

УДК 623.76

**ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И
ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ МАЛЫМ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ
АППАРАТАМ****Ильин Виктор Анатольевич,**ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых»
(ВлГУ)
ilin@laser33.ru**Завитков Алексей Викторович,**ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых»
(ВлГУ)
zavitkov@laser33.ru**Кузнецов Максим Сергеевич,**ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых»
(ВлГУ)
mkuznecov@laser33.ru**Аннотация**

В статье рассматриваются основные методы обнаружения и противодействия малым беспилотным летательным аппаратам (БПЛА). Описаны преимущества и недостатки существующих методов обнаружения БПЛА средствами радиолокационной, радио- и радиотехнической, оптико-электронной и акустической разведок. В ходе анализа оцениваются возможности пассивных и активных методов обнаружения малых БПЛА.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, БПЛА, акустика, обнаружение малых БПЛА, противодействие малым БПЛА.

**REVIEW OF EXISTING METHODS FOR DETECTING AND COUNTERING
UNMANNED AERIAL VEHICLES****Ilyin Viktor Anatolyevich,**Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov (VISU)
ilin@laser33.ru**Zavitkov Alexey Viktorovich,**Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov (VISU)
zavitkov@laser33.ru**Kuznetsov Maxim Sergeevich,**

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov (VISU)

mkuznecov@laser33.ru

ABSTRACT

The problems of detecting unmanned aerial vehicles (UAVs) are considered. An overview of existing methods of detecting UAVs by means of radar, radio and radio engineering, optical-electronic and acoustic reconnaissance is given. The possibilities of passive and active detection are considered. A brief overview of UAV counteraction methods is presented.

Keywords: unmanned aerial vehicle, UAV, acoustics, detection of small UAVs, UAV counteraction.

Введение

Беспилотные летательные аппараты нашли широкое применение в разных сферах, особенно в военной. Относительно низкая стоимость производства и обслуживания, а также простота эксплуатации по сравнению с пилотируемыми авиационными комплексами, позволяют БПЛА выполнять широкий спектр задач. Активное использование БПЛА в вооруженных конфликтах последних лет способствовало бурному развитию и появлению новых конструкций и конфигураций. В связи с этим актуальной проблемой на сегодняшний момент является обеспечение эффективного противодействия и обезвреживания, как подавления электронных систем, так и физического поражения.

В соответствии классификации [1–4], БПЛА подразделяются по массогабаритным характеристикам, скорости и назначению. В дальнейшем в статье принято придерживаться следующей классификации БПЛА: малые, легкие, средние, тяжелые, боевые и смешанные. Согласно исследованиям, представленным в работах [5–7], наиболее сложными в отношении противодействия являются малые БПЛА – малогабаритные и малоскоростные.

Целью работы является проведение краткого обзора существующих методов и средств обнаружения и противодействия малым БПЛА.

Материалы и методы

В качестве источников материала для данного обзора были выбраны публикации из рецензируемых научных журналов, касающиеся актуальных методов обнаружения и противодействия БПЛА. Для обеспечения высокой степени достоверности и актуальности выбранной информации, был проведен поиск научных статей в ряде электронных научных библиотек, таких как Российская научная электронная библиотека elibrary.ru, российская научная электронная библиотека КиберЛеника, государственная публичная научно-техническая библиотека России, а также поисковая система научных публикаций Академия Google. Настоящий обзор проводился по следующим ключевым словам: беспилотный летательный аппарат, противодействие, основные способы борьбы, радио электронная борьба, функциональное поражение, радиосвязь, навигация, эффективность, автоматизированный комплекс, лазерное излучение.

Методы обнаружения малых БПЛА

Сегодня существует несколько методов обнаружения БПЛА в воздушном пространстве, как активные, так и пассивные, а также встречаются их комбинации. К активным, например, относится обнаружение БПЛА с помощью средств радиолокационной разведки (РЛР) – различные радиолокационные станции (РЛС) и

средства радио- и радиотехнической разведки (РРТР) – станции контроля радиоизлучений, пеленгаторные посты [5, 8–13].

