 км, из-за ограничений режима контроля за ракетными технологиями, а в модификациях для своих ВС дальность полета может достигать и 700 км.

Таким образом, можно сделать вывод о возможности КРВБ осуществлять точное поражение важных инфраструктурных, стратегических объектов, элементов системы ПВО, в глубину территории на удалении от 250 до 2700 км.

Таблица 2 – ТТХ типовых КРВБ [34, 35]

Тип КР	AGM-86B (AGM-86C/D)	AGM-158 JASSM	Storm Shadow/ SCALP	TAURUS KEPD 350
Дальность стрельбы, км	2780 (1200)	500-1300	250-400	500
Стартовый вес, кг	1450	1020	1230	1360
Скорость полета максимальная, км/ч	1200	1200	1050	0,6-0,95 М
КВО, м	10	3	3	3
Масса БЧ, кг	123	430	700	485
Максимальный диаметр корпуса, мм	620	550	630×480	1080×805
Длина ракеты, мм	6320	4260	5100	5100
Размах крыльев, мм	3660	22700	2530	2064
Наведение	ИНС, СРНС	ИНС, СРНС	СРНС	ИНС, СРНС

2.3. КР морского и наземного базирования

Как показывает анализ военных конфликтов начала XXI в., представленный в работе [26], начало почти всех современных военных конфликтов характеризуется массированным применением именно КРМБ в обычном оснащении в качестве ударных средств ВТО. В настоящее время КРМБ в обычном оснащении, и в частности КРМБ BGM-109 Tomahawk, является самым широко применяемым и эффективным ВТО, предназначенным для подавления объектов системы ПВО, поражения командных пунктов (КП) государственного и военного управления в первые часы войны [36]. Основной КРМБ, стоящей на вооружении ВМС США, является КРМБ BGM-109 Tomahawk, которая может применяться со всех современных надводных кораблей (НК) и атомных подводных лодок (АПЛ) ВМС США: АПЛ типа Los Angeles, Virginia, Ohio, Seawolf, эсминцев типа Arleigh Burke, ракетных крейсеров типа Ticonderoga.

Самой широко распространенной версией КРМБ Tomahawk является RGM/UGM-109E Block IV Tactical Tomahawk (ТАСТОМ) с обычной боевой частью, с крейсерской скоростью полета 850 км/ч, дальностью поражения целей до 1600 км с точностью попадания в цель 5-10 м. Профиль полета – на высоте 30-50 м с огибанием рельефа местности. Гарантийный срок эксплуатации КРМБ Tomahawk Block IV составляет 15 лет. Версия КРМБ RGM/UGM-109E Block IV с 2017 г. модернизируется до версии Block V компанией Raytheon. Планируется что общий срок эксплуатации КРМБ Tomahawk Block V, с учетом этой модернизации составит не менее 30 лет. Ранее на вооружении США имелась версия КРМБ Tomahawk с ядерной БЧ W80 (с переменной мощностью

подрыва от 5 до 200 кг) – RGM/UGM-109A Tomahawk, с дальностью действия до 2500 км. Однако эта версия ракеты была снята с вооружения в 1990-х годах после заключения договора СНВ-1 [26].

3. Проблемные вопросы, основные факторы и особенности, определяющие архитектуру системы ПВО от БПЛА и КР

3.1. БПЛА и КР как новый тип угроз

Основными параметрами, характеризующими тип СВН, а также определяющими сложность ее обнаружения и перехвата являются: ЭПР, дальность действия, скорость, высота и профиль полета, тип и масса полезной нагрузки, тип пусковой установки (ПУ) или носителя. Все эти параметры необходимо учитывать на этапе создания системы ПВО.

Анализ ТТХ БПЛА ВСУ, атакующих российские объекты, показывает, что ударные БПЛА большой дальности, с точки зрения их обнаружения и поражения средствами ПВО, по своим параметрам, весьма подобны современным КР, в особенности это касается модифицированных БПЛА с ТРД – Ту-141 «Стриж» и Ту-143 «Рейс». Исключительным отличием БПЛА с РПД от КР является диапазон скоростей полета, который у БПЛА с РПД составляет 120-230 км/ч, а у КР и БПЛА с ТРД – 700-1100 км/ч.

3.1.1. Дальность действия

Как показано выше, дальность действия современных ударных БПЛА достигает 800-2500 км. Дальность действия КРМБ находится в диапазоне 1600-2300 км, а КРВБ – от 500 до 1200 км, без учета дальности действия самолета-носителя. Наличие большей дальности у БПЛА и КР позволяет противнику размещать свои ПУ на удалении от границ РФ, что снижет вероятность их обнаружения до того, как противник начнет атаку. Большая дальность КР и БПЛА также позволяет атакующему поражать цели в глубине материковой части РФ. Возможность ПЛ США и НАТО скрытно подходить к береговой линии РФ и производить одновременный и массированный запуск КРМБ из акваторий Балтийского, Средиземного, Карского, Охотского морей актуализирует угрозу нанесения обезоруживающего удара в отношении России (рис. 2).

Однако ракеты малой дальности также представляют существенную угрозу, поскольку большая часть населения РФ и многие важные правительственные и военные объекты расположены в европейской части России и досягаемы для ОТР запускаемых ВСУ, а в случае военного конфликта с НАТО – из Турции, Финляндии и прибалтийских стран. Дальность действия ОТР – до 300 км (MGM-140B ATACMS Block 1A), при этом ожидается появление новых типов этого оружия с дальностью действия до 500 км (ракета PrSM). Перехват таких ракет может оказаться сложной задачей, поскольку районные средства ПВО могут оказаться не в состоянии отреагировать на этот тип угрозы за очень короткое время, прошедшее между моментом запуска ракеты и моментом, когда она достигнет своей цели.

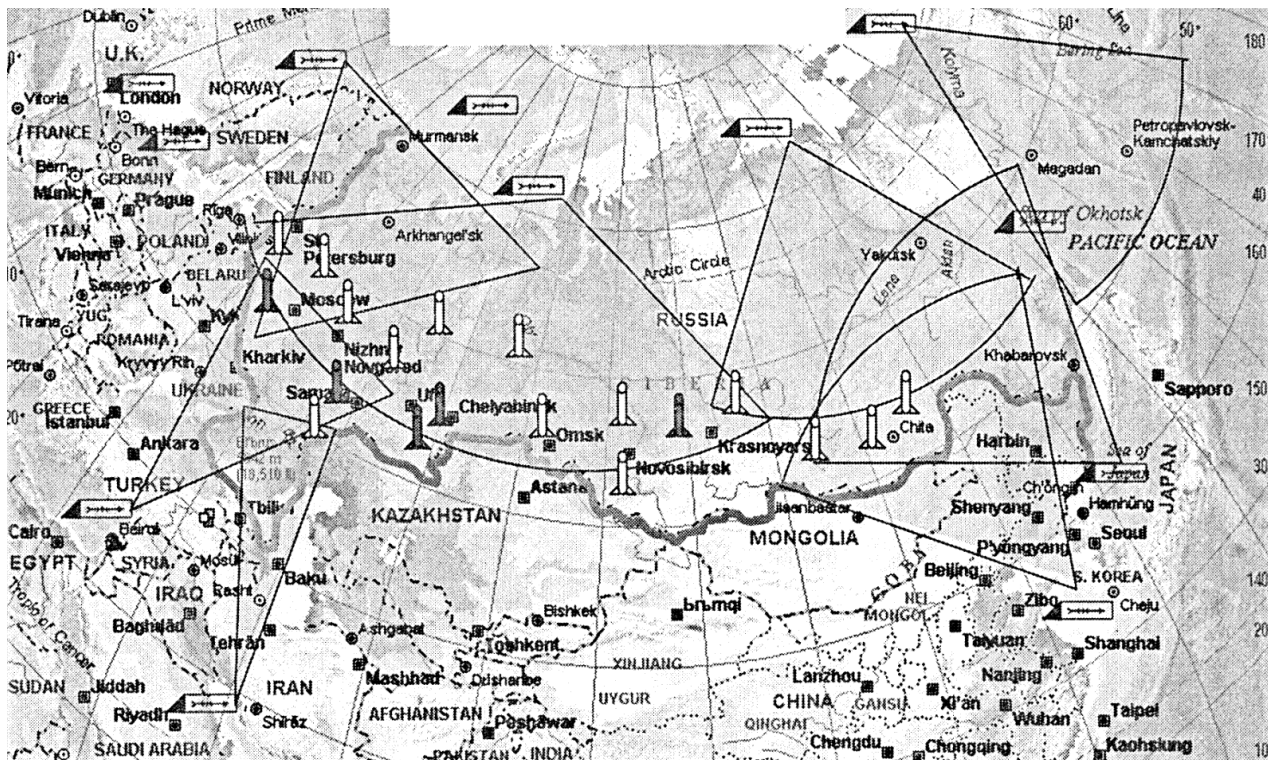


Рис. 2. Возможные сектора поражения КРМБ RGM/UGM-109A Тома- hawk, с дальностью действия до 2500 км, запускаемых с ПЛ США [36]

3.1.2. Скорость

Большинство находящихся сегодня на вооружении БПЛА и КР являются дозвуковыми. Анализ их ТТХ показывает, что БПЛА самолетного типа с РПД имеет типовую крейсерскую скорость 80-230 км/ч, а КР и БПЛА с ТРД – от 700 до 1100 км/ч. Некоторые ракеты могут летать со сверхзвуковой скоростью – как правило 2-3 М, за счет использования прямоточного реактивного двигателя, но эти ракеты обычно имеют гораздо меньшую дальность полета, чем дозвуковые ракеты.

При прочих равных условиях увеличение скорости БПЛА или КР сокращает время, необходимое системе ПВО для их перехвата после обнаружения. Однако более высокая скорость имеет свои недостатки. Более быстрые БПЛА и КР, как правило, крупнее и дороже при той же полезной нагрузке, и для достижения большой дальности они обычно летят на существенной высоте, где сопротивление воздуха ниже (недостаток больших высот обсуждается ниже). Нагрев поверхности ракеты от трения в воздухе, также увеличивает вероятность их обнаружения инфракрасными (ИК) датчиками.

3.1.3. Высота и профиль полета

БПЛА и КР для повышения своей скрытности могут вести полет на высотах от нескольких десятков до нескольких тысяч метров. Использование больших высот позволяет увеличить дальность полета, а объект, летящий близко к поверхности Земли по настильной траектории, труднее обнаружить и перехватить. На повышение скрытности БПЛА и КР, летящих на низкой высоте с ис-

пользованием особенностей рельефа местности, влияет многократное переотражение ЭМВ от поверхности Земли и наземных объектов, недостаточная высота размещения радиолокационных станций (РЛС) контроля воздушного пространства, режим работы и рабочий диапазон ЭМВ, используемый РЛС. Так ЭПР типовых БПЛА и КР в зависимости от ракурса наблюдения составляет от 1 до 0,15 м². Их обнаружение производится наземными РЛС в ДМВ и СМВ диапазоне, однако дальность такого обнаружения при низком профиле полета – 25-30 км, кроме того в этом диапазоне наблюдаются не только КР и БПЛА, но и другие объекты сопоставимого размера (одиночные большие птицы, плотные стаи малых птиц и др.). Все это затрудняет обнаружение БПЛА и КР с маловысотным профилем полета.

При планировании применения БПЛА и КР могут быть выбраны различные профили полета. Например, на начальном этапе полет осуществляется на большой (оптимальной) высоте для увеличения дальности, с последующим снижением вблизи цели, что повысит скрытность относительно прикрывающего цель ЗРК. Другие варианты: полет к цели осуществляется только на малой высоте; на основном участке используется переменный профиль, а на конечном участке полет на предельно малых высотах. Выбор высоты и профиля полета зависит от максимальной дальности полета и маневренных характеристик БПЛА и КР.

Самые быстрые объекты, вероятно, будут использовать на основном участке высотный профиль полета, поскольку атмосферное сопротивление на малых высотах непомерно велико, а, соответственно, полет на больших высотах позволяет им этого избежать и увеличить дальность. Однако, необходимо учитывать, что использование больших высот существенно увеличивает вероятность их обнаружения со стороны контролирующих РЛС.

3.1.4. Использование технологий снижения заметности

Еще одним способом повышения скрытности КР или БПЛА является использование в их конструкции специальных элементов – радиопоглощающих или радиопрозрачных материалов, а также специальной геометрической формы, минимизирующей отражение ЭМВ в направлении их прихода. В частности, в СМИ имелись сообщения что «рубленая» геометрическая форма КРВБ Storm Shadow/SCALP существенно снижает дальность и вероятность их обнаружения отечественными ЗРК. А ВСУ перешло к широкому использованию «деревянных», «картонных» и «пластиковых» БПЛА именно по причине их высокой дешевизны и низкой радиозаметности, ввиду того что эти материалы являются прозрачными для ЭМВ, используемых РЛС.

Использование противником технологий снижения заметности требует адекватных мер противодействия: увеличения мощности РЛС, сложности зондирующих сигналов и использования нескольких диапазонов ЭМВ, уменьшения расстояния между РЛС в оборонительном периметре. Однако, все это увеличивает стоимость системы ПВО.

Вместе с тем, использование технологий снижения заметности также ведет и к снижению эффективности атакующих СВН. Использование таких мате-

риалов как пластик, картон и дерево, снижает прочность конструкции, использование композитов – удорожает ее. Использование специальной геометрической формы, снижающей отражение ЭМВ, ведет к снижению аэродинамических свойств СВН, повышенному расходу топлива, и как результат – снижению дальности.

3.1.5. Тип и масса полезной нагрузки

КР и БПЛА могут нести различную полезную нагрузку. Хотя тип полезной нагрузки обычно не влияет на способность РЛС системы ПВО обнаруживать и отслеживать цели, общая архитектура системы ПВО может зависеть от того, ядерная или обычная БЧ размещена на перехватываемой цели. Например, ядерные БЧ могут быть сконструированы с так называемыми аварийными взрывателями, которые срабатывают, если ракета, несущая их, была перехвачена. Для противодействия такой функции может потребоваться развертывание средств ПВО, способных перехватывать ракеты с ядерными БЧ за пределами территории страны или, хотя бы, за пределами густонаселенных территория и крупных городов (что сократило бы время, доступное для обнаружения, отслеживания и уничтожения таких ракет). Еще одним способом противодействия таким ракетам является разработка противоракет или средств перехвата, способных не только сбить ракету-носитель, но и надежно уничтожить саму БЧ. Это увеличивает сложность и стоимость системы ПВО. Угроза применения ядерных БЧ на КР-носителях, вероятно, также повысила бы требования к эффективности перехвата, что потребовало бы повышенного расхода ЗУР, более быстрого исчерпания боезапаса ЗРК, т.к. на одну перехватываемую КР пришлось бы назначать по 2 ЗУР. Это вопрос осложняется тем, что КР с обычной и ядерной БЧ с точки зрения системы обнаружения ничем не отличаются. Так, например, КРМБ Tomahawk может нести проникающую или фугасную БЧ массой 340 кг, а может являться носителем ядерной БЧ W80 или W84 мощностью от 5 до 200 кт (масса БЧ 110 кг). Таким образом в период нарастания угрозы применения КР с ядерной БЧ, возможности системы ПВО в части запаса ЗУР должны наращиваться, а перехват должен предусматривать такие траектории, которые лежат вдалеке от густонаселенных районов страны.

Дополнительно отметим, что снижение массы БЧ в КР и БПЛА, ведет к повышению дальности их полета. Так для КРМБ Tomahawk переход от обычной БЧ весом 340 кг к ядерной БЧ весом 110 кг, позволяет увеличить максимальную дальность полета с 1600 км до 2300 км.

3.1.6. Тип пусковой установки и носителя

Еще одним важным параметром СВН является тип ПУ, используемой для их запуска, или тип носителя КР. Например, некоторые ПУ могут быть легче обнаружить и уничтожить до запуска ими ракет, а использование «упрощенного» типа ПУ позволяет развернуть ее в любом месте и производить запуск СВН в непосредственной близости от поражаемого объекта. Легко транспортируемые ПУ влияют на скрытность, мобильность и на способность одновременно запускать СВН с нескольких направлений.

КР могут запускаться с разнообразных платформ, включая автомобили, НК, ПЛ и самолеты. Однако, чем крупнее ракета, тем более ограничены варианты ПУ. В целом, достижение большей дальности, высоких скоростей и тяжелых БЧ требует создания КР большого размера, поскольку для этих характеристик требуется больше топлива, крупные и мощные двигатели и крупные ПУ для размещения таких ракет. Наземные ПУ в непосредственной близости у границ страны могут заблаговременно вскрываться и уничтожаться превентивным ударом. Самолеты – носители КРВБ, а также НК – носители КРМБ, могут уничтожаться до их выхода на рубежи пуска КР. Наиболее сложными платформами, обладающими высокой скрытностью, являются ПЛ с КРМБ. При запуске КРМБ с ПЛ, у сил ПВО будет меньше времени для реагирования, в сравнении с КРМБ запущенной с НК в море. Сокращение времени для реагирования на запуск может потребовать создания и размещения более быстрых средств перехвата в более плотных боевых порядках, что приведет к увеличению стоимости и сложности системы ПВО.

ПУ для запуска БПЛА являются максимально простыми (как правило, катапультного типа), что создает множество проблем. Места запуска БПЛА могут быть скрытными, мобильными, трудными для обнаружения и уничтожения. Простота ПУ БПЛА позволяет диверсионно-разведывательным группам (ДРГ) противника развернуть такие ПУ прямо на территории страны и производить запуск ударных БПЛА в непосредственной близости от поражаемого объекта, контролируя и управляя ходом нанесения удара. В частности, именно так сейчас происходит с запуском многих БПЛА ВСУ.

3.2. Особенности средств обнаружения и факторы, влияющие на эффективность контроля воздушного пространства

Средства контроля воздушного пространства, входящие в систему ПВО, должны своевременно обнаруживать и достоверно выдавать целеуказания на средства поражения, чтобы самолеты истребительной авиации (ИА) и ЗРК уничтожали цели на заданных рубежах. Критической характеристикой эффективности таких средств является эффективная дальность – расстояние, на котором осуществляется обнаружение воздушной цели, и она достоверно классифицируется как потенциально опасный объект, требующий перехвата. Высокая эффективная дальность средств обнаружения уменьшает количество таких средств, необходимых для контроля заданного района воздушного пространства, и увеличивает время, которым располагают средства поражения до поражения цели. Дальность действия отдельного средства обнаружения, в первую очередь, зависит от таких параметров как его мощность, разрешающая способность, тип излучаемого сигнала и алгоритмы его обработки, высоты размещения над землей, которая определяет предел прямой видимости воздушных объектов, обусловленный кривизной Земли.

