

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ САМОЛЕТА И ВЕРТОЛЕТА КАК НОСИТЕЛЕЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ ОБНАРУЖЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ

Лифанова Татьяна Михайловна¹, ведущий инженер, аспирант,
ORCID:0009-0005-1927-5148, WSR ID:MVV-7496-2025, rid105526

Громовой Максим Эдуардович², старший инженер, аспирант,
ORCID:0009-0008-4658-3420, WSR ID:MVV-8985-2025, rid105450

Арзамасов Дмитрий Олегович³, инженер-программист 1 категории,
аспирант, ORCID:0009-0004-8103-5922,

Петренко Сергей Владимирович⁴, начальник отдела, д.т.н., профессор

Гальямов Андрей Михайлович⁵, генеральный директор,

^{1,3,4}Публичное акционерное общество «научно-производственное
объединение «Алмаз» имени академика А. А. Расплетина» (ПАО «НПО
«Алмаз» им. академика А. А. Расплетина), г. Москва;

²170 военное представительство Министерства обороны Российской
Федерации аккредитовано при АО «Московский машиностроительный завод
«Авангард» (АО «ММЗ «АВАНГАРД») г. Москва;

⁵Общество с ограниченной ответственностью «Новая консалтинговая
компания» (ООО «НКК»), г. Москва.

Аннотация: В статье проводится сравнительный анализ двух классов авиационных носителей – самолета и вертолета – с позиций системного подхода к решению задачи радиолокационного наблюдения за воздушным пространством. Выявлены ключевые факторы, влияющие на эффективность применения бортовых радиолокационных станций (РЛС) при обнаружении воздушных целей. Предложена система критериев, проведена их качественная и количественная оценка. Сделаны выводы об областях предпочтительного применения каждого типа носителя в зависимости от поставленных тактических задач.

Ключевые слова: системный анализ, авиационные носители, радиолокационная станция, обнаружение воздушных целей, самолет, вертолет, эффективность применения

COMPARATIVE SYSTEM ANALYSIS OF AN AIRCRAFT AND
HELICOPTER AS CARRIERS OF AN AIRBORNE TARGET DETECTION
RADAR STATION

Lifanova Tatiana Mikhailovna¹, Senior Engineer, postgraduate student,
ORCID:0009-0005-1927-5148, WSR ID:MVV-7496-2025, rid105526
Gromovoy Maxim Eduardovich², Senior Engineer, graduate student,
ORCID:0009-0008-4658-3420, WSR ID:MVV-8985-2025, rid105450
Arzamasov Dmitry Olegovich³, software engineer of the 1st category,
postgraduate student, ORCID:0009-0004-8103-5922,
Petrenko Sergey Vladimirovich⁴, Head of the Department, Doctor of
Technical Sciences, Professor
Andrey M. Galyamov, 5th, General Director,

^{1,3,4} Public Joint Stock Company Scientific and Production Association Almaz named after Academician A. A. Raspletin (PJSC NPO Almaz named after Academician A. A. Raspletin), Moscow;

² 170 The military representative office of the Ministry of Defense of the Russian Federation is accredited at JSC Moscow Machine-Building Plant Avangard (JSC MMZ AVANGARD), Moscow;

⁵ Limited Liability Company "New Consulting Company" (NCC LLC), Moscow.

Abstract: The article provides a comparative analysis of two classes of aircraft carriers – aircraft and helicopter – from the perspective of a systematic approach to solving the problem of radar surveillance of airspace. The key factors influencing the effectiveness of the use of airborne radar stations (radars) in detecting aerial targets have been identified. A system of criteria is proposed, their qualitative and quantitative assessment is carried out. Conclusions are drawn about the areas of preferred application of each type of carrier, depending on the tactical tasks set.

Keywords: system analysis, aircraft carriers, radar station, detection of air targets, aircraft, helicopter, effectiveness of application

Введение

Выбор платформы для размещения радиолокационной станции (РЛС) обнаружения воздушных целей является классической задачей системного анализа, требующей учета множества противоречивых факторов. В отличие от РЛС наземного обзора или картографирования, задаче обнаружения воздушных целей присущи свои особенности: необходимость сканирования верхней полусферы, работа в условиях естественных (подстилающая

поверхность) и организованных помех, а также высокая динамика изменения параметров целей. Целью данной работы является построение иерархической системы критериев для сравнения самолета и вертолета как носителей РЛС обнаружения воздушных целей и определение областей их рационального применения.

1. Методология сравнения

Сравнение проводилось по восьми ключевым критериям, объединенным в три группы: тактико-технические характеристики, эксплуатационные ограничения и специфические факторы носителя. Для количественной оценки использован метод экспертных оценок с последующей нормализацией показателей по 10-балльной шкале. Весовые коэффициенты (важность критерия) определены исходя из типовой задачи ведения воздушной разведки и контроля воздушного пространства средней интенсивности.

