

С. И. Уланов, О. А. Криводубский, А. А. Никитина
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Институт проблем искусственного интеллекта», г. Донецк,
283048, г. Донецк, ул. Артема, 118 б

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ РАЗРАБОТОК БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ¹

S. I. Ulanov, O. A. Krivodubsky, A. A. Nikitina
Federal State Budgetary Scientific Institution «Institute of Artificial Intelligence Problems»
283048, Donetsk, Artema str, 118-b

ANALYSIS OF MODERN DEVELOPMENTS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

С. І. Уланов, О.О. Криводубський, А. А. Нікітіна,
Федеральна державна бюджетна наукова установа «Інститут проблем штучного інтелекту»
283048, м. Донецьк, вул. Артема, 118 б

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ РОЗРОБОК БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

В статье исследованы основные технические и конструктивные характеристики отечественных и зарубежных беспилотных летательных аппаратов с целью выбора аппаратов с наиболее подходящими техническими и конструктивными особенностями для комплексного контроля подвижных объектов в течении продолжительного временного отрезка.

Ключевые слова: БПЛА (беспилотный летательный аппарат), летно-тактические характеристики (ТТХ) летательного аппарата.

У статті досліджено основні технічні та конструктивні характеристики вітчизняних та зарубіжних безпілотних літальних апаратів з метою вибору апаратів з найбільш підходящими технічними та конструктивними особливостями для комплексного контролю рухомих об'єктів протягом тривалого часового відрізка.

Ключові слова: БПЛА (безпілотний літальний апарат), льотно-тактичні характеристики (ТТХ) літального апарату

The article examines the main technical and design characteristics of domestic and foreign unmanned aerial vehicles in order to select devices with the most suitable technical and design features for complex control of mobile objects over a long time period.

Key words: UAV (unmanned aerial vehicle), flight and tactical characteristics (TTX) of an aircraft.

¹ Работа в рамках НИР «Теоретические основы обнаружения и оценки объектов на местности интеллектуальными робототехническими системами в условиях быстроменяющейся обстановки» (Госзаказ FREN-2023-0004)

Введение

В рамках выполнения работ по теме «Формирование фундаментальных основ интеллектуальной системы обнаружения и оценки объектов на местности в условиях быстро меняющейся обстановки».

Интеллектуальные системы обнаружения и оценки объектов беспилотными авиационными системами, на сегодняшний день имеет очень большие перспективы во многих отраслях: топография, аэрофотосъемка, видеосъемка, метеорологического мониторинга, перевозки грузов, инженерно-геодезических изысканий, гражданской авиации, военной техники, научные и исследовательские работы, геолокация, канал передачи данных.

В статье рассматриваются конструктивные особенности и технические возможности летательных аппаратов (ЛА), включающие в состав различные виды аппаратов: технические и конструктивные решения (самолеты, вертолеты, большие, средние и малые).

Цель работы. Выбор наиболее перспективных БПЛА для использования в комплексе контроля за подвижными объектами в течении длительного промежутка времени.

Виды летательных аппаратов, их технические и конструктивные решения. Существует несколько основных типов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [1] и каждый со своим конструктивными особенностями и техническими возможностями:

- аэростатические (привязные);
- реактивные;
- самолетного типа (с фиксированным крылом);
- вертолетного типа (однороторные);
- мультикоптерные (мультироторные);
- гибридные (конвертопланы).

Аэростатические (привязные). Дирижабли [2], [3] и ЛА, привязанные тросом или кабелем к земной поверхности. Это позволило часть нагрузки взлетной массы перенести на землю. Аэростатические (привязные) [4] БПЛА имеют оболочку, заполненную газом или нагретым воздухом, для создания подъёмной силы (силы Архимеда). Такие ЛА используют для долгосрочного наблюдения, связи, метеорологии и других задач. В военной сфере применяются, для установки на них ретрансляторов либо аппаратуры наблюдения и разведки.

Преимущества: продолжительность полета на протяжении нескольких дней или недель и большая грузоподъемность.

Недостатки: ограниченная маневренность и скорость, большая зависимость от по-год-ных условий, большие размеры и масса. (Табл. 1).