При этом основными средствами целеуказания для комплексов противовоздушной обороны (ПВО) являются средства РЛР-РЛС, а для комплексов радиоэлектронного подавления (РЭП) – средства РРТР. Общие недостатки применения активных радиосредств обнаружения заключаются в характеристиках определяемого объекта: малые размеры, малая отражаемость, малая скорость полета, низкая высота полета [14]. Также существует ограниченная способность идентификации объекта обнаружения. При создании зоны покрытия возникают проблемы электромагнитной помехоустойчивости, высокого энергопотребления и большой стоимости [5, 15–17].

В настоящее время ведутся исследования и разработки в области модернизации систем такого рода, например, в работе [18] представлен подход к построению двухпозиционного радиолокатора для обнаружения и измерения параметров низколетящих и малозаметных целей, в частности – малых и средних БПЛА. В других исследованиях [19–20] авторами произведен выбор и расчет основных параметров зондирующего импульсного сигнала с линейно-частотной модуляцией для решения задачи обнаружения с помощью активных РЛС малых БПЛА на фоне пассивных помех.

К пассивным способам обнаружения БПЛА относятся средства теле- и видеонаблюдения в видимом и инфракрасном диапазонах, а именно оптико-электронной разведки (ОЭР) и средства акустической разведки (АР) – микрофоны и звукоулавливатели [21–23].

Оптические пассивные методы наблюдения обладают высокой разрешающей способностью, что позволяет видеть и идентифицировать БПЛА. Недостатками являются требования к хорошей видимости в атмосфере и равномерность ландшафта. Также существенно влияет время года, время суток и наличие атмосферных осадков.

Акустические пассивные методы обнаружения работают по приходящим звуковым сигналам от БПЛА. Дальность считывания у данного метода составляет от десятков метров до километра. Преимуществом средств акустической разведки является способность обнаружения малых и низколетящих (зависающих) БПЛА независимо от условий видимости. Недостатком служит зависимость дальности обнаружения БПЛА от атмосферных условий и наличие посторонних шумов [5].

Несмотря на существующие недостатки, активно ведутся исследования и разработки по внедрению машинного зрения и обучению искусственного интеллекта для обнаружения и идентификации БПЛА, а также принятия решения о последующем противодействии. Из последних исследований необходимо отметить работу [24], результаты которой показали, что при обнаружении БПЛА акустическим методом можно использовать модели глубокого обучения, которые позволяют увеличить точность до 93,5% и снизить время обнаружения до 3,5 секунд в пределах 30 м. Однако у изложенного подхода есть недостатки, такие как чувствительность к шуму и окружающей среде. В работе [25] также представлен подход к увеличению точности обнаружения до 95,8% на расстоянии 80 м.

Методы противодействия малым БПЛА

Наиболее эффективным методом противодействия БПЛА являлось огневое поражение. Однако развитие малых БПЛА привело к увеличению сложности обнаружения и противодействия. На текущий момент на вооружении большинства стран находятся комплексы противовоздушной обороны ближней и малой дальности [26–28]. Практический опыт по противодействию малым БПЛА комплексами ПВО свидетельствует о низкой эффективности. Основными факторами, влияющими на невысокую продуктивность или слабую результативность борьбы с малыми БПЛА, являются [29–31]:

небольшие габариты (размах крыла от 0,95 м до 1,6 м, длина крыла – не более 1 м) и, как следствие, малая уязвимость конструкций несущих поверхностей от огневого воздействия средств ПВО;

малые величины эффективной площади рассеяния (0,01–0,1 м²) и тепловой контрастности;

малые скорости полета (10–30 м/с);

возможность полета на предельно малых высотах (до 100 м).

В последнее время участилось применение радиоэлектронного подавления каналов навигации и управления БПЛА. Эффективность РЭП неоднократно подтверждалась в ходе экспериментальных исследований и в ходе военных конфликтов [32–35]. Однако недостатки данного метода противодействия, которые были описаны выше, повлекли за собой необходимость в разработке и применении альтернативных и современных методов.