Характеристики воздушной цели также влияют на дальность действия средства обнаружения. Для активных средств, таких как РЛС, дальность обнаружения может быть снижена если цель сделана с использованием радиопрозрачных или радиопоглощающих материалов или имеет форму, минимизирую-

щую отражение ЭМВ в направлении облучающей РЛС. Для пассивных средств, таких как ИК-датчики, которые обнаруживают тепло, излучаемое объектом, дальность обнаружения может быть уменьшена за счет смешивания горячего выхлопа двигателя с более холодным воздухом до выхода выхлопа из двигателя.

3.2.1. Тип средства обнаружения

Выбор типа средств обнаружения для системы ПВО будет зависеть от характеристик и физических сигнатур обнаруживаемых воздушных объектов. Наиболее распространенным типом средства обнаружения является средство радиолокационной разведки (РЛР) воздушного пространства – РЛС. В настоящее время система контроля воздушного пространства России образована РЛС радиотехнических войск (РТВ) – РЛС П-18М, 5Н84АПМ «Оборона», ПРВ-13, ПРВ-17 «Линейка», 39Н6 «Каста-2-2», 22Ж6М, 55Ж6 «Небо», 55Ж6Т «Небо-Т», 55Ж6У «Небо-У», 55Ж6М «Небо-М», 1Л119 «Небо-СВУ», 59Н6-1 «Противник-ГЕ», 64Л6 «Гамма-С1», 48Я6-К1 «Подлёт-К1» и др.; РЛС сухопутных войск – РЛС 1Л13 «Небо-СВ», «Небо-СВУ», «Каста-2-2», «Обзор-3», «Имбирь», «Купол», «Гармонь» и др.; РЛС гражданской системы управления воздушным движением (УВД) – РЛС «Корень» различных модификаций («Корень-АС», «Корень-С», «Корень-СК»), «Малахит», 69Ж6 «Сопка», 12А6 «Сопка-2» и др. [24]. Если воздушная цель является КР или БПЛА, активно управляемой по радиоканалу, то она может быть обнаружена средствами радиотехнической разведки (РТР). В настоящее время на вооружении частей РЭБ стоит трассовая станция РТР 1Л217, а также активно наращивается номенклатура средств РТР в интересах обнаружения малоразмерных БПЛА [18], в том числе по сигналам от не кооперируемых источников ЭМВ (например, изделие «ПАРЛС» [40]). Если воздушная цель очень горячая или находится в верхних слоях атмосферы, для ее обнаружения могут быть использованы пассивные ИК-детекторы. Другим типом средств обнаружения могут быть оптико-электронные средства обнаружения (ОЭС) или лазерный радар (обычно называемый «лидаром») [41]. Они могут использоваться в особых обстоятельствах, но их относительно небольшая дальность обнаружения в атмосфере делает их неподходящими для большой территории, которую необходимо покрыть при создании «сплошной» системы ПВО такого большого государства как Россия.

Относительно такого типа воздушной цели как КР и БПЛА именно РЛС будет основным типом средства обнаружения, действующими на больших расстояниях. Дозвуковые КР и БПЛА будет трудно обнаружить ИК-датчиками, потому что они имеют относительно небольшие тепловые сигнатуры – бустеры, которые поднимают их в воздух перед запуском реактивных двигателей. А КРВБ, возможно, не нужен разгонный блок, – атмосферное сопротивление на их низкой скорости не приводит к значительному нагреву поверхности ракеты. Сверхзвуковые КР легче обнаружить ИК-датчиками, потому что у них более горячие двигатели и больший нагрев поверхностей от трения, но дальность их обнаружения является весьма ограниченной. На РЛС же в меньшей степени влияют атмосферные условия, такие как наличие облаков или дымки, которые

ограничивают дальность обнаружения ОЭС и лидаров, использующих инфракрасное и коротковолновое излучение, особенно в отношении низколетящих целей. Вместе с тем, применение ОЭС и лидаров для донаведения самолетов ИА и ЗУР на воздушную цель, в процессе осуществления перехвата, является весьма эффективным. Полет БПЛА и КР на малой высоте на фоне неоднородной поверхности, наличие у них малых ИК-сигнатур по сравнению с баллистическими ракетами также делает невозможным их обнаружение ИК-датчиками космических аппаратов (КА) спутникового эшелона системы СПРН.

В настоящее время, в связи с актуализацией угроз от БПЛА и КР, военно-промышленный комплекс (ВПК) России наращивает выпуск РЛС, которые специально ориентированны на обнаружение дозвуковых маловысотных воздушных целей с малой ЭПР – БПЛА и КР. К таким РЛС, работающих в ДМВ, СМВ и ММВ диапазонах ЭМВ, поступающих на вооружение, можно отнести: 48Я6-К1 «Подлёт-К1», 64Л6М «Гамма-М», 39Н6 «Каста-2-2», 1РС2-Е «Шлем», 1Л122 «Гармонь», а также перспективные средства обнаружения: РЛС «ОВД», производства АО «ЦКБА» (г. Тула), изделие «НРЛС», производства АО «КБ «Кунцево» (г. Москва), изделия «ДМРЛ-С» и «РОСК-1», производства ПАО «НПО «Алмаз» (г. Москва) и др.

Основными характеристиками, определяющими эффективную дальность действия РЛС, являются мощность передатчика (ПРД) и чувствительность приемника (ПРД), алгоритмы обработки сигнала, высота размещения антенны или самого средства над поверхностью земли. Возможности современных РЛС с активной фазированной антенной решеткой (АФАР) таковы, что основным ограничивающим фактором эффективной дальности действия РЛС, относительно БПЛА и КР с малой ЭПР, летящих на очень малых высотах, будет именно дальность прямой радиовидимости, которая зависит от высоты размещения антенны или самой РЛС над поверхностью Земли.

В отношении РЛС, а также других средств обнаружения, которые размещаются на воздушных платформах, отметим следующее. Эти средства обнаружения должны иметь бортовые алгоритмы обработки сигналов, позволяющих производить эффективное обнаружение воздушных целей типа КР и БПЛА на фоне неоднородной подстилающей поверхности.

3.2.2. Особенности платформы, на которой размещается средство обнаружения

Важным аспектом архитектуры системы контроля воздушного пространства является тип платформы¹, на которой расположены средства обнаружения. В контексте формирования системы контроля воздушного пространства, особенно важными являются два параметра:

1) высота платформы – определяет границу горизонта прямой видимости, что в свою очередь задает эффективную дальность обнаружения воздушных объектов. Если средство обнаружения расположено на КА на орбите Земли, особенности баллистики орбиты КА также важны;

¹ Платформа – в данном случае: носитель средства обнаружения.

2) время непрерывного использования платформы для наблюдения – продолжительность времени в течение которого платформа, являющаяся носителем средства обнаружения, может непрерывно функционировать в режиме контроля воздушного пространства до возвращения на базу или до постановки на техническое обслуживание.

Оба этих параметра определяют требуемое количество средств и платформ, находящихся в режиме непрерывного функционирования, необходимых для «сплошного» контроля заданного района воздушного пространства.

Рассмотрим эти параметры более подробно.

3.2.2.1. Высота размещения средства обнаружения или несущей платформы

Высота размещения РЛС или несущей платформы определяет радиогоризонт обнаружения и дополнительно зависит от высоты полета цели, ее ЭПР, наличия таких особенностей местности, как холмы, горы, деревья или здания. Если ввести допущения, что поверхность Земли гладкая, рельеф местности не учитывается, а на распространение ЭМВ не влияют состояние атмосферы, замирания и переотражения радиоволн, то дальность радиогоризонта наземной РЛС составит около 40 км для цели, летящей на высоте 90 м. В этом примере, если РЛС обеспечивает обзор пространства в круговом режиме (0° – 360°), то площадь контролируемой зоны составляет около 5200 км². В реальности зоны обнаружения РЛС зависят от рельефа местности и в отдельных направлениях дальность обнаружения значительно может уменьшиться. Эффективная дальность обнаружения РЛС и площадь потенциально контролируемой территории будут увеличиваться по мере увеличения высоты цели и высоты размещения РЛС (см. рис. 3). С увеличением высоты размещения РЛС снижается влияние местных предметов на дальность обнаружения.

Малая дальность обнаружения наземной РЛС даст мало времени для реакции средствам поражения. Так у системы ПВО было бы всего 3 мин на обнаружение, идентификацию и реагирование в приведенном выше примере, если бы КР летела со скоростью 800 км/ч (или 0,65 М) и на высоте 90 м, а РЛС находилась бы в точке, что и цель КР (или была бы ее целью). Размещение РЛС на высоте 200 м (например, путем размещения ее на вышке) более чем в двое увеличило бы его радиогоризонт относительно этой цели, примерно до 96 км, и увеличило бы время, доступное для реагирования на КР, до 7 мин.

Для покрытия больших территорий, таких как материковая часть России, вероятно, потребуются разместить РЛС на воздушных или космических платформах. Так отечественные авиационные комплексы радиолокационного дозора и наведения (АК РЛДН) А-50 и А-100 или американские самолеты Е-3 AWACS (Airborne Warning and Control System), летящие на высоте 9 км, имеют дальность обнаружения 435 км и покрывают около 600 000 км² территории, что обеспечивает 32 мин предупреждение о КР, летящей со скоростью 800 км/ч (0,65 М) на высоте 90 м.

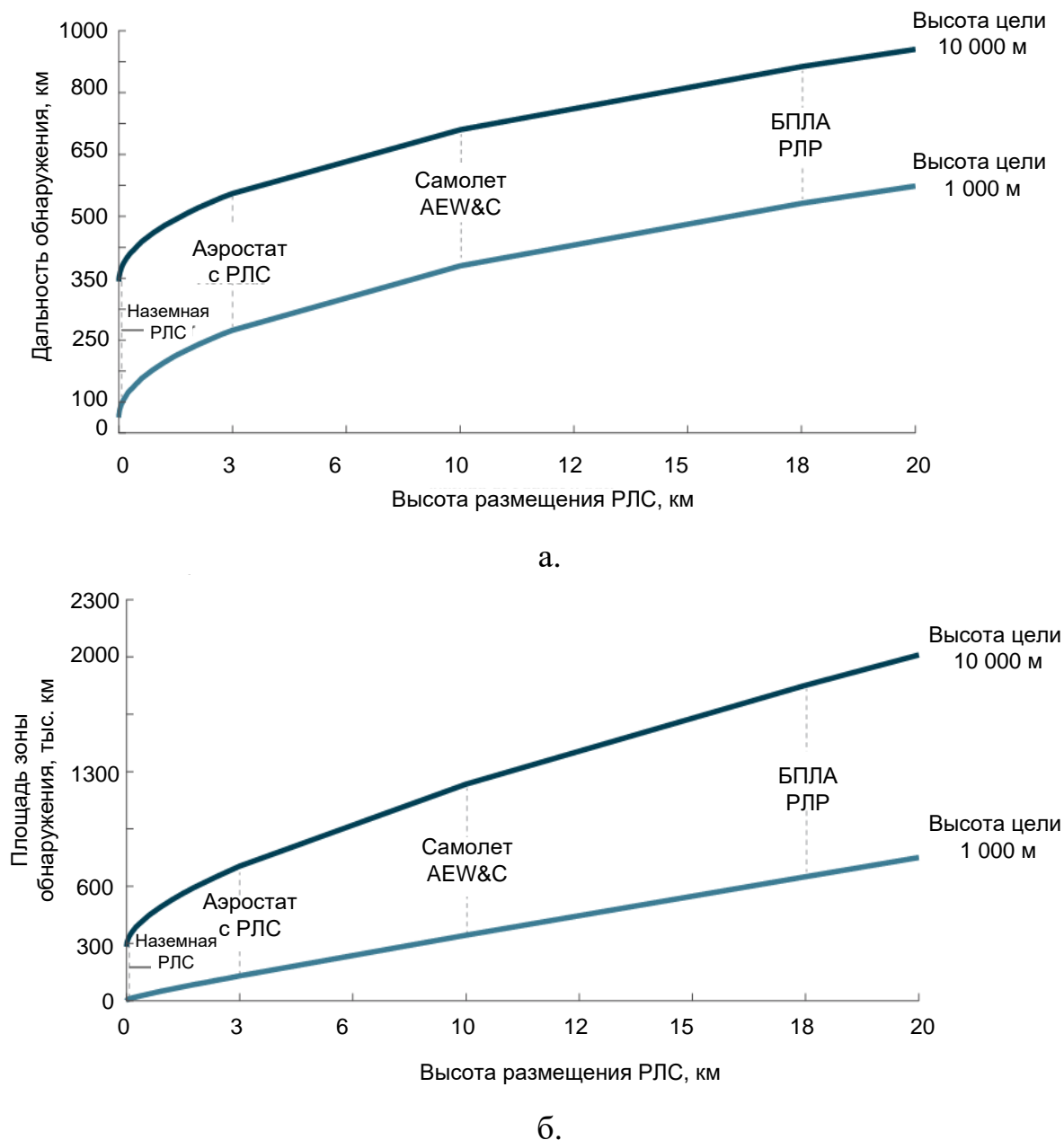


Рис. 3. Радиогоризонт и зона обнаружения для типовых наземных и воздушных радиолокаторов

Высотные БПЛА, летящие на высоте 18,2 км, например такие как отечественный «Орион» или американский RQ-4B Global Hawk, будут иметь дальность обнаружения около 600 км, охватывать около 1,1 млн км² и обеспечивать время реагирования средств поражения 44 мин. КА РЛР на низкой околоземной орбите будет иметь еще больший горизонт обнаружения² – около 3700 км и контролируемую площадь почти 44 млн км² при высоте орбиты КА около 800 км.

² На таком большом расстоянии КА РЛР от объектов обнаружения ограничивающим фактором, будет не радиогоризонт, а такие характеристики как ЭПР цели, мощность и чувствительность РЛС, а также режимы обзора подспутникового пространства.

3.2.2.2. Время непрерывного использования платформы для наблюдения

Вторым важным фактором, влияющим на количество средств обнаружения, которые потребуются для контроля заданного района воздушного пространства, является то, что потребуются приобрести более одного экземпляра средства или платформы, если средство или платформа не позволяют вести наблюдение непрерывно. Приведенные выше варианты включают 3 типа платформ:

- 1) наземные РЛС;
- 2) самолеты или БПЛА РЛР;
- 3) КА РЛР.

3.2.2.2.1. Наземные РЛС

Наземные РЛС обладают практически неограниченной продолжительностью работы. Они могут быть неработоспособны краткое время или останавливаться для ремонта или текущего обслуживания, но эти простои будут относительно короткими и могут быть запланированы так, чтобы противнику было трудно воспользоваться возникшей «брешью» в контроле воздушного пространства. Кроме того, мобильные наземные РЛС могут использоваться для обеспечения временного наблюдения в периоды ремонта стационарных РЛС.

К основным типам отечественных наземных РЛС можно отнести РЛС РТВ, РЛС сухопутных войск и РЛС УВД, указанные ранее.

3.2.2.2.2. Самолеты и БПЛА РЛР

Один самолет или БПЛА может находиться на аэродроме лишь ограниченный период времени. При использовании самолетов или БПЛА РЛР относительно много времени затрачивается на дозаправку и техническое обслуживание. Кроме того, самолетам и БПЛА придется потратить какое-то время для полета от аэродрома базирования к маршруту патрулирования. Следовательно, для обеспечения непрерывного наблюдения на каком-то одном маршруте патрулирования потребовалось бы более одного самолета или БПЛА. Точное количество самолетов и БПЛА, будет зависеть от продолжительности пребывания самолета или БПЛА в воздухе, его скорости, расстояния маршрута патрулирования от аэродрома базирования, времени на дозаправку и техническое обслуживание каждого вылета и общей надежности используемых самолетов и БПЛА. Например, обычно требуется от 3 до 4 БПЛА РЛР с высокой длительностью полета для обеспечения непрерывного наблюдения на одном маршруте патрулирования вдали от аэродрома. И 2-3 БПЛА РЛР, если маршрут патрулирования расположен в непосредственной близости от аэродрома. Для самолета РЛР выносливость его экипажа также может ограничивать продолжительность непрерывного наблюдения.

К отечественному прототипу самолета РЛР можно отнести АК РЛДН А-50, -100. Он может обнаруживать и сопровождать до 350 воздушных, надводных и наземных целей. Дальность обнаружения воздушных целей – 600 км, надводных целей – 400 км. А-100 может вести непрерывное дежурство в воздухе длительностью 6-10 ч на расстоянии до 1000 км от аэродрома базиро-

вания [42, 43]. Американским прототипами самолетов РЛР являются самолеты АEW&C E-3 Sentry [44] и самолет-разведчик P-8A Poseidon. ТТХ этих самолетов указаны в таблице 5.

Таблица 5 – ТТХ самолетов РЛР [42, 43, 44, 45]

Характеристика	A-50/100 (АК РЛДН)	E-3 Sentry (AWACS)	P-8A Poseidon
Эксплуатирующие страны	Россия	США, Великобритания, Франция, другие страны НАТО	США, Великобритания, Австралия, Канада, Германия, Норвегия, Корея, Индия
Функциональность	Обнаружение воздушных, наземных и морских целей, в том числе, на фоне подстилающей поверхности, управление своими самолетами при наведении их на обнаруженные цели		
Бортовое радиоэлектронное оборудование	АФАР РЛС	РЛС AN/APY-2; станция РРТР AN/AYR-1	РЛС AN/APY-10 и бортовые датчики APS-154 РЭБ AN/ALQ-213(V)
Дальность обнаружения:			
цель типа бомбардировщик, с ЭПР порядка 25 м ²	300-600 км	до 520 км	до 400 км
цель типа истребитель, с ЭПР порядка 5 м ²	400/650 км	до 450 км (на фоне поверхности); до 650 км (над горизонтом)	до 400 км
низколетящие мало-размерные цели типа КР или БПЛА, с ЭПР порядка 1 м ²	215 км	до 425 км	200 км
надводные цели	400 км	400 км	до 250 км
Длительность непрерывного дежурства в воздухе	7 ч	6 ч	до 10 ч
Дальность полета	7500 км	1612 км	2250 км
Высота полета	10200 м	10700 м	12500 м

К отечественному прототипу БПЛА РЛР можно отнести «Орион». Американскими прототипами БПЛА РЛР являются БПЛА RQ-4B Global Hawk и MQ-4C Triton. ТТХ этих БПЛА указаны в таблице 6.