Таблица 1 – Обобщенные характеристики аэростатических БПЛА

Класс аэростата (FAI)	АХ – 7	АХ – 8 (+)	АХ – 9	Au – 27 «Анюта»
Объем оболочки, м ³	2180	2550	3950	522
Масса полезного груза, при +15 °С, не более, кг	270	410	500	200
Масса пустого аэростата (без полезной нагрузки), кг	250	270	310	
Максимальная высота подъема, м	≤ 4000	≤ 4000	≤ 4000	≤ 800
Источник тепла, газ	4×42,5 л	4×42,5 л	4×42,5 л	40л бензин
Время полета, часов	2	2	2	
Цена, т. руб.	590	648	740	

Использовать кабель, который одновременно выполняет функции удерживающего кабеля, кабеля питания и линии связи [5], [6]. Концепция «Tethered UAV» («Привязной ЛА») решена на концерне «Калашников» это система подъема аппаратуры «Ква-зимачта» [7].

Привязные ЛА можно разделить:

- привязанный (на базе мультикоптера);
- вертолетного типа;
- аэростатического типа;
- самолетного типа.

По месту базирования:

- аппараты стационарного базирования;
- аппараты, базирующиеся на наземной мобильной платформе (например, на автомобиле);
- аппараты морского базирования (на корабле).

По применению удерживающих и направляющих элементов:

- системы с одним коммуникационным кабелем;
- системы с дополнительными удерживающими тросами (на растяжках);
- системы с дополнительными ведущими балками;
- системы с дополнительными горизонтальной направляющей и мобильной кареткой.

В МЧС России представлен свой обзор существующих беспилотных летательных устройств, использующих солнечные батареи, как основной источник энергии [8]. Состояние развития беспилотной авиации в системе вооружения Российской Армии и спасательных служб [5] дает возможность для оценки и получения основных сведений по их применению. Рассматривается необходимость построения перспективных БПЛА [10].

Реактивные БПЛА (управляемые ракеты). Реактивные БПЛА (управляемые ракеты) передвигаются в пространстве за счёт действия реактивной тяги двигателей, летающие автономно или под внешним управлением. Используются, в основном, как средства поражения наземных и воздушных целей [11], [12].

Преимущества: большая скорость, дальность и высота полета, независимость от погодных условий.

Недостатки: большие габариты и вес, высокая стоимость и сложность обслуживания, сложность внешнего управления. (Табл. 2).

Таблица 2 – Основные типы ударных барражируемых ЛА [13], [14]

Параметр	Барражируемые ЛА					
	НАРОП	Warmate	CH – 901	HERO – 900	HERO – 400	HERO – 30
Стартовая масса, кг	135,0	4,0	9,0	97,0	40,0	3,0
Масса боевой части, кг	23,0	0,9	2,7	20,0	8,0	0,5
Максимальная скорость полёта, км/ч	185,0	150,0	150,0	160,0	160,0	160,0
Максимальная высота полёта, м	3 000	300,0	1 500	4 100	4 100	3 100
Макс-я продолжительность полёта, ч	6	0,5	2	7	4	0,6
Глубина применения	ОТ	Т	Т	ОТ	ОТ	Т
Тип двигателя	РПД	ЭД	ЭД	ПД	ПД	ЭД

БПЛА самолетного типа (с фиксированным крылом). БПЛА с фиксированным крылом способны летать благодаря подъемной силе, создаваемой аэродинамической формой крыла при движении вперед с определённой скоростью, развитие которой достигается различными способами, как использованием восходящих потоков воздуха, так и с помощью воздушной тяги, создаваемой пропеллером силовой установки. Применяются для разведки, наблюдения, нанесения ударов по наземным и воздушным целям.

Преимущества: большая высота и продолжительность полета, простота в обслуживании и ремонте, дешевизна.

Недостатки: часто требования к стартовой площадке, сложность управления при посадке на взлетно-посадочную полосу (ВВП), зависимость от погодных условий.

Самолеты – беспилотные летательные аппараты, в конструкции которых одно или несколько крыльев закреплены на корпусе [9], [15]. Благодаря высоким аэродинамическим свойствам ЛА обладают высокой скоростью и дальностью полета, но уступают дронам в мобильности и маневренности, сложны в управлении, значительно увеличивая риск аварии [5], [9]. Существуют планеры без двигателя или с двигателем малой мощности, что не может обеспечить самостоятельный взлет и постоянное пребывание аппарата в воздухе, но позволяет корректировать траекторию и курс движения (Табл. 3).