Одним из таких методов стал подход к противодействию БПЛА с использованием лазерного излучения ввиду высокой локальности воздействия и возможности точно дозировать передаваемую в пространстве энергию, что значительно снижает вероятность нанесения сопутствующего урона окружающим объектам. В публикации [36] рассмотрены принцип действия и эффективность применения лазерного излучения как метода противодействия БПЛА и определено, что наиболее целесообразным является применение твердотельных лазеров. В работе [37] рассмотрена эффективность противодействия лазерного излучения малым БПЛА, отмечается, что противодействие малым БПЛА с помощью лазерного излучения эффективно на расстоянии до 500 м.

Использование лазерного излучения представляет собой актуальную и важную на сегодняшний день задачу в сфере обеспечения безопасности стратегически важных объектов и территорий. Лазер, как инструмент противодействия малым БПЛА, приводит к локальному нагреву поверхности корпуса и, в итоге, к повреждению и дальнейшему разрушению конструктивных элементов летательных аппаратов.

Исследования и испытания показывают, что лазерные системы могут эффективно противодействовать малым БПЛА, обеспечивая высокую долю вероятности их нейтрализации [38–41].

Заключение

В результате проведенного обзора методов обнаружения и противодействия малым беспилотным летательным аппаратам, можно сделать выводы:

Одной из важнейших задач является создание эффективного метода обнаружения малых БПЛА.

Традиционные методы противодействия, эффективно работающие против средних и больших БПЛА, мало эффективны против малых БПЛА.

Бурное развитие малых БПЛА и их низкая стоимость требуют создание новых методов, основанных на комбинированных активных и пассивных системах обнаружения.

Требуется создание эффективного метода противодействия малым БПЛА на новых принципах.

В условиях плотной городской застройки, общественных мероприятий, огне- и взрывоопасных промышленных объектов нецелесообразно применение стрелково-пушечных методов подавления.

Использование РЭБ не всегда эффективно ввиду широкой вариативности частот приемо-передающего оборудования.

Перспективным методом является использование лазерных комплексов, работающих в совокупности с новыми методами обнаружения.

Работа выполнена в рамках государственного задания в сфере научной деятельности Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема FZUN-2024-0020, госзадание ВлГУ).

The research was carried out within the state assignment in the field of scientific activity of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme FZUN-2024-0020, state assignment of the VISU).

Список литературы:

1. Макаренко С.И. Противодействие беспилотным летательным аппаратам: монография. – СПб.: Научное издание, 2020. – 204 с.
2. Байгутлина И.А. и др. Актуальные вопросы создания и применения беспилотных летательных аппаратов // М.: Сам Полиграфист. – 2022. – С. 612.
3. Кузнецов Д.Ю., Горбоконенко В.Д. Классификация беспилотных летательных аппаратов по летным характеристикам // Вузовская наука в современных условиях. – 2023. – С. 87–89.
4. Прошутинский В.В., Ковалев С.В. Беспилотные летательные аппараты и способы противодействия им // Роль и место робототехнических комплексов в силовых структурах Российской Федерации, пути их развития и проблемные вопросы. – 2021. – С. 33–40.
5. Красненко Н.П. и др. Обнаружение беспилотных летательных аппаратов: существующие решения и возможности // Всероссийские открытые Армандовские чтения: Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн. – 2024. – № 1. – С. 429–440.
6. 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.
7. Быков Н.В., Товарнов М.С., Федулов В.А. Имитационное моделирование и оценка эффективности систем обнаружения и противодействия беспилотным транспортным средствам, несущим угрозу нормальному функционированию «умного города» // Вестник РФФИ. – 2024. – № 1 (121). – С. 54–65.
8. Фонобрович, М.В. Методы обнаружения беспилотных летательных аппаратов на территории аэропортов: материалы 79-й студенческой научно-технической конференции БНТУ. / под. ред. А.М. Авсиевич [и др.]. – Минск: БНТУ, 2023. – С. 68–70.
9. Будкин Н.Д. Средства обнаружения беспилотных летательных аппаратов и перспективы их развития // Вестник науки. – 2024. – Т. 3. – № 12 (81). – С. 1564–1569.
10. Гарькушев А.Ю., Прутков Г.М., Курилов А.В. Совершенствование периметровой защиты объектов транспортной инфраструктуры от угроз со стороны беспилотных летательных аппаратов // Актуальные проблемы защиты и безопасности. – 2021. – С. 65–70.