Таблица 6 – ТТХ высотных БПЛА РЛР [46, 47, 48, 49]

Характеристика	Орион	RQ-4B Global Hawk	MQ-4C Triton
Эксплуатирующие страны	Россия	США, Австралия, Германия, Республика Корея	США, Австралия, Германия, Великобритания
Функциональность	Обнаружение воздушных, наземных и морских целей, в том числе, на фоне подстилающей поверхности		

Характеристика	Орион	RQ-4B Global Hawk	MQ-4C Triton
Бортовое радиоэлектронное оборудование	РЛС X-диапазона	АФАР РЛС бокового обзора SAR/MTI X-диапазоне	АФАР AN/ZPY-3 MFAS
Дальность обнаружения, км:			
- цель типа бомбардировщик, с ЭПР порядка 25 м ²	200	200	370
- цель типа истребитель, с ЭПР порядка 5 м ²	200	200	370
- низколетящие малоразмерные цели типа КР или БПЛА, с ЭПР порядка 1 м ²	100	100	100
- надводные цели	200	200	200
Длительность непрерывного дежурства в воздухе, ч	24	36	до 30
Дальность полета, км	300	R=5500 24 ч / 22200	15200
Практический потолок, м	7500	19800	17000
Высота ведения разведки, м	7500	18000	15000

3.2.2.2.3. Космические аппараты РЛР

Особенностью КА РЛР является то, что на более низких орбитах, которые лучше подходят для обнаружения и сопровождения КР, невозможно постоянно расположить КА над одной точкой земной поверхности. В результате для наблюдения большой территории потребуется орбитальная группировка (ОГ) из множества КА для обеспечения того, чтобы вся страна всегда находилась в поле зрения достаточного количества КА РЛР. Точное количество необходимого КА РЛР будет зависеть от высоты орбиты, а также от чувствительности и от рабочих характеристик бортовой РЛС. Дополнительным положительным эффектом от разворачивания ОГ КА РЛР является то, что они могут обеспечить наблюдение не только воздушного пространства страны, но и всего мирового воздушного пространства. Однако, проблемным аспектом при использовании КА РЛР является техническая трудность достоверной идентификации БПЛА и КР среди множества других воздушных объектов, а также быстрая передача данных об обнаруженных воздушных целях в систему управления ПВО. Решение последней задачи может потребовать разворачивания еще одной ОГ ретрансляции данных от КА РЛР, например, такой как ОГ SDS для разведывательных ОГ США Lacrosse и KeyHole.

Для ведения космической РЛР в США и в странах НАТО используются КА Lacrosse/Onyx и Topaz, SAR-Lupe, TerraSAR-X (ФРГ), PAZ (Испания), Cosmo-Skymed (Италия), Radarsat-2 (Канада). Не рассматривая подробно характеристики этих КА, укажем основные значимые обобщенные ТТХ типовых КА РЛР [26]:

- высота орбиты КА РЛР: до 1000 км;
- диапазон ведения разведки: L, C и X диапазоны;

- разрешающая способность: в режиме сверхвысокого разрешения: 0,5-1 м; в режиме высокого разрешения: 2-3 м; в режиме ведения съемки в полосе: 10-16 м;
- ширина полосы обзора: 3-500 км;
- периодичность обновления данных обзора поверхности Земли: в масштабе времени, близком к реальному, при передаче данных через КА-ретрансляторы.

В России к отечественным аналогам вышеуказанных КА РЛР можно отнести КА «Пион-НКС» [50] и КА «Кондор-ФКА» [51].

3.3. Особенности средств поражения и факторы, влияющие на эффективность перехвата БПЛА и КР

3.3.1. Основные типы средств поражения

К основным средствам поражения, действующим в системе ПВО, способным сбивать КР и БПЛА, относят ЗРК, вооруженные ЗУР типа «земля – воздух», а также самолеты ИА – истребители, имеющие на вооружении ракеты «воздух – воздух».

Создание архитектуры системы ПВО, обеспечивающей защиту всей территории России, требует формирования многоэшелонированной системы в которой решение задач ПВО больших территорий будет осуществляться ИА и ЗРК большой дальности, а ЗРК средней и малой дальности будут обеспечивать защиту критически важных объектов.

В условиях отражения массированного налета КР и БПЛА, ЗРК будут иметь преимущество в отношении быстрого запуска ЗУР сразу же после обнаружения воздушных целей. Истребители имеют преимущество в гораздо большем радиусе действия и в возможностях поражать цели на дальних рубежах, вдали от густонаселенных районов страны и прикрываемых объектов, если у них достаточно времени от момента обнаружения цели до момента перехвата, достаточного для взлета и полета к цели или действия из зон дежурства в воздухе. Поскольку КР и БПЛА может быть трудно отличить от гражданских самолетов с помощью РЛС и других средств дальнего обнаружения, то еще одним преимуществом истребителей является возможность визуального определения пилотом цели как КР или БПЛА, прежде чем перехватывать ее.

3.3.2. Зенитно-ракетные комплексы.

Зенитные управляемые ракеты типа «земля – воздух»

ПВО России – много эшелонированная система защиты воздушного пространства страны основу которой составляют ЗРК ПВО СВ и ПВО-ПРО ВКС их различают по высоте действия: от ЗРК предельно малых высот до ЗРК больших высот, а также по значению дальнейшей границы зоны поражения:

- дальнего действия;
- средней дальности;
- малой дальности;
- ближнего действия.

ЗРК ближнего действия (ЗРК БД) типа «Стрела-10М4», «Тунгуска-М1»; ЗРК малой дальности (ЗРК МД) типа «Тор-М2У», «Оса-АКМ», «Панцирь-1С», и др., с дальностью действия до 15 км, а для «Панцирь-СМ» – до 40 км [52];

ЗРК средней дальности (ЗРК СД) типа «Бук» (в модификациях Бук-М1, -М1-2, -М2, -М3) с дальностью действия до 70 км;

ЗРК дальнего действия (ЗРК ДД) типа С-300В4 «Антей-300» и С-300ВМ «Антей-2500» с дальностью действия более 100 км;

ЗРК зонально-объектовой ПВО средней дальности – ЗРК С-300ПМ2 «Фаворит» [53], ЗРК С-350 «Витязь»[54] с дальностью действия – до 200 км

ЗРК зонально-объектовой ПВО большой дальности – ЗРК С-400 «Триумф» с дальностью действия до 400 км [55]

ЗРК ПВО/ПРО/ПКО – ЗРК С-500 «Прометей» с дальностью действия – до 600 км [56].

3.3.2.1. Силы и комплексы войсковой ПВО

Войсковая система ПВО обеспечивает прикрытие войск и объектов от действий СВН противника при ведении общевойсковыми объединениями и соединениями операций (боевых действий), совершении перегруппировок (марша) и расположении на месте.

Основными целями для современных комплексов войсковой ПВО являются аэробаллистические и баллистические ракеты оперативно-тактического назначения, самолеты ТА и вертолеты, КР, управляемые ракеты (УР), БПЛА, ракеты РСЗО, действующие в широком диапазоне высот и скоростей полета. Их боевая работа обеспечивается днем и ночью в различных метеоусловиях, в сложной помеховой обстановке и при массированном применении СВН.

Основные ТТХ этих комплексов представлены в таблицах 7-8.

Таблица 7 – Основные ТТХ комплексов войсковой ПВО БД и СД [25, 52]

Характеристика	ЗРК Стрела-10М4	ЗРК Тунгуска-М1	ЗРК Тор-М2У	ЗРК Панцирь СМ/СМ1	Бук-М2	Бук-М3
Дальность обнаружения целей, км	до 20	до 18	до 27	до 75	до 100	35-40
Вероятность поражения одной ЗУР	0,3-0,6	0,6-0,7	0,45-0,8	0,7	0,7-0,95	0,8-0,95
Число одновременно обстреливаемых целей, шт	1	1	4	4	24	36
Зона поражения, км: - по дальности - по высоте	0,8-5 0-3,5	2,5-8 0,015-3,5	1-15 0,01-10	1-40 0,01-18	3-50 0,01-25	2,5-70 0,015-35
Скорость поражаемых целей, м/с	420	500	до 1000	до 2000	1100	3000
Масса боевой части, кг	3	9	15	16	70	62
Боекомплект ЗУР на боевой машине, шт	8	8 ЗУР + 1904 30-мм В	8	12-48	4	4
Год принятия на вооружение	2015	2003	2012	2020	2008	2016

Примечание: ЗУР – зенитная управляемая ракета; В – выстрел.

Таблица 8 – Основные ТТХ комплексов войсковой ПВО ДД [25]

Характеристика	С-300В	С-300ВМ	С-300В4
Зона поражения, км: - по дальности - по высоте	до 100 0,025-30	до 200 0,025-30	до 400 до 40
Вероятность поражения одной ракетой: - самолета - КР - вертолета	0,7-0,9 0,5-0,7 0,7-0,9	0,7-0,9 0,5-0,7 0,7-0,9	0,7-0,9 0,5-0,7 0,7-0,9
Число одновременно обстреливаемых целей дивизионом, шт	24	24	24
Максимальная скорость поражаемых целей, м/с	3000	4500	4600
Время реакции, с	15	7,5	7,5
Масса боевой части ЗУР, кг	150	150	14,8/4,7
Число ЗУР на боевой машине	4/2	4/2	4/2
Год принятия на вооружение	1988	2014	2015

3.3.2.2. Силы и средства зонально-объектовой ПВО

Зонально-объектовая ПВО решает задачи обеспечения защиты отдельных районов, в пределах которых находятся объекты прикрытия, а объектовая ПВО, обеспечивает оборону важных объектов. При решении основных задач ПВО способна поражать самолёты – постановщики помех, самолёты радиолокационного обнаружения и управления, самолёты-разведчики (в том числе входящие в состав ударно-разведывательных комплексов), самолёты стратегической и тактической авиации, ОТР и ТР, баллистические ракеты средней дальности, КР, БПЛА, гиперзвуковые цели и другие современные и перспективные СВН.

Основные ТТХ данных систем представлены в таблице 9.

Таблица 9 – ТТХ комплексов зонально-объектовой ПВО [53, 54, 55, 56]

Характеристики	С-300ПМУ-2 «Фаворит»	С-350 «Витязь»	С-400 «Триумф»	С-500 «Прометей»
Зона поражения по дальности, км – аэродинамические цели – баллистические цели	3-200 5-40	1,5-60 1,5-30	2,5-380 5-60	н/д 30-3000
Минимальная/максимальная высота поражаемой цели, км – аэродинамические цели – баллистические цели	0,01-27 0,02-25	0,01-30 2-25	0,01-30 2-25	н/д 1000
Максимальная скорость поражаемой цели, м/с	2800	2000	4800	7000
Число одновременно сопровождаемых трасс целей	до 100	н/д	до 300	5-20
Число одновременно обстреливаемых целей, шт.	36	16	80	5-10

Характеристики	С-300ПМУ-2 «Фаворит»	С-350 «Витязь»	С-400 «Триумф»	С-500 «Прометей»
Количество одновременно наводимых ракет, шт.	72	32	160	5-10
Время развёртывания средств ЗРС с марша, мин	5	5	5	н/д

3.3.2.3. Силы и средства ПВО США

Американский аналог системы ПВО в своем составе имеет: ЗРК ПРО ТНААД (дальность действия до 200 км, высота перехвата 150-200 км); ЗРК ПВО Patriot PAC-3 (дальность действия по баллистической цели – до 20 км, по аэродинамической цели – до 80 км, высоты поражаемых целей – от 0,6 до 24 км); ЗРК малой дальности M1097 Avenger (предназначен для поражения целей на высотах 0,5-3,8 км и на дальностях 0,5-5,5 км) [18]; ЗУР RIM-161 SM-3 морской системы ПРО США AEGIS (дальность действия до 1200 км, высота перехвата 160-250 км); ЗУР RIM-174 SM-6 ERAM наземной системы ПВО США (дальность действия до 240 км, высота перехвата до 33 км).

ТТХ отдельных ракет систем ПВО-ПРО США и аналогов РФ, используемые в моделировании системы ПВО, представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Основные ТТХ некоторых ракет ПВО-ПРО [57, 58]

Ракета	SM-3	SM-6 ERAM	Отечественная ракета ПВО для перехвата ВЦ (С-400) – аналог SM-6	Отечественная ракета ПВО для перехвата ВЦ (С-500) – аналог SM-3
Модификация	RIM-161B	RIM-174	40Н6Е	77Н6-Н
Назначение	Перехват МБР и БРПЛ на активном участке, перехват их ББ на конечном участке траектории	Перехват дозвуковых, сверх- и гиперзвуковых воздушных целей	Перехват дозвуковых, сверх- и гиперзвуковых воздушных целей	Ракета-перехватчик для работы по баллистическим целям и КА
Длина, м	6,6	6,55	7,5	10,7
Стартовый вес, кг	1501	1500	1900	н/д
Диаметр, м	0,34	н/д	1	1,12
Размах крыла	1,57 м	н/д	н/д	
Двигатель	трёхступенчатый РДТТ	н/д	РДТТ	РДТТ
Дальность, км	до 1200	240	380	600
Высота, км	более 247	33	30	200
Скорость	2700 м/с 9600 км/ч	1180 м/с 4250 км/ч	1190 м/с 4300 км/ч	3055 м/с 11 000 км/ч

Ракета	SM-3	SM-6 ERAM	Отечественная ракета ПВО для перехвата ВЦ (С-400) – аналог SM-6	Отечественная ракета ПВО для перехвата ВЦ (С-500) – аналог SM-3
Система наведения	СРНС, ИНС, ИК ГСН	ИНС, АРЛ ГСН	полуактивное или активное радиолокационное наведение	СРНС, ИНС
Боевая часть	LEAP (кинетический перехватчик)	кинетическая или осколочная БЧ Mk 125	осколочная	инертные боеголовки, кинетическая
Пусковая установка	Mk 41	Mk 41	ПУ 9А82/83	77П6-1
На вооружении с	Испытания с 2004 г.	Планируется с 2011 г. Испытания с 2008 г.	Стоит на дежурстве	Производится
Стоимость единицы	~990 000 USD	н/д	н/д	н/д

Для ЗРК, предназначенных для решения задач ПВО и ПРО большой площади, важны следующие параметры:

- а) большая дальность действия – является ключевым параметром для обеспечения обороны большой территории с разумным количеством ЗРК;
- б) высокая скорость ЗУР – позволяет ЗРК перехватывать цели за меньшее время;
- в) возможность ЗРК получать целеуказание и производить наведение ЗУР на большей части участка ее полета по информации от внешних источников (то есть из источников, отличных от РЛС ЗРК, которая, вероятно, будет ограничена радиогоризонтом).

Последние, позволит ЗРК производить перехват целей за пределами дальности работы его РЛС, на всю дальность боевого применения ЗУР, по целеуказанию от всех возможных средств обнаружения в т.ч. от АК РЛДН, БПЛА РЛР и КА РЛР. Вместе с тем, такое применение ЗУР требует наличия активного канала управления, по которому на нее будут передаваться команды не только от ЗРК, но и от других средств. Фактически речь будет идти о новом способе боевого применения ЗУР дальнего действия, когда команда на запуск и первоначальное целеуказание осуществляется по информации от внешних средств обнаружения, а после старта процесс управления ЗУР передается на АК РЛДН или на БПЛА РЛР или БПЛА ретрансляции команд, при этом эти средства могут использоваться как для подсвета цели, так и контроля результатов перехвата.

3.3.3. Истребители – перехватчики.

Управляемые ракеты типа «воздух – воздух»

Самолеты ИА размещаются на аэродромах, распределённых по всей территории РФ, и предназначены для перехвата неопознанных или потенциально опасных воздушных объектов (таблица 11).

Таблица 11 – ТТХ основных самолетов ИА РФ [59, 60]

	МиГ-31	МиГ-29	Су-27	Су-30	Су-34	МиГ-35
Экипаж, чел.	2	1	1	2	2	1
Длина, м	22,7	17,32	21,93	21,9	23,34	17,32
Максимальная взлётная масса с топливом и вооружением, кг	46780	22300	33000	более 25000	45100	24500
Двигатель	ТРДД	ТРДД	ТРДД	ТРДД	ТРДД	ТРД с УВТ
Максимальная скорость:						
- на высоте	2,8 М (3100 км/ч)	1,2 М 1500 км/ч	2,35 М (2500 км/ч)	2,3 М 2450 км/ч	1,8 М (1900 км/ч)	2,35 М (2500 км/ч)
- у поверхности	1,25 М (1400 км/ч)	2,35 М 2500 км/ч	1,15 М (1400 км/ч)	1,1 М 1300 км/ч	1,15 М (1400 км/ч)	1,15 М (1450 км/ч)
Боевой радиус, км	2250	1200	1200	1120	1130	1000
Практическая дальность полета:						
- на дозвуковой скорости, км	2500	2100	3250	3200	4500	3100
- с дозаправкой, км	5400	н/д	н/д	1250	7000	н/д
Практический потолок высоты, м	21500	18000	18000	17500	14650	17500
Дальность обнаружения цели, км	200	более 100	до 80	н/д	н/д	н/д
Управляемые ракеты	«воздух – воздух»: Р-33 до 304 км, Р-33С до 160 км, Р-77 до 110 км и Р-37 (гиперзвуковая) более 300 км для варианта МиГ-31БМ	«воздух – воздух»: Р-27 и Р-77 (средняя дальность), ракеты Р-73 (малая дальность)	«воздух – воздух»: 8 ракет Р-27 или 6 единиц Р-77 и Р-73	«воздух – воздух»: Р27Р, Р-27ЭР, Р-27Т, Р-7ЭТ/РВВ-Е/Р-73	ракеты «воздух – воздух» средней дальности Р-27, малой дальности Р-73, большой дальности Р-77	управляемые ракеты «воздух – воздух»
Авиационные бомбы	КАБ-500, КАБ-1500	КАБ-500КР	ФАБ-250 и ФАБ-500			
Стоимость	35-50 млн долл. США	22-30 млн долл. США	40 млн долл. США	н/д	40-50 млн долл. США	40-50 млн долл. США
На вооружении	Россия, Казахстан	Россия, Белоруссия, Индия, Иран, Польша, Сирия, Судан, Туркмения, Украина	Россия, Китай	Россия	Россия, Алжир.	Россия, Индия (неподтвержденный контракт)

Особенностью самолетов ИА как средств поражения является разное время выхода на рубеж ввода в бой самолётов, находящихся на боевом дежур-

стве либо из зоны дежурства в воздухе, либо с аэродрома базирования, с учетом получения и уяснения боевого задания, запуска двигателей, выруливания и взлета. Среднее время подъема истребителя составляет не менее 5-10 мин. После взлета истребитель будет выводиться на воздушную цель командами с пункта наведения авиации, по данным средств обнаружения. При сближении с целью истребитель для целеуказания своим ракетам использует собственные средства обнаружения (РЛС, ИК-датчики и систему лазерного целеуказания). Самолеты ИА с ракетами класса «воздух – воздух» с радиолокационными (РЛ) или инфракрасными (ИК) головками самонаведения (ГСН) могут быть использованы для перехвата КР и БПЛА:

- 1) самолеты ИА большого радиуса действия типа МиГ-31 с дальностью действия до 2250 км, вооруженные ракетами «воздух – воздух» типа Р-33 с дальностью перехвата до 304 км; Р-33С – до 160 км; Р-77 – до 110 км и Р-37 (гиперзвуковая) – более 300 км (для варианта МиГ-31БМ). Общая дальность перехвата – до 300 км;
- 2) самолеты ИА ближнего радиуса действия типа МиГ-29, МиГ-35, Су-27, Су-30, Су-34 с дальностью действия до 1200 км, вооруженные ракетами «воздух – воздух» типа Р-27 с дальностью перехвата до 130 км, Р-73 – до 40 км, Р-77 – до 80 км. Общая дальность перехвата – до 130 км.