2. Критерии сравнения и их анализ

Группа А: Тактико-технические характеристики

1. Дальность обнаружения воздушных целей (Радиогоризонт и энергетика).

Сущность критерия: для воздушных целей критически важны два фактора: а) прямая видимость, ограниченная кривизной Земли (чем выше носитель, тем раньше он увидит низколетящую цель); б) энергетический потенциал РЛС, позволяющий обнаружить цель на большом удалении.

Системная взаимосвязь: высота носителя напрямую определяет время предупреждения о налете и рубежи перехвата.

Оценка: самолет (высота 8-12 км) обеспечивает дальность обнаружения крупных высотных целей до 400-600 км и видит горизонт на 350-450 км. Вертолет (высота до 3-4 км) имеет жесткое ограничение по радиогоризонту (до 200-250 км), что критично при поиске низколетящих целей (крылатые ракеты, беспилотники).

2. Скорость реакции и мобильность.

Сущность критерия: Способность быстро выйти в район патрулирования или сменить позицию для сопровождения цели.

Оценка: Самолет имеет высокую крейсерскую скорость (600-900 км/ч), что позволяет оперативно наращивать группировку на угрожаемом направлении. Вертолет (250-350 км/ч) уступает по темпу ведения разведки.

3. Длительность барражирования (Патрулирования).

Сущность критерия: Время нахождения носителя в заданной зоне в готовности к обнаружению целей.

Оценка: Крупные самолеты ДРЛО имеют значительную продолжительность полета (6-10 часов). Вертолет имеет меньшее время патрулирования (3-5 часов), но при базировании на корабле может работать посменно, обеспечивая непрерывность наблюдения в тактической зоне.

Группа Б: Эксплуатационные и массогабаритные характеристики

4. Энергетический потенциал РЛС и масса полезной нагрузки.

Сущность критерия: Ограничения на массу, габариты и энергопотребление бортового радиолокационного комплекса. Для обнаружения воздушных целей на больших дальностях требуется либо большая антенна (для узкого луча), либо высокая мощность передатчика.

Оценка: Самолет способен нести крупногабаритные антенные системы (диаметром до 9-10 м под обтекателем) и мощные генераторы, обеспечивая высокую энергию зондирующего сигнала и, как следствие, большую дальность. Вертолет жестко ограничен грузоподъемностью, что вынуждает к миниатюризации РЛС и снижению ее потенциала, делая его менее эффективным против малозаметных целей.

5. Требования к базированию.

Сущность критерия: Необходимость в развитой аэродромной инфраструктуре.

Системная гибкость: Вертолет обладает низкой чувствительностью к условиям базирования, способен работать с палуб кораблей различных классов и неподготовленных площадок. Это позволяет создавать "мобильные заслоны" с корабельных группировок. Самолет требует наличия взлетно-посадочной полосы, что снижает оперативность развертывания в удаленных районах.

Группа В: Специфические факторы (Помехи и устойчивость)

6. Виброакустическая нагрузка на аппаратуру РЛС.

Сущность критерия: Уровень паразитных механических колебаний, воздействующих на высокоточные элементы РЛС (волноводы, фазированные решетки).

Системное влияние: Высокий уровень вибрации требует введения дополнительных масс в конструкцию (амортизация) и усложняет алгоритмы обработки сигнала, так как вызывает паразитную фазовую модуляцию. Вертолет характеризуется высоким уровнем вибрации от трансмиссии и несущего винта, что может снижать точность сопровождения скоростных целей.

7. Электромагнитная совместимость с носителем (Влияние лопастей на обзор).

Сущность критерия: Искажение диаграммы направленности и модуляция принимаемого и передаваемого сигнала элементами конструкции носителя.

Критичность для воздушного обзора: для вертолета вращение лопастей создает периодическое затенение антенны и мощную доплеровскую модуляцию отражений. Это является уникальной проблемой, так как ложные сигналы от лопастей могут маскировать или имитировать воздушные цели, особенно на фоне помех. Требуется применения сложных алгоритмов селекции движущихся целей (СДЦ) и компенсации помех.

Оценка: у самолета (с расположением антенны над фюзеляжем) данный фактор практически отсутствует, что дает "чистый" ракурс обзора верхней полусферы.

8. Уязвимость и живучесть в воздушном бою.

Сущность критерия: Вероятность быть пораженным средствами ПВО или истребителями противника.

Оценка: Тихоходный и низколетящий вертолет является легкой мишенью для истребителей и зенитных ракет. Однако при действиях в ближней морской зоне или в условиях сильной радиоэлектронной борьбы он может быть менее заметен за счет экранирования радиолокационным горизонтом. Самолет ДРЛО (типа А-50) является приоритетной целью, но обладает большей скоростью для ухода из опасной зоны и, как правило, прикрывается истребителями.