11. Грехов А.С., Поликанин А.Н., Титов Д.Н. Исследование средств противодействия оптическим каналам утечки информации с использованием беспилотных летательных аппаратов // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2022. – Т. 6. – С. 39–46.
12. Когтин А.В., Шайдуров Г.Я. Перспективы развития малых беспилотных летательных аппаратов и проблема их обнаружения // Военная мысль. – 2023. – № 1. – С. 61–65.
13. Сенцов А.А. и др. Метод перехвата малоразмерных и малозаметных беспилотных летательных аппаратов // Труды МАИ. – 2023. – № 129. – С. 21.
14. Чернухин В.О., Паслён В.В. Обзор современных отечественных средств РЭП БПЛА // Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых. – 2023. – С. 155–159.
15. Алексеев В.А., Бакшеева Ю.В. Проблемы радиолокационного обнаружения малоразмерных БПЛА // Радиотехнические, оптические и биотехнические системы. Устройства и методы обработки информации. – 2023. – С. 35–41.
16. Мишанин В.В. Боевое применение беспилотных летательных аппаратов с комплексами радиоэлектронной борьбы // Военная мысль. – 2022. – № 1. – С. 94–102.
17. Навойчик В.В. Подготовка боевого применения радиотехнического подразделения. Расчетно-графическая работа: учебное пособие / В.В. Навойчик. – Минск: БГУИР, 2024. – 208 с.
18. Проскурин Д.К. Антенные системы двухпозиционного радиолокатора для обнаружения беспилотных летательных аппаратов // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2024. – № 30. – С. 96–107.
19. Везарко Д.А. Обоснование параметров зондирующего импульсного сигнала с ЛЧМ для задачи обнаружения малоразмерных целей на фоне пассивных помех // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 6–1 (93). – С. 179–182.
20. Везарко, Д.А. Исследование радиолокационных зондирующих сигналов для задачи обнаружения малоразмерных и низкоскоростных целей / Д.А. Везарко // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 4–1(91). – С. 170–175.
21. Пестов С.М., Воробьев И.В., Плитинь П.А. Применение беспилотных летательных аппаратов для решения задач технического обеспечения при проведении технической разведки // Актуальные исследования. – 2024. – № 5 (187). – С. 24–26.
22. Ерёмин Г.В., Чёрный С.Н. Система борьбы с беспилотными летательными аппаратами-новый технический уровень и комплексный подход // Военная мысль. – 2022. – № 7. – С. 32–40.
23. Назарова М.С. Научно-технические основы обнаружения беспилотных летательных аппаратов: сборник статей II Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 17 ноября 2022 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2022. – С. 22–42.
24. Dong Q., Liu Y., Liu X. Drone sound detection system based on feature result-level fusion using deep learning // Multimedia Tools and Applications. – 2023. – V. 82. – № 1. – P. 149–171.