3.3.4. Другие средства поражения

Как показано в работе [18] для поражения КР и БПЛА могут использоваться и другие менее распространённые средства:

- а) средства функционального поражения электромагнитным излучением (ФП ЭМИ) – генераторы сверхвысокочастотного (СВЧ) излучения направленного действия;
- б) средства ФП ЭМИ – генераторы лазерного излучения;
- в) средства кинетического поражения типа «рельсотроны» или «электромагнитные пушки».

Вместе с тем, эти типы оружия все еще являются экспериментальными и их использование не вышло за пределы лабораторий и опытных образцов. Поэтому в данном исследовании эти типы средств поражения в дальнейшем не рассматриваются.

3.4. Особенности системы управления ПВО

Система управления ПВО объединяет средства обнаружения и поражения в интересах обеспечения скоординированных действий по обнаружению воздушных объектов, их идентификации в качестве угрожаемых целей, выдачи целеуказания на самолеты ИА и ЗРК.

Система управления ПВО структурно состоит из автоматизированных КП разного уровня иерархии и функционального назначения, каналов связи между КП, средств обнаружения и поражения. Математическое и программное обеспечение средств автоматизации позволяет решать задачи сбора и обработки информации о воздушной обстановке, формировать для командиров варианты

способов боевого применения средств поражения с учетом складывающейся тактической обстановки, передавать команды на боевое применение и целеуказание на средства поражения. В случае решения задач противодействия БПЛА и КР время реакции систем боевого управления и связи должно быть минимальным, чтобы средства поражения имели достаточно времени для перехвата целей.

Опыт показывает, что тактические приемы применения КР и БПЛА меняются. В частности, они могут совершать полет со скоростями и высотами, аналогичными самолетам малой гражданской авиации. В этом случае оценка того, действительно ли конкретный воздушный объект представляет угрозу, например, является ударным БПЛА, может представлять собой неразрешимую техническую трудность. Например, в России по данным Государственной корпорации по организации воздушного движения в год выполняется 1,5 млн регулярных авиационных коммерческих рейсов (это соответствует примерно 4100 рейсам в сутки), при этом одновременно в воздушном пространстве России могут находиться до 1000 воздушных судов гражданской авиации, выполняющих полеты с использованием местных воздушных линий, воздушных трасс (в классах воздушного пространства С и А) [37]. Особое внимание в этих условиях необходимо уделять воздушным объектам, осуществляющим полеты в воздушном пространстве класса G (на высотах от 300 м до 4500 м) в уведомительном порядке (малая авиация, БПЛА).

4. Моделирование и исследование различных вариантов архитектуры системы ПВО от КР (на примере США)

С учетом ограниченного доступа к информации о состоянии и возможностях, ТТХ отечественных сил и средств ПВО, авторы используют научный метод аналогии, рассматривая изучаемую проблематику в отношении России на схожем объекте исследования – США, как стране-прототипе, обладающей большой материковой территорией, имеющей водные и сухопутные границы, из-за пределов которых возможен запуск КР и БПЛА. В основу рассмотрения проблемных вопросов построения отечественной системы ПВО страны и формирование возможных путей их решения положена работа [1], посвященная анализу построения системы ПВО территории США, в условиях угрозы удара КР.

Для грубого пересчета результатов работы [1], посвященной США, в результаты для РФ, авторы предлагают использовать два масштабных коэффициента

- 1) коэффициент отношения площадей, равный отношению площадей обороняемых территорий России (17125191 км²) и США (9833517 км²) – 1,7;
- 2) коэффициент отношения периметров границ, равный отношению протяженности границ обороняемых территорий России (60933 км) и США (32141 км) – 1,9.

Кроме того, авторы ввели допущение, что угрожаемые БПЛА подобны КР. Как будет показано дальше, БПЛА действительно подобны КР по таким ха-

рактикам как ЭПР, высота и профиль полета, принцип наведения на цель, за исключением диапазона скоростей полета. С учетом того, что диапазон скоростей принципиально не влияет на обнаружение, а для перехвата низкоскоростная цель проще, авторы считают такое допущение приемлемым.

4.1. Исходные посылки и постановка задачи на исследование

Исследование [1], при решении задачи создания системы ПВО США, ориентированной на противодействие КР, рассматривает различные варианты системы, образованные следующими ее компонентами:

- 1) средства контроля воздушного пространства – РЛС различного типа и варианта базирования;
- 2) средства поражения – ЗРК и самолеты ИА;
- 3) системы управления ПВО.

Вариант системы ПВО считается эффективным, если РЛС способна обнаружить КР за время, достаточное для того, чтобы истребитель или ЗРК, мог поразить ее до того, как КР достигнет побережья или границы США. Для конкретного типа КР количество и расположение РЛС и баз средств поражения (мест размещения ЗРК или аэродромов ИА) будут зависеть от дальности обнаружения РЛС, скорости и дальности действия ЗРК и истребителей, их ракетного вооружения, а также времени реакции – длительности проведения расчетов в системе боевого управления.

Было рассмотрено пять типов средств обнаружения [1]:

- 1) стационарные наземные РЛС, с антенной, устанавливаемой на мачтах или вышках на высоте до 200 м (с учетом рельефа местности), с дальностью обнаружения воздушных целей 96 км. Американский прототип РЛС – РЛС Sentinel; российский прототип РЛС – РЛС типа 48Я6-К1 «Подлет», 39Н6В «Каста-2В» с антенно-мачтовым устройством (до 70 м);
- 2) аэростаты (дирижабли), оборудованные РЛС, поднятые на высоту 3 км, с дальностью обнаружения воздушных целей 265 км. Длительность непрерывного функционирования – 30 дней. Американский прототип – аэростат JLENS (Joint Land-Attack Cruise Missile Defense Elevated Netted Sensor); российский прототип – дирижабль АУ-30 [38];
- 3) самолеты АEW&C, ведущие наблюдение на высоте 9 км, с дальностью обнаружения воздушных целей 435 км. Длительность отдельного полета – 11 ч. Американский прототип – самолет ВМС США Р-8А Poseidon. Российские прототипы – самолеты АК РЛДН А-50 и А-100;
- 4) БПЛА РЛР, ведущие наблюдение на высоте 18,2 км, с дальностью обнаружения воздушных целей 600 км. Длительность отдельного полета – 30 ч. Американский прототип – БПЛА MQ-4C Triton. Российский прототип – БПЛА «Орион» [39];
- 5) КА РЛР, ведущие наблюдение на высоте 925 км, с эквивалентной дальностью обнаружения воздушных целей 4020 км. Прототип – КА RADARSAT-2. Российский прототип – КА «Кондор-ФКА»;

и 2-а типа средства поражения [1]:

- 1) ЗУР с дальностью действия 320 км и скоростью перехвата 4350 км/ч, имеющийся на вооружении ЗРК. Задержка запуска ракеты с момента прихода команды – 1 мин. Прототип – ракета SM-6;
- 2) самолет ИА, с дальностью действия 400-1100 км и скоростью перехвата 1100 км/ч. Задержка взлета с момента прихода команды – 5 мин. Прототип – самолет F-16С.

Другие варианты средств поражения в [1] не рассматривались.

Рассматриваются 2-а типа абстрактных атакующих КР [1]:

- 1) дозвуковая КР, летящая со скоростью 800 км/ч на высоте 90 м. Ближайший прототип – российская КРМБ «Калибр»;
- 2) сверхзвуковая КР, летящая со скоростью 3700 км/ч на высоте 9 км. Ближайший прототип – российская противокорабельная ракета (ПКР) Х-32.

Ключевыми показателями системы управления ПВО были приняты [1]:

- 1) время обнаружения КР;
- 2) время отдачи команды на работу средству поражения.

Критерий эффективности системы управления ПВО – приемлемое время реакции (длительности между моментом обнаружения КР и моментом началом работы по ней средства поражения) составляет от 5 до 15 мин.

Ограничения и допущения исследования [1]:

- 1) одновременно в одном месте дислокации средств поражения могут быть размещены ЗРК с не более 8 ЗУР или/и 2 самолета-истребителя;
- 2) ЗРК не имеет собственной РЛС и получает данные о КР и ее параметрах от внешних средств обнаружения;
- 3) после запуска, ЗУР и самолет-истребитель следуют к правильной точке перехвата цели по прямолинейной траектории с постоянной скоростью;
- 4) налет КР на место дислокации, в количестве большем, чем количество средств поражения, приводит к потерям средств поражения;
- 5) средства обнаружения независимо от типа, отличает КР от других воздушных объектов безошибочно и мгновенно;
- 6) для средств обнаружения дальность действия основана на радиогоризонте РЛС. РЛС расположенные выше имели более высокую дальность обнаружения. Предполагается, что РЛС обладают достаточной мощностью и разрешающей способностью для обнаружения КР на расстоянии до их радиогоризонта. Чтобы помешать противнику использовать траекторию полета КР, равноудаленную от 2-х РЛС (где глубина охвата РЛС была бы наименьшей), предполагалось, что соседние РЛС будут расположены с достаточным перекрытием, чтобы обеспечить глубину охвата не менее 80% процентов от дальности обнаружения отдельных РЛС;
- 7) рассматриваемый тип СВН – КР, под которой понимается вооруженный беспилотный летательный аппарат, предназначенный для атаки стационарной или мобильной цели, который большую часть своего

полета выполняет в горизонтальной плоскости, следуя по заранее запрограммированной траектории. Данный аппарат использует аэродинамическую подъемную силу крыла и приводится в движение двигателем на всем протяжении полета, что отличает его от баллистической ракеты, которая летит по инерции по баллистической траектории после начальной, относительно короткой, фазы разгона. Еще одно важное отличие КР заключается в том, что КР обычно летают на малой высоте – от 150 м или ниже, чтобы избежать обнаружения РЛС, в то время как апогей баллистической траектории находится гораздо выше, и вследствие этого баллистическую ракету можно обнаружить с дальнего расстояния;

- 8) в качестве основных прототипов КР рассматриваются российская КРМБ «Калибр» (дальность действия – 1900 км, скорость – 960 км/ч, высота полета 20-70 м) и китайская КРМБ HN-3 (дальность действия 2100-3000 км, скорость 1100 км/ч, высота полета – 20 м);
- 9) рассматриваемая территория США, подлежащая обороне системой ПВО, включает в себя 48 штатов и округ Колумбия и не включает Аляску и Гавайские острова.

Другие соображения, принятые в работе [1]:

- 1) даже весьма развитым технически сложным системам управления ПВО, сложно обеспечить критериальное время реакции – от 5 до 15 мин;
- 2) противник может запускать КР максимально близко к границам страны, чтобы время реакции системы управления оказалось недостаточным для поражения КР.

4.2. Обоснование исследуемых вариантов архитектур построения системы ПВО

Средства обнаружения и средства поражения, различных типов, могут быть объединены между собой в различные варианты архитектур системы ПВО. В работе [1] предварительно было изучено несколько возможных вариантов архитектур системы ПВО США. Эти системы ПВО были широкими по протяженности (охватывали весь периметр 48 сопредельных штатов США), но имели ограниченные возможности – рассматривался определенный типа ракет класса «земля – воздух» и тип самолетов – истребителей.

Конкретный вариант архитектуры системы ПВО зависит от уровня защищённости, который он должен обеспечивать, а также от ТТХ составляющих ее средств обнаружения и поражения. Каждый из рассматриваемых в [1] вариантов архитектур, включает в себя следующие компоненты:

- сеть средств обнаружения вокруг 48 сопредельных штатов, которые были бы способны обнаруживать КР, приближающиеся к территории США с любого направления;

- сеть ЗРК и аэродромов с боеготовыми истребителями, способные перехватывать КР, приближающиеся к территории США с любого направления;
- достаточное количество средств обнаружения и поражения, чтобы при координации, обеспечиваемой гибкой системой управления, КР могли быть перехвачены до того, как они войдут на территорию США.

Расположение и количество средств обнаружения и поражения будет зависеть от их ТТХ. Например, средств обнаружения с большей дальностью обнаружения будет меньше, и они будут расположены на большем расстоянии друг от друга, чем средства с меньшей дальностью действия. При этом не все комбинации средств обнаружения и поражения между собой были бы одинаково эффективными. Например, КА РЛР обеспечивают более раннее обнаружение КР, что дает больше времени для использования средств поражения, потенциально сокращая количество необходимых мест для их размещений. Аналогичным образом, более быстрое время реагирования средства поражения (меньшее время принятия решения о запуске ЗУР и более высокая ее скорость, когда она находится в воздухе) и их большая дальность действия обычно сокращают количество средств поражения, необходимых для конкретного варианта архитектуры системы ПВО.

При анализе вариантов архитектур в [1] исследователи ввели допущения что РЛС контролируют внешний периметр 48 сопредельных штатов США, чтобы предотвратить попадание КР на многочисленные военные базы и города вдоль океанского побережья. Несомненно, РЛС системы управления воздушным движением (УВД) могли бы помочь в отслеживании КР, однако относительно низкая дальность действия этих РЛС ограничило бы зону действия ЗРК, и для противодействия КР можно было бы использовать только истребители. Хотя покрытие внутренних территорий США в дополнение к внешнему периметру штатов в исследовании [1] не рассматривалось, но самолеты, БПЛА и КА РЛР могли бы обеспечить покрытие внутренних территорий штатов.

Исходя из этих и вышеуказанных предположений, которые в целом были бы благоприятны для обороняющейся стороны, в [1] было оценено количество средств обнаружения и поражения, которое потребуется для создания системы ПВО территории США.

4.3. Оценивание основных архитектур системы ПВО с различными вариантами защищаемых рубежей по показателю эффективность-стоимость

В исследовании [1] оцениваются различные 5 основных вариантов архитектур системы ПВО, которые могут быть собраны с использованием различных средств обнаружения:

- а) архитектура 1 – на основе БПЛА РЛР;
- б) архитектура 2 – на основе самолетов АEW&С;
- в) архитектура 3 – на основе аэростатов с РЛС;
- г) архитектура 4 – на основе КА РЛР;
- д) архитектура 5 – на основе наземных РЛС.

Эти архитектуры, в свою очередь, рассматриваются в контексте различных вариантов защищаемых рубежей:

- а) вариант А – защита только океанских границ страны;
- б) вариант В – патрулирование передовых воздушных рубежей страны;
- в) вариант С – увеличение количества ЗУР в каждом месте дислокации ЗРК;
- г) вариант D – только обнаружение и предупреждение.

Состав и стоимость вариантов архитектур системы ПВО с различными вариантами защищаемых рубежей США представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Состав и стоимость вариантов архитектур системы ПВО с различными вариантами защищаемых рубежей США [1]

	Средства обнаружения		Средства поражения		Стоимость системы ПВО (млрд долларов 2021 г.)		
	Ко-во мест дислокации или маршрутов патрулирования	Общее количество необходимых средств	Кол-во ЗРК	Кол-во истребителей	Стоимость первоначального развертывания	Расходы на ремонт и модернизацию системы в год	Всего за 20 лет
Вариант А: защита только океанских границ страны							
Архитектура 1А: на основе БПЛА РЛР	13	36	15-20	20-25	9-10	1,5-2	45-57
Архитектура 2А: на основе самолетов АEW&С	19	76	25-35	30-60	18-23	4,7-6,4	115-155
Архитектура 3А: на основе аэростатов с РЛС	30	45	40-500	н/д	19-54	1,4-11,0	61-290
Архитектура 4А: на основе КА РЛР	78	78	15	7-10	58-97	0,6-0,9	103-175
Вариант В: патрулирование передовых воздушных рубежей страны							
Архитектура 1В: на основе БПЛА РЛР	24	66	20	10-15	13-15	2,7-3,2	78-92
Архитектура 2В: на основе самолетов АEW&С	33	132	20	20-25	28-35	7,6-9,5	185-232
Вариант С: увеличение количества ЗУР в каждом месте дислокации ЗРК							
Архитектура 1С: на основе БПЛА РЛР	23	64	20-30	30-40	14-17	2,8-3,7	80-103
Архитектура 2С: на основе самолетов АEW&С	31	124	40-50	50-90	30-38	7,9-10,5	192-254
Архитектура 3С: на основе аэростатов с РЛС	50	75	60-800	н/д.	32-121	2,5-21,7	105-581
Архитектура 4С: на основе КА РЛР	78	78	20	10-15	59-98	0,8-1,2	109-182

	Средства обнаружения		Средства поражения		Стоимость системы ПВО (млрд долларов 2021 г.)		
	Ко-во мест дислокации или маршрутов патрулирования	Общее количество необходимых средств	Кол-во ЗРК	Кол-во истребителей	Стоимость первоначального развертывания	Расходы на ремонт и модернизацию системы в год	Всего за 20 лет
Вариант D: только обнаружение и предупреждение							
Архитектура 1D: на основе БПЛА РЛР	23	64	0	0	11-13	2,2-2,7	66-80
Архитектура 2D: на основе самолетов АEW&С	31	124	0	0	25-32	6,8-8,5	166-208
Архитектура 3D: на основе аэростатов с РЛС	50	75	0	0	26-29	1,4-1,7	76-90
Архитектура 4D: на основе КА РЛР	78	78	0	0	57-95	0,4-0,6	98-168

Значения в этой таблице основаны на создании оборонительного периметра по границам 48 сопредельных штатов США, который будет разработан для защиты от КР, летящих на малой высоте 90 м и с дозвуковой скоростью 800 км/ч.

Диапазоны значений затрат включают фактор влияния времени реагирования, то есть времени, которое проходит между обнаружением КР и получением приказа на ее перехват средству поражения. Более низкие значения соответствуют 5 мин между обнаружением и выдачей команды на перехват. Более высокие значения соответствуют 15 мин. Диапазоны затрат также включают неопределенность, которая характерна для сметы затрат на компоненты системы ПВО. Итоговые данные за 20 лет включают дополнительные расходы на ремонт и модернизацию системы из-за ее естественного износа.

4.3.1. Вариант А – защита только океанских границ страны

Политически, атаки КР наземного базирования территории США через Канаду или Мексику являются маловероятными. В этом случае защита восточного, западного побережья и побережья Мексиканского залива (с расширением на север и юг для обнаружения попыток направить КР вокруг береговых РЛС) была бы более дешевым вариантом, чем защита всего периметра США. Количество оборудования и затраты на такой вариант для всех архитектур были бы наименьшим (см. таблицу 12 и 13). Сокращение затрат будет наименьшим для архитектуры 4, потому что КА на орбите потребуется такое же количество. Также уменьшится только количество мест базирования ЗРК и авиационных баз для истребителей.