3. Результаты сравнительного анализа

Для интегральной оценки проведем нормализацию критериев по 10-балльной шкале (где 10 – максимальное преимущество) и применим весовые коэффициенты, отражающие важность критерия для задачи обнаружения воздушных целей.

Обоснование весов: в задачах ПВО и ВВС приоритетом является дальность (время предупреждения), чистота неба (отсутствие помех от носителя) и возможность длительного патрулирования. Гибкость базирования вторична, так как аэродромы обычно есть.

Таблица 1 – Результаты сравнительного анализа

Критерий	Вес	Самолет		Вертолет	
		Оценка	Взвешенная оценка	Оценка	Взвешенная оценка
<i>Тактико-технические</i>	<i>0,60</i>		<i>5,30</i>		<i>2,70</i>
Дальность обнаружения ВЦ	0,30	10	3,00	4	1,20
Скорость реакции (Мобильность)	0,15	9	1,35	5	0,75
Длительность барражирования	0,15	8	1,20	5	0,75
<i>Эксплуатационные</i>	<i>0,15</i>		<i>1,20</i>		<i>0,75</i>
Масса и энергетика РЛС	0,10	9	0,90	4	0,40
Гибкость базирования	0,05	2	0,10	7	0,35
<i>Специфические факторы</i>	<i>0,25</i>		<i>2,40</i>		<i>0,50</i>
Чистота эфира (помехи от носителя)	0,15	9	1,35	2	0,30
Устойчивость к вибрациям	0,10	8	0,80	3	0,30
<i>ИТОГО (Интегральный показатель)</i>	<i>1,0</i>		<i>8,90</i>		<i>3,95</i>

Примечание - веса и оценки являются экспертными и могут варьироваться в зависимости от конкретной постановки задачи (защита авианосной группы и патрулирование границы).

Заключение

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы относительно применения носителей для РЛС обнаружения воздушных целей:

1. Самолет является безальтернативной системой для стратегической ПВО и контроля воздушного пространства. Его интегральная оценка (8,90) значительно превосходит вертолетную за счет неоспоримого преимущества в дальности, энергетике РЛС и длительности патрулирования. Только самолет способен обеспечить «чистый» обзор неба без помех от собственного винта и создать эшелонированную систему дальнего обнаружения. Самолет – оптимальный выбор для решения задач ВВС и ПВО.

2. Вертолет является специализированным тактическим средством для зоны ближнего действия. Низкая интегральная оценка (3,95) в «общем зачете» не отменяет его уникальной полезности в конкретных задачах: при корабельном базировании, где вертолет – единственное средство, которое может обеспечить обнаружение низколетящих противокорабельных ракет за радиогоризонтом корабля, действуя с палуб фрегатов и эсминцев, куда

самолет сесть не может; и действия в горах или труднодоступной местности, где нет аэродромов, вертолет ДРЛО может обеспечить локальное «радарное прикрытие» для вертолетов огневой поддержки или наземных войск.

3. Критические ограничения вертолета для воздушного обзора. Системный анализ выявляет два главных «узких места» вертолетной радиолокации при поиске воздушных целей: малая высота и, как следствие, малая дальность обнаружения низколетящих целей; высокий уровень помех от лопастей, который требует применения исключительно сложных алгоритмов селекции для отделения ложных отметок от реальных целей.

Таким образом, при выборе носителя РЛС воздушного базирования стоит учитывать, что самолет больше подходит для дальнего рубежа, а вертолет – для ближнего тактического звена, работающего в интересах кораблей или сухопутных войск.

Список литературы

1. Джексон Р. Вертолеты. Иллюстрированная энциклопедия. /Пер. с англ./ - М.: «Омега»,2007. - 192с. : ил. - 60x90 1/8. (В переплете). 5000 экз. ISBN: 978-5-465-01476-2
2. Ка-31 - вертолет радиолокационного дозора. Открытые данные ОКБ Камова, 2015.
3. Саати Т. – Принятие решений. Метод анализа иерархий. - М.: Радио и связь, 1993. - 278 с.
4. Ригмант В. Г. – «Отечественные самолёты и вертолёт ДРЛО» - Авиоколлекция. Приложение к журналу «МОДЕЛИСТ-КОНСТРУКТОР». КРАТКИЙ СПРАВОЧНИК. 3-2009 г.
5. E-2C Hawkeye. Naval Air Systems Command (NAVAIR). Technical Data Sheet, 2018.
6. E-3 AWACS Airborne Warning and Control System (AWACS). Boeing Company Technical Brief, 2020.
7. Du L., Bao Z., Xing M. Analysis and detection of helicopter radar echo // Journal of Xidian University. - 2003. - Vol. 30, No. 5. - P. 574-579.
8. Zhang H., He T., Chen D. Removal of spectral modulation from echoes for helicopter-borne SAR imaging // Data Acquisition and Processing. - 2012. - Vol. 27, No. 4. - P. 581-585.