25. Zhang J. et al. mmHawkeye: Passive UAV detection with a COTS mmWave radar // 20th Annual IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking (SECON). – IEEE, 2023. – P. 267-275.
26. Бубнова Н.И. Военная помощь США и других западных стран Украине после начала российской специальной военной операции // Россия и современный мир. – 2023. – № 2 (119). – С. 79–105.
27. Гурулев С.П. Оборонный сектор экономики Беларуси. Грани сотрудничества // Обороннопромышленный комплекс России: Федеральный справочник. – 2023. – Т. 1. – С. 507–518 с. [Электронный ресурс]. URL: федеральный-справочник.рф/projects/opk/structura-6.html (дата обращения 08.01.2025).
28. Посев Д.С. Обзор методов подавления спутниковых радиосистем беспилотных летательных аппаратов // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций Учредители: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования" Севастопольский государственный университет". – № 4. – С. 31.
29. Пантенков Д.Г., Литвиненко В.П., Глушков А.Н. Основные проблемные вопросы и современные подходы к противодействию малоразмерным разведывательно-ударным беспилотным летательным аппаратам // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2023. – Т. 19. – № 4. – С. 77–88.
30. Скороспехов Ю.В., Смирнов А.Д., Шаталов Ю.В., Гришкин Г.С. Анализ использования лазерных технологий при решении задач борьбы с беспилотными летательными аппаратами // Вестник Ярославского высшего военного училища противовоздушной обороны. – 2022. – № 3(18). – С. 74–82.
31. Мохаммад М., Похващев В.Н., Рязанцев Л.Б. К вопросу повышения эффективности противодействия малоразмерным беспилотным летательным аппаратам // Военная мысль. – 2022. – № 6. – С. 45–52.
32. Dobija K. Countering Unmanned Aerial Systems (UAS) in Military Operations // Safety & Defense. – 2023. – V. 9. – № 1. – P. 74-82.
33. Соколов Н.А., Рябухин Д.А. К проблеме противодействия беспилотным летательным аппаратам в условиях ограниченных ресурсов. Опыт Карабаха // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2022. – № 1 (225). – С. 17–29.
34. Новик А.В., Кудряшов А.С. Беспилотные летательные аппараты, перспективы развития, классификация и способы борьбы с ними // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. – 2023. – С. 420–425.
35. Алефиренко В.М., Денскевич А.Д., Асиненко А.М. Сравнительный анализ параметров переносных комплексов радиоэлектронного подавления беспилотных летательных аппаратов. – 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/50916> (дата обращения 08.01.2025).
36. Войтов И.К., Войтов А.С. Лазерный оптико-электронный метод воздействия на беспилотные летательные аппараты // Калашниковские чтения. – 2020. – С. 21–24.
37. Wu J. et al. Study on the Performance of Laser Device for Attacking Miniature UAVs // Optics. – 2024. – V. 5. – № 4. – P. 378-391.

38. Лопин Г.А., Смирнов Г.И., Ткачёв И.Н. Развитие средств борьбы с беспилотными летательными аппаратами // Военная мысль. – 2023. – № 1. – С. 42–50.
39. Газетдинов М.Н., Хахалев А.И., Духнов С.В. Средства и способы противодействия беспилотным летательным аппаратам // НАУКА ЮУрГУ. – 2021. – С. 624.
40. Галкин Д.В., Степанов А.В. Борьба с беспилотными летательными аппаратами: методы и средства иностранных армий // Военная мысль. – 2021. – № 6. – С. 142–151.
41. Шайдаев М.Ш. Лазерные системы для борьбы с беспилотными летательными аппаратами: преимущества и недостатки // Академическая мысль. – 2023. – № 4 (25). – С. 157–162.

References:

1. Makarenko S.I. Counteraction to unmanned aerial vehicles: monograph. - St. Petersburg: Science-intensive technologies, 2020. – 204 p.
2. Baigutlina I.A. et al. Current issues of creation and application of unmanned aerial vehicles // М.: Sam Polygraphist. – 2022. – P. 612.
3. Kuznetsov D.Yu., Gorbokonenko V.D. Classification of unmanned aerial vehicles by flight characteristics // University science in modern conditions. – 2023. – P. 87-89.
4. Proshutinsky V.V., Kovalev S.V. Unmanned aerial vehicles and methods of counteraction to them // The role and place of robotic complexes in the security forces of the Russian Federation, ways of their development and problematic issues. – 2021. – P. 33-40.
5. Krasnenko N.P. et al. Detection of unmanned aerial vehicles: existing solutions and possibilities // All-Russian open Armandovsky readings: Modern problems of remote sensing, radar, propagation and diffraction of waves. – 2024. – № 1. – P. 429-440.
6. Makarenko S.I., Starostin A.V. Air defense of the country from strikes of unmanned aerial vehicles and cruise missiles: new threats, problematic issues, technical and economic analysis of architectural options // Control, communication and security systems. – 2024. – № 2. – P. 86-148.
7. Bykov N.V., Tovarnov M.S., Fedolov V.A. Simulation modeling and evaluation of the effectiveness of systems for detecting and countering unmanned vehicles that pose a threat to the normal functioning of a “smart city” // Bulletin of the Russian Foundation for Basic Research. – 2024. – № 1 (121). – P. 54-65.
8. Fonobrovich, M.V. Methods of detecting unmanned aerial vehicles on the territory of airports: Proceedings of the 79th student scientific and technical conference of BNTU. / ed. A.M. Avsievich [et al.]. – Minsk: BNTU, 2023. – P. 68-70.
9. Budkin N.D. Means of detecting unmanned aerial vehicles and prospects for their development // Bulletin of science. – 2024. – V. 3. – № 12 (81). – P. 1564-1569.
10. Gar'kushev A.Yu., Prutkov G.M., Kurilov A.V. Improving the perimeter protection of transport infrastructure facilities from threats posed by unmanned aerial vehicles // Actual problems of protection and security. – 2021. – P. 65-70.
11. Grekhov A.S., Polikanin A.N., Titov D.N. Study of means of counteracting optical channels of information leakage using unmanned aerial vehicles // Inter Expo Geo-Siberia. – 2022. – V. 6. – P. 39-46.

12. Kogtin A.V., Shaidurov G.Ya. Prospects for the development of small unmanned aerial vehicles and the problem of their detection // *Military Thought*. – 2023. – № 1. – P. 61-65.
13. Sentsov A.A. and others. Method of intercepting small-sized and low-visibility unmanned aerial vehicles // *Proceedings of MAI*. – 2023. – № 129. – P. 21.
14. Chernukhin V.O., Paslen V.V. Review of modern domestic means of UAV electronic countermeasures // *Automation of technological objects and processes. Search for young*. – 2023. – P. 155-159.
15. Alekseev V.A., Baksheeva Yu.V. Problems of radar detection of small-sized UAVs // *Radio engineering, optical and biotechnical systems. Devices and methods of information processing*. – 2023. – P. 35-41.
16. Mishanin V.V. Combat use of unmanned aerial vehicles with electronic warfare systems // *Military Thought*. – 2022. – № 1. – P. 94-102.
17. Navoychik V.V. Preparation for combat use of a radio engineering unit. Calculation and graphic work: tutorial / V.V. Navoychik. – Minsk: BSUIR, 2024. – 208 p.
18. Proskurin D.K. Antenna systems of a two-position radar for detecting unmanned aerial vehicles // *Aerospace Forces. Theory and Practice*. – 2024. – № 30. – P. 96-107.
19. Vezarko D.A. Justification of the parameters of a probing pulse signal with chirp for the problem of detecting small targets against the background of passive interference // *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. – 2024. – № 6-1 (93). – P. 179-182.
20. Vezarko, D.A. Study of radar probing signals for the problem of detecting small-sized and low-speed targets / D.A. Vezarko // *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. – 2024. – № 4-1 (91). – P. 170-175.
21. Pestov S. M., Vorobyov I. V., Plitin P. A. Use of Unmanned Aerial Vehicles for Solving Technical Support Problems During Technical Reconnaissance // *Current Research*. – 2024. – № 5 (187). – P. 24-26.
22. Eremin G.V., Cherny S.N. Counter-Unmanned Aerial Vehicle System: New Technical Level and Integrated Approach // *Military Thought*. – 2022. – № 7. – P. 32-40.
23. Nazarova M.S. Scientific and Technical Foundations of Unmanned Aerial Vehicle Detection: Collection of Articles from the II International Scientific and Practical Conference, Petrozavodsk, November 17, 2022. – Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership "New Science" (IP Ivanovskaya I.I.), 2022. – P. 22-42.
24. Dong Q., Liu Y., Liu X. Drone sound detection system based on feature result-level fusion using deep learning // *Multimedia Tools and Applications*. – 2023. – V. 82. – № 1. – P. 149-171.
25. Zhang J. et al. mmHawkeye: Passive UAV detection with a COTS mmWave radar // *20th Annual IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking (SECON)*. – IEEE, 2023. – P. 267-275.
26. Bubnova N.I. Military assistance from the USA and other Western countries to Ukraine after the start of the Russian special military operation // *Russia and the modern world*. – 2023. – № 2 (119). – P. 79-105.
27. Gurulev S.P. Defense sector of the economy of Belarus. Facets of cooperation // *Defense-industrial complex of Russia: Federal reference book*. – 2023. – V. 1. – 507-518 p. [Electronic