Таблица 13 – Снижение стоимости вариантов архитектур системы ПВО по сравнению с основными архитектурами в млрд долларов США на 2021 г. [1]

Более низкая оценка стоимости (отражает более быструю реакцию системы управления) Более высокая оценка стоимости (отражает более медленное время реакции системы управления)

	Стоимость первоначального развертывания	Расходы на ремонт и модернизацию системы в год	Всего за 20 лет	Стоимость первоначального развертывания	Расходы на ремонт и модернизацию системы в год	Всего за 20 лет
Вариант А: защита только океанских границ страны						
Архитектура 1А: на основе БПЛА РЛР	-4	-1,2	-32	-5	-1,5	-41
Архитектура 2А: на основе самолетов АEW&С	-10	-3	-72	-12	-3,8	-91
Архитектура 3А: на основе аэростатов с РЛС	-10	-0,9	-37	-32	-6,7	-176
Архитектура 4А: на основе КА РЛР	*	-0,1	-2	*	-0,2	-4
Вариант В: патрулирование передовых воздушных рубежей страны						
Архитектура 1В: на основе БПЛА РЛР	*	**	1	*	-0,3	-6
Архитектура 2В: на основе самолетов АEW&С	*	-0,1	-2	*	-0,7	-14
Вариант С: увеличение количества ЗУР в каждом месте дислокации ЗРК						
Архитектура 1С: на основе БПЛА РЛР	*	0,1	3	1	0,2	5
Архитектура 2С: на основе самолетов АEW&С	2	0,2	6	2	0,3	8
Архитектура 3С: на основе аэростатов с РЛС	3	0,2	7	35	4,0	115
Архитектура 4С: на основе КА РЛР	*	0,1	3	*	0,1	3
Вариант D: только обнаружение и предупреждение						
Архитектура 1D: на основе БПЛА РЛР	-1	-0,5	-11	-2	-0,8	-18
Архитектура 2D: на основе самолетов АEW&С	-3	-0,9	-21	-4	-1,7	-38
Архитектура 3D: на основе аэростатов с РЛС	-4	-0,9	-22	-56	-16	-376
Архитектура 4D: на основе КА РЛР	-1	-0,3	-7	-1	-0,5	-11

Примечание: * – изменение менее чем на 1 млрд долларов; ** – изменение менее чем на 0,1 млрд долларов.

4.3.2. Вариант В – патрулирование передовых воздушных рубежей страны

Размещение воздушных средств обнаружения вдали от берегов и границ США (при условии, что Канада и Мексика разрешат операции в своем воздушном пространстве) могло бы увеличить время предупреждения за счет более раннего обнаружения КР, запускаемых с большой дальности. Большая длина контролируемого периметра увеличила бы количество маршрутов патрулирования БПЛА и самолетов АEW&С и, возможно, самих БПЛА и самолетов. Однако увеличение времени предупреждения смогло бы позволить сократить количество необходимых средств поражения, что, возможно, привело бы к снижению стоимости такой архитектуры. В исследовании [1] изучены варианты архитектуры 1 (на основе БПЛА РЛР) и архитектуры 2 (на основе самолетов АEW&С), в которых маршруты патрулирования были бы вынесены на 160 км от берегов и границ США, а не проходили бы прямо над побережьями и границами, как в других архитектурах.

Для архитектур 1 и 2 предполагаемые 20-летние затраты на них ниже, чем для других архитектур, при условии более медленного времени реакции системы управления ПВО (15 мин). Для архитектуры 2 стоимость формирования дополнительных маршрутов патрулирования воздушных средств обнаружения компенсируется сокращением необходимого количества мест базирования ЗРК и истребителей.

4.3.3. Вариант С – увеличение ЗУР в каждом месте дислокации ЗРК

В условиях ожидаемых массированных ударов КР, возможности архитектуры системы ПВО можно дополнительно увеличить за счет увеличения количества размещенных ЗУР в местах дислокации ЗРК. В исследовании [1] показано, что удвоение количества ЗУР в каждом месте дислокации ЗРК (с 8 до 16) увеличит 20-летнюю стоимость архитектуры 1 (на основе БПЛА РЛР) примерно на 3-5 млрд долларов, а архитектуры 2 (на основе самолетов АEW&С) – примерно на 6-8 млрд долларов. Увеличение было бы намного больше для архитектуры 3 (на основе аэростатов с РЛС), имеющей более медленное время реакции, поскольку эта архитектура включает в себя гораздо больше мест базирования ЗРК. И наоборот, увеличение расходов на архитектуру 4 было бы меньшим, поскольку меньшему количеству мест базирования потребовались бы дополнительные ЗРК.

4.3.4. Вариант D – только обнаружение и предупреждение

По политическим причинам, может быть предпочтен менее эффективный вариант архитектуры системы ПВО. Одним из таких вариантов могла бы стать система средств обнаружения, ориентированная «только на предупреждение», позволяющая вскрыть внезапную атаку на важнейшее руководство, стратегические коммуникации и оружейные объекты, которые составляют средства ядерного сдерживания (СЯС) США. Ожидается, что КА с ИК-датчиками дадут СЯС США около 30 мин для реагирования на атаку МБР. Однако, предварительная атака низколетящих КР, выпущенных недалеко от побережья США, может

привести к уничтожению объектов СЯС практически без предупреждения. Система средств обнаружения, возможно, в сочетании с точечными средствами защиты критически важных объектов, таких как центры управления государством и силами обороны, развернутые в настоящее время в столичном регионе страны, могла бы быть направлена на предупреждение о такой атаке КР.

В исследовании [1] показано, что архитектуры системы ПВО «только для предупреждения», основанные на БПЛА РЛР, самолетах АEW&C или КА РЛР, в течение 20 лет будут стоить на 7-38 млрд долларов дешевле, чем другие архитектуры системы ПВО. Архитектура системы ПВО «только для предупреждения» на основе РЛС, установленных на аэростате (архитектура 3D), обеспечила бы гораздо большую экономию, чем версия с более медленным временем реакции системы управления, поскольку она будет включать в себя большое количество мест дислокации ЗРК. Однако РЛС на аэростатах обеспечивали бы гораздо более короткое время предупреждения, чем воздушные средства контроля на основе БПЛА РЛР и самолетов АEW&C, и, вероятно, не подходили бы для системы ПВО «только для предупреждения».

4.4. Исследование различных вариантов архитектур системы ПВО по показателю эффективность-стоимость

В исследовании [1] для всех 5 вариантов архитектур системы ПВО предоставлены сметы 3-х видов затрат (в долларах США 2021 г.):

- 1) первоначальные затраты на приобретение;
- 2) ежегодные расходы на эксплуатацию, ремонт и поддержку;
- 3) общая сумма затрат за 20 лет, состоящая из первоначальных затрат на приобретение, и 20 лет ежегодной эксплуатации, а также предполагаемых расходов на ремонт и модернизацию.

Для каждого вида затрат предоставлен диапазон значений (см. таблицу 14), которые отражают разное время реакции системы управления ПВО и неопределенность, связанную с оценками затрат на компоненты системы. Более низкие значения соответствуют 5 мин между обнаружением и выдачей команды на перехват. Более высокие значения соответствуют 15 мин. Поскольку более длительное время реакции системы управления приведет к необходимости увеличения количества мест размещения ЗРК и аэродромов базирования истребителей, то 5-минутное время реагирования отражено в смете с более низкими затратами, а 15-минутное время реагирования отражено в смете с более высокими затратами на компоненты системы ПВО.

Значения в таблице 14 основаны на создании оборонительного периметра по границам 48 сопредельных штатов США, который будет разработан для защиты от КР, летящих на малой высоте 90 м и с дозвуковой скоростью 800 км/ч.

Таблица 14 – Состав и стоимость вариантов архитектур системы ПВО с различными вариантами архитектуры системы ПВО [1]

	Средства обнаружения		Средства поражения		Стоимость системы ПВО (млрд долларов 2021 г.)		
	Ко-во мест дислокации или маршрутов патрулирования	Общее количество необходимых средств	Кол-во ЗРК	Кол-во истребителей	Стоимость первоначального развертывания	Расходы на ремонт и модернизацию системы в год	Всего за 20 лет
Архитектура 1А: на основе БПЛА РЛР	23	64	20-30	30-40	13-15	2,7-3,5	77-98
Архитектура 2А: на основе самолетов АEW&С	31	124	40-50	50-90	28036	7,7-10,2	187-246
Архитектура 3А: на основе аэростатов с РЛС	50	75	60-800	н/д	30-86	2,3-17,7	98-466
Архитектура 4А: на основе КА РЛР	78	78	20	10-15	58-97	0,7-1,1	106-179

4.4.1. Архитектура 1 – на основе БПЛА РЛР

Периметр границ 48 сопредельных штатов США, без учета сложных деталей береговой линии, составляет около 15000 км. В исследовании [1] показано, что для покрытия этого периметра потребуется 23 маршрута патрулирования БПЛА РЛР (см. таблицу 14). Для выхода на каждый маршрут патрулирования потребуется несколько БПЛА, чтобы учесть время, затрачиваемое на техническое обслуживание, перелет на базу и обратно. Среднее количество БПЛА, необходимое на один маршрут для обеспечения непрерывного патрулирования, было бы довольно низким для БПЛА РЛР из-за его длительного срока службы. По оценкам исследования [1] для обеспечения непрерывного покрытия всех маршрутов патрулирования в общей сложности 64 БПЛА (включая БПЛА на различных стадиях технического обслуживания) – в среднем 2,8 БПЛА на маршрут. (В случае обнаружения атаки КР может оказаться возможным использовать БПЛА РЛР, готовые к вылету, но не находящиеся на аэродроме, для обеспечения дополнительного охвата периметра или внутренней зоны).

БПЛА РЛР с дальностью обнаружения примерно 600 км при патрулировании на высоте 18 км обеспечит запас времени от обнаружения до выдачи целеуказания в 44 мин и менее, прежде чем обычная дозвуковая КР достигнет побережья. Для гарантированного поражения КР с учетом этого времени потребовалось бы 20 мест базирования ЗРК для 5-минутного времени реакции системы управления или 30 мест базирования ЗРК для 15-минутного времени реакции.

Для обеспечения перехвата силами ИА потребуются истребители, находящиеся на боевом дежурстве в 30-40 местах базирования по всей стране.

По оценкам исследования [1] приобретение средств обнаружения и поражения в архитектуре 1 обойдется в 13-15 млрд долларов (в долларах 2021 г.), а эксплуатация – в 2,7-3,5 млрд долларов в год. Общие затраты на приобретение компонентов системы ПВО и их эксплуатацию в течение 20 лет составят от 77 до 98 млрд долларов. Эта сумма включает финансирование замены оборудования в случае его износа или потери в результате несчастных случаев. Поскольку маловероятно, что БПЛА РЛР сможет прослужить 20 лет при высокой интенсивности использования, предусмотренных в этой архитектуре ПВО, расходы СВО на 20 лет включают полную замену парка БПЛА.

4.4.2. Архитектура 2 – на основе самолетов АEW&С

По оценкам исследования [1] для покрытия периметра 48 сопредельных штатов США потребуется 31 маршрут патрулирования самолетов АEW&С на высоте 9 км. Среднее количество самолетов АEW&С на один маршрут патрулирования выше, чем у БПЛА РЛР, из-за меньшего срока службы самолетов. По оценкам [1], для постоянного контроля воздушного пространства США потребуется 124 самолета, в среднем по 4 самолета на маршрут патрулирования.

Благодаря дальности обнаружения примерно в 430 км на высоте 9 км самолет АEW&С обеспечит запас времени от обнаружения до выдачи целеуказания в 30 мин и менее, прежде чем обычная дозвуковая КР достигнет побережья. Для гарантированного поражения КР с учетом этого времени потребовалось бы 40 мест базирования ЗРК для 5-минутного времени реакции системы управления или 50 мест базирования ЗРК для 15-минутного времени реакции. Для обеспечения перехвата силами ИА потребуются истребители, находящиеся на боевом дежурстве в 50-90 местах базирования по всей стране.

По оценкам исследования [1] приобретение средств обнаружения и поражения в архитектуре 2 обойдется в 28-36 млрд долларов (в долларах 2021 г.), а эксплуатация – в 7,7-10,2 млрд долларов в год. Общие затраты на приобретение компонентов системы ПВО и их эксплуатацию в течение 20 лет составят от 187 до 246 млрд долларов. Эта сумма включает финансирование замены оборудования в случае его износа или потери в результате несчастных случаев, но не полную замену парка, как в случае с архитектурой 1.

Срок службы коммерческого самолета обычно ограничен количеством циклов повышения давления – количеством подъемов на крейсерскую высоту, которые он может выдержать, прежде чем усталость металла сделает его фюзеляж небезопасным. Такие самолеты, как Boeing 737, на базе которых могут базироваться самолеты АEW&С рассчитаны на большое количество циклов – около 75000. Поскольку полеты для самолетов АEW&С будут длительными, накопление циклов будет идти медленно, т.е. самолёты, вероятно, прослужат значительно дольше 20 лет.

4.4.3. Архитектура 3 – на основе аэростатов с РЛС

По оценкам исследования [1] для покрытия периметра 48 сопредельных штатов США потребуется 50 аэростатов, оборудованных РЛС. Количество мест базирования аэростатов выше, чем маршрутов патрулирования самолетов АEW&C в архитектуре 2, поскольку их меньшая высота приводит к меньшей дальности обнаружения. Однако, количество аэростатов в архитектуре 3 намного меньше, поскольку ожидается, что они будут оставаться в воздухе в режиме непрерывного наблюдения до 30 дней. По оценкам [1], потребуется по 1 аэростату, проходящему техническое обслуживание на каждые 2 места базирования, что приводит к необходимости иметь в общей сложности 75 аэростатов (в среднем 1,5 аэростата на 1 место базирование).

С дальностью обнаружения примерно в 265 км на высоте 3 км аэростаты с РЛС обеспечат запас времени от обнаружения до выдачи целеуказания в 18 мин и менее, прежде чем обычная дозвуковая КР достигнет побережья. Такого короткого времени обнаружения недостаточно для создания гарантированной перехвата на основе истребителей – это могло бы сделать архитектуру 3 неэффективной, если бы правила ведения БД требовали бы визуальной идентификации целей.

Гарантированное поражение КР с учетом этого времени является трудной задачей и для ЗРК. Потребовалось бы 60 мест базирования ЗРК для 5-минутного времени реакции системы управления или 800 мест базирования ЗРК для 15-минутного времени реакции. В последнем случае ЗРК фактически действовали бы как цепочка объектовых средств ПВО, расположенных на расстоянии около 20 км друг от друга по всей стране. При таком небольшом расстоянии между объектами вместо ЗРК большой дальности можно было бы использовать ЗРК меньшей дальности (которые являются менее дорогими и более приспособленными для перехвата низколетящих КР). Это вывод актуален при допущении, что время реакции около 15 мин является наилучшим, которого можно достичь. Однако затраты на данную архитектуру систему ПВО будут намного выше затрат на другие архитектуры из-за большого количества необходимых ЗРК и мест их дислокации.

По оценкам исследования [1] приобретение аэростатов с РЛС и ЗРК в архитектуре 3 обойдется в 30-86 млрд долларов (в долларах 2021 г.), а эксплуатация – в 2,3-17,7 млрд долларов в год. Общие затраты на приобретение компонентов системы ПВО и их эксплуатацию в течение 20 лет составят от 98 до 466 млрд долларов. Эта сумма включает финансирование полной замены аэростатов за этот период. Большой разброс в сметных расходах возникает из-за существенной разницы в количестве мест базирования ЗРК. Нецелесообразность использования истребителей в системе ПВО, такой архитектуры и чрезвычайно высокая стоимость при всех, довольно оптимистичных предположениях о времени реакции системы управления, предполагают, что архитектура 3 не будет практичной для защиты обширных территорий. Аэростаты лучше подходят для поддержки объектовой ПВО или ПВО небольших территорий, поскольку тре-

бует возможности сосредоточения ЗРК на меньшей площади и снижает потребность в длительном времени от обнаружения до выдачи команды на поражение.

4.4.4. Архитектура 4 – на основе КА РЛР

Архитектура системы ПВО на основе низкоорбитальных КА РЛР будет состоять из 78 КА на орбитах высотой 925 км с наклоном орбиты 89°. Дополнительным положительным эффектом от разворачивания ОГ КА РЛР является то, что они могли бы обеспечить наблюдение не только воздушного пространства страны, но и всего мирового воздушного пространства.

Благодаря глобальному охвату ОГ КА РЛР сможет обнаруживать КР практически в момент их запуска. В результате время предупреждения будет зависеть от того не от возможностей средств обнаружения, а того насколько далеко от границы противник решил запустить свои КР. Например, ОГ КА РЛР в архитектуре 4 могла бы обеспечить 60-минутное предупреждение в отношении обычной дозвуковой ракеты КР, запущенной в 800 км от побережья или границы США. БПЛА РЛР, с другой стороны, мог обеспечить предупреждение только за 44 мин, потому что КР пролетела бы около 210 км, прежде чем оказаться в пределах видимости радиолокационного горизонта КА. При таком длительном времени предупреждения количество мест дислокации ЗРК, необходимое в архитектуре 4, будет определяться их дальностью действия, а не временем реакции системы управления, как в других архитектурах. По оценкам исследования [1] для гарантированного поражения КР в архитектуре 4 потребовалось бы 20 мест базирования ЗРК как для 5-минутного, так и 15-минутного времени реакции системы управления. Для обеспечения перехвата силами ИА потребуются истребители, находящиеся на боевом дежурстве в 10-15 местах базирования по всей стране.

В соответствии с работой [1] приобретение КА РЛР и 20 ЗРК в архитектуре 4 обойдется в 58-97 млрд долларов (в долларах 2021 г.), а эксплуатация – в 0,7-1,1 млрд долларов в год. Общие затраты на приобретение компонентов системы ПВО и их эксплуатацию в течение 20 лет составят от 106 до 179 млрд долларов. Эта сумма включает финансирование полного цикла замены КА РЛР, т.к. срок активного существования спутников на низкой околоземной орбите обычно составляет не более 10 лет.

Поскольку количество средств поражения будет одинаковым для любого времени реакции, разница в затратах на архитектуру 4 обусловлена в первую очередь неопределенностью, связанной с затратами на разработку и ввод в эксплуатацию совершенно новой космической системы. Минимальные затраты за 20 лет сопоставимы с высокими затратами на архитектуру 1. Архитектура на основе КА РЛР потребует значительно большего финансирования на этапе разработки и первоначального развертывания, но существенно меньшего финансирования на этапах эксплуатации и поддержки.

Поскольку КА РЛР в архитектуре 4 могли бы обеспечивать покрытие по всему миру, у них было бы гораздо больше применений, чем простое обнаружение самолетов или КА на границах сопредельных штатов США. В дополнение к обеспечению охвата внутренних регионов США, Гавайев и Аляски, они

потенциально могли бы осуществлять мониторинг воздушного движения над всем остальным миром. Однако ограничения мощности на борту КА РЛР архитектуры 4 могут препятствовать их работе во всех частях земного шара. В результате, хотя КА РЛР будут иметь доступ по всей Земле, операторам, возможно, придется определять приоритетность конкретных регионов для наблюдения в зависимости от военных потребностей на тот момент. Несмотря на это ограничение, возможности ОГ КА РЛР могли бы стать ценным дополнением (или заменой) другим военным системам обнаружения, например, на основе современных самолетов AEW&C.

4.4.5. Архитектура 5 – на основе наземных РЛС

По оценкам исследования [1], для обнаружения маловысотных КР, приближающихся к США, потребуется 150 наземных РЛС, работающих в среднем на высоте 200 м над окружающей средой (либо на местной возвышенности, либо на высотных платформах). В настоящее время по периметру США или вблизи него расположено около 50 РЛС, поэтому потребуется примерно 100 дополнительных РЛС наземного базирования. Однако, поскольку РЛС наземного базирования не могут обеспечить достаточного времени предупреждения для применения средств поражения в соответствии с введенными ограничениями на время реакции системы управления (5-15 мин), то в работе [1] эта архитектура глубоко не изучалась. Против маловысотных КР наземные РЛС наиболее эффективны, когда они расположены в непосредственной близости от атакуемой цели и обеспечивают целеуказание для ЗРК, развернутого вблизи от РЛС.

4.5. Ограничения основных архитектур системы ПВО

Хотя варианты архитектуры системы ПВО с 1 по 4 обеспечивают покрытие США, они имеют определенные ограничения в моделировании и в применимости.

Во-первых, некоторые расчеты эффективности системы ПВО основаны на предположениях «наилучшего развития событий для обороняющейся стороны». Например, дальность обнаружения РЛС в реальности может быть меньше их радиогоризонта или РЛС будет трудно обнаружить маловысотные или малозаметные КР на фоне поверхности Земли. Во-вторых, несовершенство подсистем обнаружения, ошибки в целеуказании могут уменьшить эффективность ЗУР ЗРК и истребителей, поскольку они не будут двигаться кратчайшим путем к атакуемой цели. Диапазон оценок для каждой архитектуры должен в некоторой степени учитывать такие неопределенности. Наконец, другие факторы, включая ограниченные возможности средств поражения, необходимость точной идентификации целей, учет мер, которые может предпринять противник для снижения эффективности системы ПВО, такие как программирование КР для полетов по коммерческим маршрутам, запуск КР вблизи границы или побережья, использование более быстрых и более малозаметных КР, заслуживают рассмотрения при развертывании национальной системы ПВО. Учет этих ограничений приведет к увеличению расходов на создание и эксплуатацию системы.

4.5.1. Ограничения на возможности средств поражения

Архитектуры, рассмотренные в исследовании [1], включает 8 ЗУР на одно место дислокации ЗРК и 1 или 2 истребителя, находящихся на боевом дежурстве в каждом месте базирования. Каждый ЗРК потенциально может задействовать 8 ЗУР, но командиры могут выделить по крайней мере 2 ЗУР на цель, чтобы увеличить вероятность ее успешного перехвата. При назначении двух ЗУР на КР, ЗРК, используемые в архитектуре ПВО, будут способны поражать всего 4 КР. При массированной атаке, КР могут прорвать систему ПВО. Конечно, потенциал можно было бы увеличить, разместив больше ЗУР на каждом ЗРК, и большее количество ЗРК в каждом месте дислокации. Но это потребует дополнительных расходов.

Возможности ИА также будут ограничены. Несмотря на то, что истребители могут нести несколько ракет класса «воздух – воздух», малое время, которое им потребуется для реагирования на атаку КР, вероятно, ограничится применением одной КР, если только атакующие КР не будут лететь близко друг к другу.

4.5.2. Необходимость достоверной идентификации целей

Необходимость подтверждения того, что целью действительно является КР, а не самолет, случайно отклонившийся от маршрута, является серьезной проблемой для системы ПВО, особенно в мирное время. Требования к достоверной идентификации целей может замедлить время реакции системы управления или даже исключить использование ЗРК, что значительно снизит возможности вышерассмотренных архитектур системы ПВО. Чтобы смягчить это ограничение, можно было бы оснастить ЗУР средствами автоматического определения типа цели на основе ОЭС или ТВ-камер с обратной связью, позволяя ЗУР отклоняться от курса и самоуничтожаться, если целью был самолет, а не КР. Такая функциональность обойдется дороже и может оказаться недостаточно надежным средством, чтобы оно было использовано в любых условиях, а не только в условиях мирного времени.

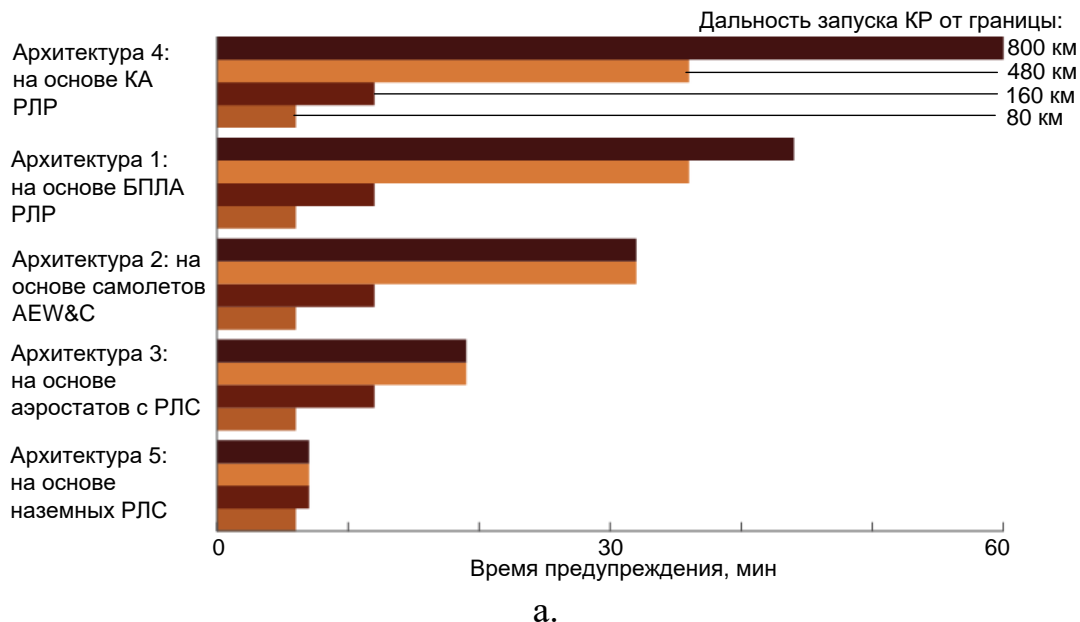
В некоторых обстоятельствах поведение воздушного объекта может быть достаточно, чтобы классифицировать его как КР. Например, было бы крайне необычно, если бы самолет типа «бизнес-джет» летел со скоростью 800 км/ч на высоте 90 м над поверхностью. Можно было бы установить правила применения средств поражения, разрешающие использование ЗРК без достоверной идентификации целей в таких условиях. Такой подход все же может считаться слишком рискованным, особенно вблизи крупных прибрежных аэропортов, где самолеты, способные развивать высокую скорость, летают близко к земле. Противник может также попытаться запутать систему ПВО, используя для полета КР высоту и маршрут, аналогичные маршрутам коммерческого воздушного движения, и оснащая свои КР ретрансляторами АЗН-В, устанавливаемые на коммерческие самолеты.

4.5.3. Изменение маршрутов полета КР

Расчеты, рассмотренные в исследовании [1], сделаны в предположении, что КР после запуска следует по прямолинейному маршруту и не изменяют траекторию своего полета после запуска ЗУР или взлета истребителей для их перехвата. Если бы КР были запрограммированы на изменение направления при приближении к территории США, у запущенных против них ЗРК могло бы не хватить дальности для завершения перехвата, и могло бы не хватить времени для запуска дополнительных ЗУР с других мест размещения средств поражения. В результате эффективность системы ПВО будет снижена. Также снизится эффективность осуществления перехвата истребителями, хотя истребители потенциально смогут противодействовать изменению курса КР путем режима форсажа и разгона до более высокой скорости.

4.5.4. Запуски КР вблизи побережья или границы

Расчеты, лежащие в основе анализа [1], сделаны в предположении, что КР будут запущены на расстоянии не менее 800 км от побережья или границы США, гарантируя, что средства обнаружения (за исключением КА РЛР) смогут использовать преимущества в своей дальности обнаружения. Однако, если противник решит запустить свои КР ближе к границе или даже с территории США, то время предупреждения существенно сократится, а эффективность применения средств поражения существенно снизится (см. рис. 4).



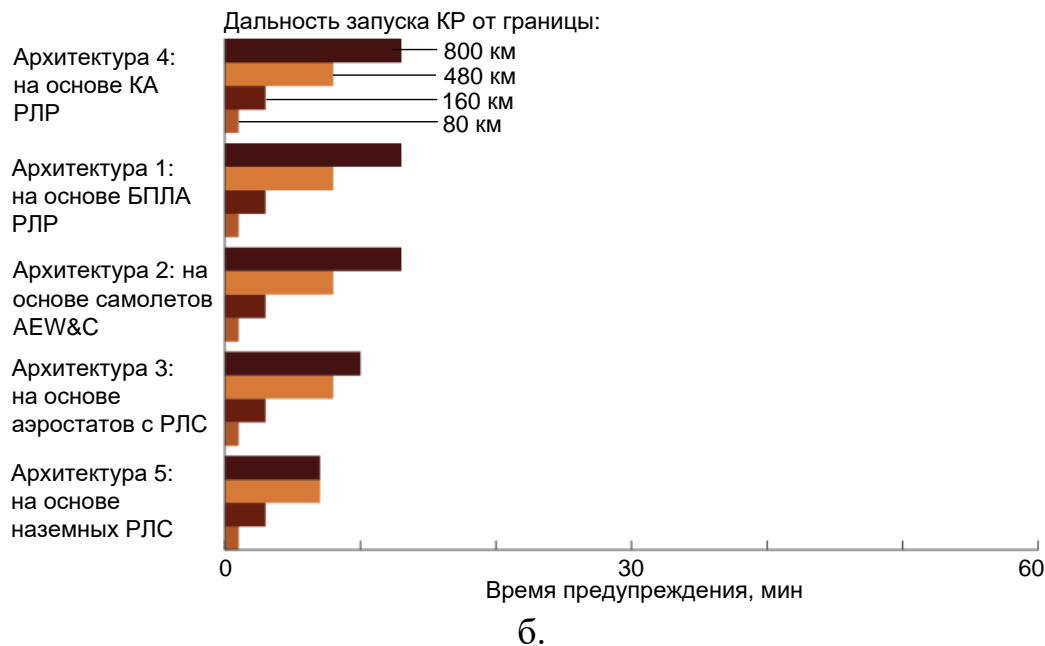


Рис. 4. Время предупреждения в зависимости от расстояния, с которого запускаются КР: а. – КР, летящая на высоте 90 м со скоростью 800 км/ч; б. – КР, летящая на высоте 9100 м со скоростью 3700 км/ч [1]

Например, если обычная дозвуковая КР, которая исследовалась в [1] (летающая на высоте 90 м и со скоростью 800 км/ч), была запущена с расстояния 480 км, время предупреждения, обеспечиваемое БПЛА РЛР (архитектура 1), сократилось бы на 12 мин (примерно на 20%), а время предупреждения, обеспечиваемое КА РЛР (архитектура 4), сократилось бы на 24 мин (примерно на 40%). В системе ПВО снизятся возможности использовать средства поражения, поскольку запуски КР приблизятся к границе США, а время полета сократится до такой степени, что оно сравняется со временем реакции системы управления.

4.5.5. Сверх- и гиперзвуковые КР

При прочих равных условиях более высокая скорость сверхзвуковых КР большой дальности, как правило, сокращает время предупреждения для систем ПВО по сравнению с более медленными КР. Это сокращение может быть в некоторой степени компенсировано необходимостью для этих ракет избегать сопротивления воздуха за счет полета на гораздо больших высотах, что увеличивает дальность их обнаружения. Однако в большинстве условий, имеющих отношение к решению задач ПВО, эффект от более высокой скорости больше, чем эффект от большей высоты, поэтому сверхзвуковые ракеты существенно снизят время предупреждения. Например, возможное время предупреждения с помощью БПЛА РЛР (архитектура 1) в отношении КР, запущенных на расстоянии не менее 800 км от побережья или границы США, составило бы 44 мин для обычной дозвуковой КР (которая движется со скоростью 800 км/ч), но только 13 мин для сверхзвуковой КР (которая движется со скоростью 3700 км/ч).

Архитектуры системы ПВО, рассмотренные в исследовании [1], не смогли бы обеспечивать перехват гиперзвуковых ракет. КА РЛР в архитектуре 4 могут обеспечивать предупреждение для сверх- и гиперзвуковых КР, но потребуются более быстрые и маневренные ЗУР и больше мест установки ЗРК. Вероятно, также потребуются усовершенствованные ракеты класса «воздух – воздух» для использования истребителями, но если гиперзвуковая ракета не будет запущена и обнаружена очень далеко от границы или побережья США, истребители не смогут добраться до них своевременно для осуществления перехвата.

4.6. Итоговые выводы

Исследование [1] показало, что наиболее значительным фактором, определяющим эффективность архитектуры системы ПВО, является дальность обнаружения цели РЛС, которая, в свою очередь, определяется высотой их размещения.

В частности, например, для покрытия периметра 48 сопредельных штатов США в интересах предупреждения об КР, летящей на высоте 90 м со скоростью 800 км/ч, потребуется развертывание системы контроля воздушного пространства в одном из следующих вариантов:

- 23 маршрута воздушного патрулирования БПЛА РЛР (всего потребуется 64 БПЛА для непрерывного поддержания по одному в воздухе на каждом маршруте);
- 31 маршрут воздушного патрулирования самолетов АEW&C (всего потребуется 124 самолетов АEW&C);
- 50 привязных аэростатных площадок (всего потребуется в общей сложности 75 аэростатных систем);
- 78 КА РЛР;
- 150 наземных РЛС.

В соответствии с оценками, представленными в работе [1] (таблицы 12-14), затраты на создание национальной системы ПВО США составят примерно от 75 до 465 млрд долларов США³ в течение 20 лет. Из них от 13 до 97 млрд долларов США на первоначальное создание и развертывание системы ПВО и от 18 до 700 млрд долларов в год – на эксплуатацию и поддержку. Самые дешевые варианты архитектуры такой системы, на основе РЛС-аэростатов или КА РЛР, обойдутся примерно в 75-180 млрд долларов США. Дополнительные региональные или местные средства ПВО для полного покрытия территории США на Аляске и Гавайских островах дополнительно увеличат эти расходы.

Варианты построения системы ПВО, основанные на БПЛА РЛР и КА РЛР являются наименее дорогостоящими, поскольку долговечность БПЛА и КА, а также их большая дальность обнаружения КР сократили бы необходимое количество как количество средств наблюдения, так и мест базирования ЗРК и аэродромов ИА. Вариант с БПЛА РЛР будет иметь меньшую стоимость первоначального развертывания, чем вариант с КА РЛР, и, вероятно, его можно будет внедрить раньше. Вариант системы на основе КА РЛР является более сложным

³ Цены указаны в долларах США на 2021 г.

с технической точки зрения и имеет гораздо более высокую стоимость первоначального развертывания, но более низкие затраты на эксплуатацию и поддержку группировки КА сократили бы эту разницу в затратах на горизонте 20 лет.

Вариант системы ПВО на основе КА РЛР также мог бы обеспечить радиолокационное покрытие всей страны (а не только периметра ее штатов), а также большей части мира, что делает ее полезной для решения других военных задач. Однако КА РЛР, находящиеся на орбите Земли, могут быть более уязвимы для атак противоспутникового оружия, чем БПЛА РЛР, действующие в пределах воздушного пространства страны.

Вариант системы ПВО, основанный на самолетах AEW&C, мог бы обеспечить зональную ПВО на основе ЗРК и самолётов-истребителей, но такие варианты системы были бы очень дорогими, поскольку ограничения на их надежность и высоту полета означают, что для организации непрерывного патрулирования по маршрутам потребуется большее количество самолетов, и эксплуатация этих самолетов была бы весьма дорогостоящей. Вариант системы, основанный на РЛС-аэростатах, мог бы обеспечить достаточное время обнаружения и выдачи команд на применение ЗРК по приближающимся КР (хотя потребовались бы сотни мест размещения ЗРК, если бы время реагирования системы управления не было очень коротким), но недостаточное время выдачи команд на применение истребителей. РЛС наземного базирования не могли обеспечить надежную районную ПВО, поскольку в большинстве случаев они не могли обнаруживать маловысотные КР достаточно рано, чтобы ЗРК или истребители могли осуществить перехват.

5. Возможные пути построения отечественной системы ПВО, ориентированной на противодействие БПЛА и КР

С учетом результатов, представленных в работе [1], а также в связи с высокой актуальностью защиты территории РФ от КР и БПЛА, на взгляд авторов целесообразно проработать следующие возможные пути построения отечественной системы ПВО.

1. В приоритетном порядке необходимо проработать создание и развертывание ОГ маловысотных КА РЛР, обеспечивающих обнаружение целей типа КР и БПЛА над всей территорией РФ. Возложить на данную ОГ КА РЛР задачи вскрытия ударов КР и БПЛА, ведения стратегической разведки, а также разведки и целеуказания для сил и средств как для воздушно-космических сил (ВКС), так и военно-морского флота (ВМФ) России.
2. Целесообразно отказаться от развертывания масштабной сети наземных РЛС, оставив наземные РЛС-посты для контроля воздушного пространства вдоль государственной границы, вблизи объектов важного государственного, военного и промышленно-экономического значения. Необходимо обеспечить сопряжение наземных РЛС-постов с ЗРК малой дальности, ориентированно на перехват КР и БПЛА, прикрывающие важные объекты.