- resource]. URL: federal-reference.rf/projects/opk/structura-6.html (date of access 08.01.2025).
28. Posev D.S. Review of methods for suppressing satellite radio systems of unmanned aerial vehicles // Modern problems of radio electronics and telecommunications Founders: Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Sevastopol State University". – № 4. – P. 31.
29. Pantenkov D.G., Litvinenko V.P., Glushkov A.N. Main problematic issues and modern approaches to countering small-sized reconnaissance and strike unmanned aerial vehicles // Bulletin of the Voronezh State Technical University. – 2023. – V. 19. – № 4. – P. 77-88.
30. Skorospekhov Yu.V., Smirnov A.D., Shatalov Yu.V., Grishkin G.S. Analysis of the use of laser technologies in solving problems of combating unmanned aerial vehicles // Bulletin of the Yaroslavl Higher Military School of Air Defense. – 2022. – № 3 (18). – P. 74-82.
31. Mohammad M., Pokhvashev V.N., Ryazantsev L.B. On the issue of increasing the effectiveness of counteraction to small-sized unmanned aerial vehicles // Military Thought. – 2022. – № 6. – P. 45-52.
32. Dobija K. Countering Unmanned Aerial Systems (UAS) in Military Operations // Safety & Defense. – 2023. – V. 9. – № 1. – P. 74-82.
33. Sokolov N.A., Ryabukhin D.A. On the problem of counteracting unmanned aerial vehicles in conditions of limited resources. Karabakh experience // Bulletin of the Southern Federal University. Technical sciences. – 2022. – № 1 (225). – P. 17-29.
34. Novik A.V., Kudryashov A.S. Unmanned aerial vehicles, development prospects, classification and methods of combating them // Scientific readings named after Professor N.E. Zhukovsky. – 2023. – P. 420-425.
35. Alefirenko V.M., Denskevich A.D., Asinenko A.M. Comparative analysis of the parameters of portable electronic suppression systems for unmanned aerial vehicles. – 2023. [Electronic resource]. URL: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/50916> (date of access 08.01.2025).
36. Voitov I.K., Voitov A.S. Laser optoelectronic method of influencing unmanned aerial vehicles // Kalashnikov readings. – 2020. – P. 21-24.
37. Wu J. et al. Study on the Performance of Laser Device for Attacking Miniature UAVs // Optics. – 2024. – V. 5. – № 4. – P. 378-391.
38. Lopin G.A., Smirnov G.I., Tkachev I.N. Development of means of combating unmanned aerial vehicles // Military Thought. – 2023. – No. 1. – P. 42-50.
39. Tazetdinov M.N., Khakhalev A.I., Dukhnov S.V. Means and methods of countering unmanned aerial vehicles // SCIENCE OF SUSU. – 2021. – P. 624.
40. Galkin D.V., Stepanov A.V. Fight against unmanned aerial vehicles: methods and means of foreign armies // Military Thought. – 2021. – № 6. – P. 142-151.
41. Shaidaev M.Sh. Laser systems for combating unmanned aerial vehicles: advantages and disadvantages // Academic Thought. – 2023. – № 4 (25). – P. 157-162.