3. В качестве усиления системы контроля воздушного пространства и дополнения возможностей ОГ КА РЛР развернуть и обеспечить непрерывное дежурство АК РЛДН типа А-50 и А-100 на маршрутах наиболее вероятных направлений ударов КР и БПЛА по территории РФ в угрожаемый и военный период.
4. В приоритетном порядке необходимо проработать создание и развертывание высотных БПЛА РЛР, обеспечивающих обнаружение целей типа КР и БПЛА, с целью замены АК РЛДН на маршрутах патрулирования. Это позволит снизить потери пилотируемых самолетов, снизить затраты на организацию воздушного патрулирования с одновременным увеличением радиуса обзора и длительности наблюдения.
5. В приоритетном порядке необходимо проработать математическое обеспечение для существующих и новых РЛС, базирующихся на КА, АК РЛДН, БПЛА РЛР, обеспечивающих эффективное обнаружение и идентификацию КР и БПЛА с учетом их низкой ЭПР, профиля, скорости и высоты полета, на фоне подстилающей поверхности.
6. Необходимо внедрить на самолеты и БПЛА гражданской авиации национальную систему «свой – чужой», исключающую возможность использования противником для атаки воздушных коридоров гражданской авиации, профилей полетов коммерческих самолетов, а также формирование ложных данных через систему АЗН-В.
7. Необходимо обеспечить высокий уровень интероперабельности и информационного сопряжения всех систем, задействованных в контроле воздушного пространства, обнаружении и идентификации воздушных объектов, в поражении объектов противника. Несмотря на то, что отечественная система управления ПВО является одной из лучших с точки зрения обмена информацией и автоматизации принятия решений, ее возможностей недостаточно. Необходимо обеспечить ее «бесшовное» информационное сопряжение с ОГ КА РЛР, АК РЛДН и БПЛА РЛР с реализацией возможности выдачи от них целеуказания по КР и БПЛА не только в систему управления, но и непосредственно на локальные средства поражения – на ЗРК и самолеты-истребители в режиме реального времени, с целью снижения временного цикла «разведка – поражение».

Заключение

В статье проведен анализ новых угроз для России в виде ударов БПЛА ВСУ и возможных ударов КР США и стран НАТО. Вскрыты проблемные вопросы, основные факторы и особенности средств обнаружения и поражения, определяющие архитектуру системы ПВО от БПЛА и КР. Рассмотрены результаты моделирования и проведено исследование различных вариантов архитектуры системы ПВО страны от КР (на примере США) по критерию эффективность-стоимость. Сформированы возможные пути построения отечественной системы ПВО, ориентированной на противодействие БПЛА и КР. Данная работа будет полезна специалистам для обоснования отечественной архитектуры системы

ПВО. Кроме того, данная работа будет полезна научным работникам и соискателям, ведущим научные исследования в области исследования вопросов противодействия БПЛА и совершенствования воздушно-космической обороны России.

Литература

1. National Cruise Missile Defense: Issues and Alternatives. – Washington: Congressional Budget Office, 2012. – 55 p. – URL: <https://www.cbo.gov/publication/56990> (дата обращения 15.01.2024).
2. Бориско С. Н., Горемыкин С. А. Анализ состояния Воздушно-космических сил России. Перспективы развития // Военная мысль. 2019. № 1. С. 25-37.
3. Гиндранков В. В., Перепелица М. Л., Перфильев Е. А. Господство в воздухе: мифы и реальность // Военная мысль. 2020. № 1. С. 70-78.
4. Грудинин И. В., Новиков В. А., Гаврилов А. Д. Трансформация системы угроз национальной безопасности России и специальная военная операция // Вестник Академии военных наук. 2023. № 1 (82). С. 6-16.
5. Дыбов В. Н., Подгорных Ю. Д. Об устойчивости воздушно-космической обороны Российской Федерации // Военная мысль 2019. № 10. С. 33-40.
6. Корабельников А. П., Криницкий Ю.В. Направления эволюции оперативного искусства и тактики борьбы с воздушно-космическим противником // Военная мысль. 2021. № 3. С. 38-48.
7. Корабельников А. П., Криницкий Ю.В. Тенденции применения сил и средств воздушного нападения и направления совершенствования противовоздушной обороны // Военная мысль. 2021. № 2. С. 28-35.
8. Криницкий Ю. В. Направления развития форм и способов действий войск (сил) воздушно-космической обороны // Военная мысль. 2022. № 3. С. 43-51.
9. Кураченко П. П. Воздушно-космические силы - новый щит России // Воздушно-космическая сфера. 2016. № 1 (86). С. 87-93.
10. Лузан А. Г. Новые структуры группировок ПРО-ПВО на театрах военных действий – требование времени // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 3 (100). С. 94-103. DOI: 10.30981/2587-7992-2019-100-3-94-103
11. Лузан А. Г. Проблемы борьбы с ракетами средней и меньшей дальности и некоторые пути их решения // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 2 (99). С. 98-108. DOI: 10.30981/2587-7992-2019-99-2-98-108
12. Цыганов А. А., Дебело М. М., Бандура С. В. О необходимости создания перспективных объединений воздушно-космических сил для прикрытия объектов высших звеньев управления и СЯС // Военная мысль. 2020. № 9. С. 130-136.
13. Палицын А. Б., Жиленко Д. Б. Анализ традиционных и перспективных задач системы воздушно-космической обороны России: проблемы и пути их решения // Военная мысль. 2020. № 9. С. 6-17.

14. Подберёзкин А. И., Жуков А. В. Оборона России и стратегическое сдерживание средств и способов стратегического нападения вероятного противника // Вестник МГИМО-Университета. 2018. № 6 (63). С. 141-158. DOI: 10.24833/2071-8160-2018-6-63-141-158

15. Семёнов А. Г., Криницкий Ю. В., Чеховский В. Г. Вооруженная борьба на воздушно-космическом театре военных действий // Военная мысль. 2023. № 1. С. 19-27.

16. Ягольников С. В. Проблемы развития технической основы ВКО и пути их решения // Воздушно-космическая сфера. 2016. № 1 (86). С. 94-98.

17. 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

18. Макаренко С. И. Противодействие беспилотным летательным аппаратам. Монография. – СПб.: Научно-технологические технологии, 2020. – 204 с.

19. 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.

20. Макаренко С. И., Ковальский А. А., Афонин И. Е. Обоснование перспективных направлений развития системы противокосмической обороны Российской Федерации в интересах своевременного вскрытия и отражения «Быстрого глобального удара» средств воздушно-космического нападения // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2020. № 16. С. 99-115.

21. Афонин И. Е., Макаренко С. И., Петров С. В. Описательная модель комплексов разведки, используемых для вскрытия системы воздушно-космической обороны и целеуказания при нанесении удара средствами воздушно-космического нападения // Системы управления, связи и безопасности. 2021. № 1. С. 190-214. DOI: 10.24411/2410-9916-2021-10108

22. Афонин И. Е., Макаренко С. И., Петров С. В. Описательная модель подсистемы радиоэлектронного подавления в составе средств воздушно-космического нападения, используемых для нарушения функционирования элементов системы воздушно-космической обороны // Системы управления, связи и безопасности. 2021. № 2. С. 76-95. DOI: 10.24412/2410-9916-2021-2-76-95

23. Афонин И. Е., Петров С. В., Макаренко С. И. Переход к адаптивно-сетевой структуре системы управления воздушно-космической обороной, как один из основных путей повышения ее устойчивости // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2021. № 19. С. 159-178. DOI: 10.24412/2500-4352-2021-19-159-178

24. Афонин И. Е., Макаренко С. И., Михайлов Р. Л. Описательная модель боевых потенциалов сторон в конфликте системы воздушно-космической обороны со средствами воздушно-космического нападения // Системы

управления, связи и безопасности. 2022. № 3. С. 41-66. DOI: 10.24412/2410-9916-2022-3-41-66

25. Киселев А. В., Макаренко С. И. Анализ боевого потенциала сторон в конфликте средств огневого поражения противника и средств войсковой противовоздушной обороны // Системы управления, связи и безопасности. 2022. № 1. С. 8-48. DOI: 10.24412/2410-9916-2022-1-8-48

26. Афонин И. Е., Макаренко С. И., Михайлов Р. Л. Быстрый глобальный удар: ретроспективный анализ концепции, вероятный сценарий нанесения, состав сил и средств, последствия и приоритетные мероприятия по противодействию. Монография. – СПб.: Научное издательство «Лань», 2022. – 174 с.

27. Афонин И. Е., Макаренко С. И., Петров С. В. Модель оценивания устойчивости системы управления воздушно-космической обороной в конфликте со средствами воздушно-космического нападения // Системы управления, связи и безопасности. 2023. № 3. С. 227-266. DOI: 10.24412/2410-9916-2023-3-227-266

28. Атаки беспилотников и обстрелы территории России. Карта // Российский Бизнес Консалтинг [Электронный ресурс], 2024. – URL: <https://www.rbc.ru/politics/05/03/2024/625568df9a794741e114a762?ysclid=lttqj2ez9d861934018> (дата доступа 15.03.2024).

29. С начала боевых действий Крым подвергался атакам не менее 95 раз. Инфографика // Русское интернациональное телевидение [Электронный ресурс], 28.09.2023. – URL: <https://rtvi.com/news/s-nachala-boevykh-dejstvij-krym-podvergalsya-atakam-ne-menee-95-raz-infografika/> (дата доступа 15.03.2024).

30. Военные дроны на Украине // Российский интернет-портал и аналитическое агентство TAdviser [Электронный ресурс], 04.10.2023 – URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/> (дата доступа 9.02.2024).

31. Шестаков Н. В. Исследование радиолокационных отражений от беспилотных летательных аппаратов с малой эффективной поверхностью рассеяния // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 2. С. 402-407. DOI: 10.24412/2071-6168-2022-2-402-408

32. Фролов И. В. Справочное пособие по БПЛА, используемых Украиной в зоне СВО на ноябрь 2023 года // Информационно-аналитический портал «Всем!ру» [Электронный ресурс], 14.11.2023. – URL: https://wsem.ru/publications/ukrainskij-bespilotnik-spravochnoe-posobie-po-bpla-samolyotnogo-tipa-ispolzuemykh-ukrainoj-v-zone-svo-na-noyabr-2023-goda_16734/ (дата доступа 29.01.2024).

33. Ходарёнок М. М. Боевой рой: в армию США призвали ”гремлинов” // Новости военно-промышленного комплекса [Электронный ресурс], 16.05.2018. – URL: https://vpk.name/news/215425_boevoi_roi_v_armiyu_ssha_prizvali_gremlinov.html (дата обр. 06.02.2024).

34. Информационная система «Ракетная техника» // Ракетная техника [Электронный ресурс], 2021. – URL: <https://missilery.info/search> (дата доступа 29.01.2024).

35. Directory of U.S. Military Rockets and Missiles [Электронный ресурс], 5.01.2024. – URL: <https://www.designation-systems.net/dusrm/index.html> (дата доступа 29.01.2024).

36. Капитанец И. М. Анализ подготовки США к уничтожению российской государственности путем нанесения «обезоруживающего удара» по стратегическим объектам Российской Федерации высокоточными крылатыми ракетами с обычным (неядерным) снаряжением в 2010-2020 гг. // Военно-патриотический сайт «Отвага» [Электронный ресурс], 2009. – URL: <http://otvaga2004.ru/armiya-i-vpk/armiya-i-vpk-vzglyad/analiz-vozmozhnyh-scenarijev-vooruzhennoj-borby-ha-more-v-2010-2020-gg/> (дата доступа 15.03.2024).

37. Основные характеристики Единой системы организации воздушного движения // Государственная корпорация по организации воздушного движения [Электронный ресурс], 2024. – URL: <https://gkovd.ru> (дата доступа 03.02.2024).

38. Куликов И. Н. Дирижабль – значит управляемый // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 2 (107). С. 66-75.

39. БПЛА «ОРИОН»: Оценка китайских специалистов по опыту СВО // Военная мысль и военное дело за рубежом [Электронный ресурс], 16.02.2024. – URL: <https://invoen.ru/obrazzi-vooruzhenija-i-voennoj-tehniki/bpla-orion-ozenka-kitajskih-spezialistov-po-opitu-svo/?ysclid=ltlp7nkvp0663379842> (дата доступа 16.02.2024).

40. Полуактивная радиолокационная станция (ПАРЛС) // АО «НИИ «Вектор» [Электронный ресурс], 2024. – URL: <https://nii-vektor.ru/poluaktivnaya-radiolokacionnaya-stancziya> (дата доступа 03.02.2024).

41. Додонов А. Г., Путятин В. Г. Наземные оптические, оптико-электронные и лазерно-телевизионные средства траекторных измерений // Математические машины и системы. 2017. № 4. С. 30-56.

42. А-50 самолет ДРЛО и управления // Российская интернет-энциклопедия «Испытателей аэрокосмической техники» [Электронный ресурс], 04.06.2010. – URL: http://www.testpilot.ru/russia/beriev/a/50/a50_1.php (дата доступа: 05.02.2024).

43. Верба В. С. Авиационные комплексы радиолокационного дозора и наведения. Принципы построения, проблемы разработки и особенности функционирования. Монография. – М.: Радиотехника, 2014. – 528 с.

44. Авиация ДРЛО (часть 4) // Военное обозрение [Электронный ресурс], 2017. – URL: <https://topwar.ru/111198-aviaciya-drlo-chast-4.html> (дата доступа: 05.02.2024).

45. P-8: A Proven Multi-Mission Maritime Patrol Aircraft // Boeing [Электронный ресурс], 2024. – URL: <https://www.boeing.com/defense/p-8-roseidon#overview> (дата доступа: 05.02.2024).

46. Интеллект для беспилотника // Новости военно-промышленного комплекса [Электронный ресурс], 2012. – URL: https://vpk.name/news/75073_intellekt_dlya_bespilotnika.html (дата доступа: 06.02.2024).

47. Беспилотный летательный аппарат "Орион" // АО «Кронштадт» [Электронный ресурс], 2024. – URL:

<https://www.kronshtadt.ru/products/bespilotnyij-kompleks-orion> (дата доступа: 06.02.2024).

48. Американский тяжелый разведывательный стратегический беспилотный летательный аппарат RQ-4 Global Hawk // AmalNews [Электронный ресурс], 2024. – URL: <https://amalantra.ru/rq-4-global-hawk/?ysclid=ltll1yi4n2836726269> (дата доступа: 06.02.2024).

49. MQ-4C Triton Беспилотный летательный аппарат наблюдения за морем (BAMS) // AmalNews [Электронный ресурс], 2024. – URL: <https://thaimilitaryandasianregion.wordpress.com/2018/05/05/mq-4c-triton-broad-area-maritime-surveillance-bams-uas/#content> (дата доступа: 06.02.2024).

50. Лавров А. В. Дотянулась до космоса: завершается создание системы разведки «Лиана» // Известия [Электронный ресурс], 6.03.2021. – URL: <https://iz.ru/1133265/anton-lavrov/dotianulas-do-kosmosa-zavershaetsia-sozdanie-sistemy-razvedki-liana> (дата доступа: 03.02.2024).

51. Новый российский спутник «Космос-2569» начнет вести разведку военных объектов Украины // Известия [Электронный ресурс], 30.05.2023. – URL: <https://iz.ru/1520618/2023-05-30/novyi-rossiiskii-sputnik-kosmos-2569-nachnet-vesti-razvedku-voennykh-obektov-ukrainy> (дата доступа: 03.02.2024).

52. ЗРПК «Панцирь-СМ/С1М» и его потенциал // Военное обозрение [Электронный ресурс], 27.08.2021. – URL: <https://topwar.ru/186413-zrpk-pancir-sm-s1m-i-ego-potencial.html?ysclid=ltlll4qq38118972897> (дата доступа: 07.02.2024).

53. Зенитно-ракетная система С-300 ПМУ-1 // Ракетная техника [Электронный ресурс], 2024. – URL: <https://missilery.info/missile/c300pmu> (дата доступа: 07.02.2024).

54. Что представляет собой зенитный ракетный комплекс С-350 «Витязь»? // Аргументы и факты [Электронный ресурс], 08.07.2015 – URL: https://aif.ru/dontknows/file/chto_predstavlyaet_soboy_zenitnyy_raketnyy_kompleks_s-350_vityaz?ysclid=ltsw43ob4f805048881 (дата доступа: 08.02.2024).

55. Зенитный ракетный комплекс С-400 "Триумф": технические характеристики // Российское информационное агентство [Электронный ресурс], 03.03.2020. – URL: <https://ria.ru/20181005/1529791664.html> (дата доступа: 09.02.2024).

56. ЗРК С-500 “Прометей”: универсальный защитник Родины // AmalNews [Электронный ресурс], 08.04.2018. – URL: <https://amalantra.ru/zrk-s-500-prometej/?ysclid=ltswbbcr7i328638204> (дата доступа: 09.02.2024).

57. Giles K. Russian ballistic missile defense: rhetoric and reality. – Strategic Studies Institute, US Army War College, 2015. – 72 p. – URL: <http://www.jstor.org/stable/resrep11662> (accessed 15 March 2024).

58. 77Н6-Н // ViStat.org [Электронный ресурс], 12.02.2024 – URL: <https://vistat.org/objects/77n6-n-78b> (дата доступа: 26.02.2024).

59. Военно-воздушные силы России и мира // AmalNews [Электронный ресурс], 2023. – URL: <https://amalantra.ru/tag/voyenno-vozdushnyye-sily/> (дата доступа: 21.02.2024).

60. Авиация // Министерство обороны Российской Федерации [Электронный ресурс], 2024. – URL: <https://structure.mil.ru/structure/forces/air/weapons/aviation.htm> (дата доступа: 21.02.2024).

References

1. National Cruise Missile Defense: Issues and Alternatives. Washington, DC, Congressional Budget Office, 2012. 55 p. Available at: <https://www.cbo.gov/publication/56990> (accessed 15 January 2024).
2. Borisko S. N., Goremykin S. A. Aerospace forces of Russia state analysis. prospects for development. *Military Thought*, 2019, no. 1, pp. 25-37 (in Russian).
3. Gindrankov V. N., Perepelitsa M. L., Perfilyev Ye. A. Mastery in the air: myths and reality. *Military Thought*, 2020, no. 1, pp. 70-78 (in Russian).
4. Grudin I. V., Novikov V. A., Gavrilov A. D. Threat transformation national security of Russia and a special military operation. *Vestnik Akademii voennykh nauk*, 2023, vol. 83, no. 1, pp. 6-16 (in Russian).
5. Dybov V. N., Podgornykh Yu. D. On aerospace defense stability in the Russian Federation. *Military Thought*, 2019, no. 10, pp. 33-40 (in Russian).
6. Korabelnikov A. P., Krinitsky Yu. V. Evolution trends in operational art and the tactics of fighting the aerospace adversary. *Military Thought*, 2021, no. 3, pp. 38-48 (in Russian).
7. Korabelnikov A. P., Krinitsky Yu. V. The trends in the use of air attack forces and means and air defense improvement lines. *Military Thought*, 2021, no. 2, pp. 28-35 (in Russian).
8. Krinitsky Yu. V. Development vectors in the forms and methods of actions by aerospace defense troops/forces. *Military Thought*, 2022, no. 3, pp. 43-51 (in Russian).
9. Kurachenko P. P. Vozdushno-kosmicheskie sily - novyj shhit Rossii [Aerospace Forces -Russia's new shield]. *Aerospace Sphere Journal*, 2016, vol. 86, no. 1, pp. 87-93 (in Russian).
10. Luzan A. G. New structures of air and missile defence constellations in theatres of operations is the imperative of our time. *Aerospace Sphere Journal*, 2019, vol. 100, no. 3, pp. 94-103 (in Russian). DOI: 10.30981/2587-7992-2019-100-3-94-103
11. Luzan A. G. Problems of short and intermediate range missiles protection and some ways of solving. *Aerospace Sphere Journal*, 2019, vol. 99, no. 2, pp. 98-108 (in Russian). DOI: 10.30981/2587-7992-2019-99-2-98-108
12. Tsyganov A. A., Debelo M. M., Bandura S. V. On the need to make advanced associations of aerospace forces to cover top-level control facilities and strategic nuclear forces. *Military Thought*, 2020, no. 9, pp. 130-136 (in Russian).
13. Palitsyn A. B., Zhilenko D. B. Analysis of traditional and new information and combat tasks for Russia's system of aerospace defense: problems and ways of solving them. *Military Thought*, 2020, no. 9, pp. 6-17 (in Russian).
14. Podberezkin A. I., Zhukov A. V. Russia's strategic deterrence and defense against potential means and methods of strategic attack. *MGIMO Review of*

International Relations, 2018, vol. 63, no. 6, pp. 141-158 (in Russian). DOI: 10.24833/2071-8160-2018-6-63-141-158

15. Semenov A. G., Krinitsky Yu. V., Chekhovsky V. G. Armed struggle at the aerospace theater of operations. *Military Thought*, 2023, no. 1, pp. 19-27 (in Russian).

16. Jagolnikov S. V. Problemy razvitiya tehniceskoy osnovy VKO i puti ih resheniya [Problems of development of the technical basis of aerospace defense and ways to solve them]. *Aerospace Sphere Journal*, 2016, vol. 86, no. 1, pp. 94-98 (in Russian).

17. 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

18. Makarenko S. I. *Counter Unmanned Aerial Vehicles*. Saint Petersburg, Naukoemkie Tehnologii Publ., 2020. 204 p. (in Russian).

19. 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).

20. Makarenko S. I., Kovalskiy A. A., Afonin I. E. Justification of Perspective Directions of Development of the Russian Federation's Anti-Space Defense System in the Interests of Timely Opening and Repulse the Aerospace Attack Means "Prompt Global Strike". *Aerospace forces. Theory and practice*, 2020, no. 16, pp. 99-115 (in Russian).

21. Afonin I. E., Makarenko S. I., Petrov S.V. Descriptive model of intelligence systems used to detection the elements of an aerospace defense system and target designation when aerospace attack means are doing prompt global strike. *Systems of Control, Communication and Security*, 2021, no. 1, pp. 190-214 (in Russian). DOI: 10.24411/2410-9916-2021-10108

22. Afonin I. E., Makarenko S. I., Petrov S. V. Descriptive model of the electronic warfare subsystem as part aerospace attack means used to suppression elements of an aerospace defense system. *Systems of Control, Communication and Security*, 2021, no. 2, pp. 76-95 (in Russian). DOI: 10.24412/2410-9916-2021-2-76-95

23. Makarenko S. I., Kovalskiy A. A., Afonin I. E. Justification of Perspective Directions of Development of the Russian Federation's Anti-Space Defense System in the Interests of Timely Opening and Repulse the Aerospace Attack Means "Prompt Global Strike". *Aerospace forces. Theory and practice*, 2020, no. 16, pp. 99-115 (in Russian). DOI: 10.24412/2500-4352-2021-19-159-178

24. Afonin I. E., Makarenko S. I., Mikhailov R. L. Descriptive model of combat potentials of sides in the conflict between the aerospace defense system and the aerospace attack means. *Systems of Control, Communication and Security*, 2022, no. 3, pp. 41-66 (in Russian). DOI: 10.24412/2410-9916-2022-3-41-66

25. Kiselev A. V., Makarenko S. I. Analysis of the Combat Potential of the Parties to the Conflict of the Fire Destruction Means of the Enemy and the Air

Defense Means of Army. *Systems of Control, Communication and Security*, 2022, no. 1, pp. 8-48 (in Russian). DOI: 10.24412/2410-9916-2022-1-8-48

26. Afonin I. E., Makarenko S. I., Mikhailov R. L. *Bystryj globalnyj udar: retrospektivnyj analiz koncepcii, veroyatnyj scenarij naneseniya, sostav sil i sredstv, posledstviya i prioritetye meropriyatiya po protivodejstviyu. Monografiya* [A prompt global strike: a retrospective analysis of the concept, the likely scenario of the application, the composition of additional funds, consequences and priority measures to counteract. Monograph]. Saint Petersburg, Naukoemkie Tehnologii Publ., 2022. 174 p. (in Russian).

27. Afonin I. E., Makarenko S. I., Petrov S. V. Model for assessing the stability of an aerospace defense control system in conflict with aerospace attack means. *Systems of Control, Communication and Security*, 2023, no. 3, pp. 227-266 (in Russian). DOI: 10.24412/2410-9916-2023-3-227-266

28. Ataki bespilotnikov i obstrely territorii Rossii. Karta [Drone attacks and shelling of Russian territory. Map]. *Rossijskij Biznes Konsalting [Russian Business Consulting]*, 2024. Available at: <https://www.rbc.ru/politics/05/03/2024/625568df9a794741e114a762?ysclid=lttqj2ez9d861934018> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

29. S nachala boevyh dejstvij Krym podvergalsja atakam ne menee 95 raz. Infografika [Since the beginning of hostilities, Crimea has been attacked at least 95 times. Infographics]. *Russkoe internacional'noe televidenie [Russian International Television]*, 28.09.2023. Available at: <https://rtvi.com/news/s-nachala-boevyh-dejstvij-krym-podvergalsya-atakam-ne-menee-95-raz-infografika/> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

30. Voennye drony na_Ukraine [Military drones in Ukraine]. *Rossijskij internet-portal i analiticheskoe agentstvo TAdviser [Russian Internet portal and analytical agency TAdviser]*, 04.10.2023. Available at: <https://www.tadviser.ru/index.php/> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

31. Shestakov N. V. Investigation of radar reflections from unmanned aerial vehicles with a small effective scattering surface. *Izvestiya Tula State University*, 2022, no. 2, pp. 402-407 (in Russian). DOI: 10.24412/2071-6168-2022-2-402-408

32. Frolov I. V. Spravochnoe posobie po BPLA, ispol'zuemyh Ukrainoj v zone SVO na nojabr' 2023 goda [A reference guide on UAVs used by Ukraine in the zone of its own in November 2023]. *Informacionno-analiticheskij portal «Vsem!ru» [Information and analytical portal «Vsem!ru»]*, 14.11.2023. Available at: https://wsem.ru/publications/ukrainskij-bespilotnik-spravochnoe-posobie-po-bpla-samolyotnogo-tipa-ispolzuyemykh-ukrainoj-v-zone-svo-na-noyabr-2023-goda_16734/ (in Russian) (accessed 15 March 2024).

33. Hodarjonok M. M. Boevoj roj: v armiju SShA prizvali "gremlinov" [Battle Swarm: Gremlins were drafted into the US Army]. *Novosti voenno-promyshlennogo kompleksa [Military-industrial complex news]*, 16.05.2018. Available at: https://vpk.name/news/215425_boevoi_roi_v_armiyu_ssh_a_prizvali_gremlinov.html (in Russian) (accessed 15 March 2024).

34. Информационная система «Ракетная техника» [Information system "Rocket technology"]. *Ракетная техника [Rocket technology]*, 2021. Available at: <https://missilery.info/search> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

35. *Directory of U.S. Military Rockets and Missiles*, 5.01.2024. Available at: <https://www.designation-systems.net/dusrm/index.html> (accessed 15 March 2024).

36. Капитанец И. М. Анализ подготовки США к уничтожению российской государственности путем нанесения «обезоруживающего удара» по стратегическим объектам Российской Федерации высокоточными крылатыми ракетами с обычным (неядерным) снаряжением в 2010-2020 гг. [Analysis of the preparation of the United States for the destruction of Russian statehood by delivering a "disarming strike" on strategic objects of the Russian Federation with high-precision cruise missiles with conventional (non-nuclear) equipment in 2010-2020]. *Военно-патриотический сайт «Отвага» [Military-patriotic website "Courage"]*, 2009. Available at: <http://otvaga2004.ru/armiya-i-vpk/armiya-i-vpk-vzglyad/analiz-vozmozhnyx-scenarijev-vooruzhennoj-borby-ha-more-v-2010-2020-gg/> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

37. Основные характеристики Единой системы организации воздушного движения [The main characteristics of the Unified Air Traffic Management System]. *Государственная корпорация по организации воздушного движения [State Corporation for Air Traffic Management]*, 2024. Available at: <https://gkovd.ru> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

38. Куликов И. Н. Airship - means controlled. *Aerospace Sphere Journal*, 2021, vol. 107, no. 2, pp. 66-75 (in Russian).

39. BPLA «ORION»: Оценка китайских специалистов по опыту SVO [ORION UAV: Assessment of Chinese specialists based on their experience]. *Военная мысль и военное дело за рубежом [Military thought and military affairs abroad]*, 16.02.2024. Available at: <https://invoen.ru/obraszi-vooruzhenija-i-voennoj-tehniki/bpla-orion-ozenka-kitajskih-spezialistov-po-opitu-svo/?ysclid=ltlp7nkvp0663379842> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

40. Semi-active radar station. Research Institute "Vector", 2024. Available at: <https://nii-vektor.ru/poluaktivnaya-radiolokacziionnaya-stancziya> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

41. Dodonov A. G., Putyatin V. G. Наземные оптические, оптико-электронные и лазерно-телевизионные средства траекторных измерений [Ground-based optical, optoelectronic and laser-television trajectory measurement tools]. *Математические машины и системы [Mathematical machines and systems]*, 2017, no. 4, pp. 30-56. (in Russian).

42. A-50 самолет DRLO и управления [A-50 AWACS and control aircraft]. *Российская интернет-энциклопедия «Испытатели аэрокосмической техники» [The Russian Internet encyclopedia of "Testers of aerospace technology"]*, 04.06.2010. Available at: http://www.testpilot.ru/russia/beriev/a/50/a50_1.php (in Russian) (accessed 15 March 2024).

43. Верба В. С. Авиационные комплексы радиолокационного дозора и наведения. Принципы построения, проблемы разработки и особенности функционирования. Монография [Aircraft radar patrol and guidance. Principles, problems of

development and peculiarities of functioning. Monograph]. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2014. 528 p. (in Russian).

44. Aviatsiya DRLO (chast' 4) [AWACS Aviation (Part 4)]. *Voennoe obozrenie* [Military Review], 2017. Available at: <https://topwar.ru/111198-aviatsiya-drlo-chast-4.html> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

45. P-8: A Proven Multi-Mission Maritime Patrol Aircraft. *Boeing*, 2024. Available at: <https://www.boeing.com/defense/p-8-poseidon#overview> (accessed 15 March 2024).

46. Intellect dlya bespilotnika [Intelligence for a drone]. *Novosti voenno-promyshlennogo kompleksa* [Military-industrial complex news], 2012. Available at: https://vpk.name/news/75073_intellekt_dlya_bespilotnika.html (in Russian) (accessed 15 March 2024).

47. Беспилотный летательный аппарат "Orion" [Orion unmanned aerial vehicle]. *Kronshtadt company*, 2024. Available at: <https://www.kronshtadt.ru/products/bespilotnyij-kompleks-orion> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

48. Amerikanskij tyazhelyj razvedyvatel'nyj strategicheskij bespilotnyj letatel'nyj apparat RQ-4 Global Hawk» [American heavy reconnaissance strategic unmanned aerial vehicle RQ-4 Global Hawk]. *AmalNews*, 2024. Available at: <https://amalantra.ru/rq-4-global-hawk/?ysclid=ltll1yi4n2836726269> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

49. MQ-4C Triton Беспилотный летательный аппарат nablyudeniya za morem (BAMS) [MQ-4C Triton Unmanned Aerial Vehicle for Sea Surveillance (BAMS)]. *AmalNews*, 2024. Available at: <https://thaimilitaryandasianregion.wordpress.com/2018/05/05/mq-4c-triton-broad-area-maritime-surveillance-bams-uas/#content> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

50. Lavrov A. V. Dotyanulas' do kosmosa: zavershaetsya sozдание sistemy razvedki «Liana» [It reached out to space: the creation of the Liana reconnaissance system is being completed]. *Izvestiya* [News], 6.03.2021. Available at: <https://iz.ru/1133265/anton-lavrov/dotianulas-do-kosmosa-zavershaetsia-sozдание-sistemy-razvedki-liana> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

51. Novyj rossijskij sputnik «Kosmos-2569» nachnet vesti razvedku voennykh ob'ektov Ukrainy [The new Russian satellite Kosmos-2569 will begin to conduct reconnaissance of military facilities in Ukraine]. *Izvestiya* [News], 30.05.2023. Available at: <https://iz.ru/1520618/2023-05-30/novyi-rossiiskii-sputnik-kosmos-2569-nachnet-vesti-razvedku-voennykh-obektov-ukrainy> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

52. ZRPK «Pancir'-SM/S1M» i ego potencial [The Pantsir-SM/S1M air defense system and its potential]. *Voennoe obozrenie* [Military Review], 27.08.2021. Available at: <https://topwar.ru/186413-zrpk-pancir-sm-s1m-i-ego-potencial.html?ysclid=ltlll4qq38118972897> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

53. Zenitno-raketnaya sistema C-300 PMU-1 [C-300 PMU-1 anti-aircraft missile system]. *Raketnaya tekhnika* [Rocket technology], 2024. Available at: <https://missily.info/missile/c300pmu> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

54. Что представляет собой зенитный ракетный комплекс S-350 «Vityaz»? [What is the S-350 Vityaz anti-aircraft missile system?]. *Argumenty i fakty* [Arguments and facts], 08.07.2015 Available at: https://aif.ru/dontknows/file/chto_predstavlyaet_soboy_zenitnyy_raketnyy_kompleks_s-350_vityaz?ysclid=ltsw43ob4f805048881 (in Russian) (accessed 15 March 2024).

55. Zenitnyj raketnyj kompleks S-400 "Triumf": tekhnicheskie harakteristiki [S-400 Triumph anti-aircraft missile system: technical specifications]. *Rossijskoe informacionnoe agentstvo* [Russian News Agency], 03.03.2020. Available at: <https://ria.ru/20181005/1529791664.html> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

56. ZRK S-500 "Prometej": universal'nyj zashchitnik Rodiny [S-500 air defense system "Prometheus": universal defender of the Motherland]. *AmalNews*, 08.04.2018. Available at: <https://amalantra.ru/zrk-s-500-prometej/?ysclid=ltswbbcr7i328638204> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

57. Giles K. *Russian ballistic missile defense: rhetoric and reality*. Strategic Studies Institute, US Army War College, 2015. 72 p. Available at: <http://www.jstor.org/stable/resrep11662> (accessed 15 March 2024).

58. 77N6-N. *ViStat.org*, 12.02.2024. Available at: <https://vistat.org/objects/77n6-n-78b> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

59. Voенно-vozdushnye sily Rossii i mira [Air Forces of Russia and the world]. *AmalNews*, 2023. Available at: <https://amalantra.ru/tag/voyenno-vozdushnyye-sily/> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

60. Aviaciya [Aviation]. *Ministerstvo oborony Rossijskoj Federacii* [Ministry of Defense of the Russian Federation], 2024. Available at: <https://structure.mil.ru/structure/forces/air/weapons/aviation.htm> (in Russian) (accessed 15 March 2024).

Статья поступила 20 марта 2024 г.

Информация об авторах

Макаренко Сергей Иванович – доктор технических наук, доцент. 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: 197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5.

Старостин Александр Вячеславович – кандидат технических наук. Доцент военного учебного центра. Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. Область научных интересов: обработка радиолокационных сигналов, автоматизированные системы специального назначения. E-mail: starostin_1972@mail.ru

Адрес: 190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А.

Country's air defense system against strikes with unmanned aerial vehicles and cruise missiles: new threats, problematic issues, technical and economic analysis of architecture variants

S. I. Makarenko, A. V. Starostin

Relevance. The command of the US Armed Forces has completed the development of the operational and strategic concept of a "Prompt global strike". In this concept, the main focus of the strike is shifting from intercontinental missile to sea- and air-based cruise missiles (CM). In addition, the Armed Forces of Ukraine (AFU) are attacking the territory of Russia using unmanned aerial vehicles (UAVs). These factors make it relevant to study the variants of the architecture of the country's air defense system (ADS) against massive strikes by CM and UAVs. **The purpose of the paper** is to analyze new threats to Russia in the form of UAVs and CM strikes, to detect problematic issues of building the country's ADS and to form possible ways to solve them. A similar study on the US air defense system against a strike by CM, is the basis for considering problematic issues of building the Russian's ADS. **The results and their novelty.** An element of the practical novelty of the paper are: the formed descriptive models of typical strike means – the US CM and AFU's UAVs; the results of the analysis of the use of existing detection and destruction means, in relation to such types of new targets as CM and UAVs; the results of modeling and research of various variants of the architecture of the country's ADS (on the example of the USA) in terms of efficiency-cost. **Practical significance.** This paper will be useful for specialists to substantiate the architecture of the Russian's ADS. In addition, this work will be useful to researchers who conducting scientific research in the field of counteraction to CM and UAVs, as well as in the field of improving the aerospace defense of Russia.

Keywords: air defense, aerospace defense, rapid global strike, means of air attack, unmanned aerial vehicle, cruise missile, fighter aircraft, anti-aircraft missile system, architecture, efficiency-cost.

Information about Authors

Sergey Ivanovich Makarenko – Dr. habil. of Engineering Sciences, Docent. Professor of Information Security Department. Saint Petersburg Electrotechnical University 'LETI'. Field of research: stability of network against the purposeful destabilizing factors; electronic warfare; information struggle. E-mail: mak-serg@yandex.ru

Address: 197376, Russia, Saint Petersburg, Professor Popov Street, 5.

Alexander Vyacheslavovich Starostin – Ph.D. of Engineering Sciences. Associate Professor at the Military Training Center. St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation. Area of scientific interests: processing of radar signals, automated systems for special purposes. E-mail: starostin_1972@mail.ru

Address: 190000, Russia, St. Petersburg, st. Bolshaya Morskaya, 67, lit. A.