Таблица 3 – Чемпионатные планеры класс ФАИ [16]

Класс по ФАИ	Значение
клубный	1...8
стандартный	Крыло до 15м без механизации
15 метров	Крыло до 15м с закрылками
18 метров	Крыло до 18м
открытый	
20 метров двухместный	Крыло до 20м
мировой	
13 метров	Начальное обучение
класс сверхлёгких планеров	взлётный вес не превышает 220 кг, полезная нагрузка планера 120 — 130 кг
подкласс микролифтовых планеров	с максимально нагрузкой на крыло не более 18 кг/м ²

БПЛА вертолетного типа (однороторные). Однороторные БПЛА, подъемная сила и тяга для поступательного движения создается с помощью двух несущих винтов или пары несущего и рулевого [17]. Из – за дороговизны и сложности в управлении используются только в качестве малогабаритных средств ближней разведки.

Преимущества: вертикальный взлет и посадка, высокая маневренность и малые габариты, возможность зависнуть на месте.

Недостатки: дороговизна, сложность обслуживания и ремонта, малая продолжительность полета, зависимость от погодных условий. (Табл. 4).

Таблица 4 – Обобщенные характеристики БПЛА вертолетного типа [18]

Характеристика	Значение
Взлетная масса, кг	1...4
Масса полезной нагрузки	0,5...2
Время полета, мин	10...30
Скорость полета, км/ч	0...150
Дальность полета, км	0,5...5
Высота полета, м	50...6000

БПЛА мультикоптерные (мультироторные). БПЛА, имеющие независимые два и более несущих винта. Реактивные моменты уравниваются за счет вращения винтов попарно в разные стороны. Используются для разведки, корректировки, ретрансляции и нанесения ударов по наземным целям [19].

Преимущества: вертикальный взлет и посадка, зависание, высокая маневренность и малые габариты, простота в обслуживании и ремонте.

Недостатки: малая продолжительность полета, зависимость от погодных условий, сложность управления, высокий уровень шума.

Мультикоптеры – корпус произвольной формы с разным количеством пропеллеров от 2 до 8 винтов, управление простое, способность зависать в воздухе делают их очень маневренными, но низкоскоростными (Табл. 5).

Таблица 5 – Тактико-технические характеристики мультикоптерных БПЛА

Тактико-технические характеристики	Гексакоптер ZALA 421 – 21(РФ)
Взлетная масса, кг	до 1,5
Масса полезной нагрузки, кг	до 0,3
Габариты, м	0,6×0,6 × 0,3
Диаметр ротора, м	0,22
Количество роторов/двигателей	6/6
Тип двигателя	Электрический
Скорость, км/ч	0 – 40
Продолжительность полета, мин	40
Потолок, м	500
Взлет/посадка	Вертикально
Макс. ветер	10 м/с
Диапазон температур платформы, С	– 25...+ 40
Радиус действия радиоканала, км	3
телеметрия/видео	0,9/2,5 – 5,5 ГГц
Навигация	GPS/Глонасс, Автопилот
Стабилизация подвеса	1 ось
Аппаратура	Видео/Фото/ИК: HD Pal/12мп/640×480
Тренажер	+
Состав комплекса	2 – 4 дрона, мобильная НСУ с антенной, ТУК, ЗИП, фото, HD видео, ИК
Цена, млн. руб.	~1,5 (2 дрона)
Тактико-технические характеристики	Квадрокоптер md4 – 1000 (Германия)
Взлетная масса, кг	до 5,5
Масса полезной нагрузки, кг	до 1,2
Габариты, м	1,7 ×1,7× 0,5
Диаметр ротора, м	0,7
Количество роторов/двигателей	4/4
Тип двигателя	Электрический
Скорость, км/ч	0 – 50
Продолжительность полета, мин	60 (0,5 кг)
Потолок, м	500
Взлет/посадка	Вертикально
Макс. ветер	10 м/с
с Диапазон температур платформы, С	– 25...+ 50
Радиус действия радиоканала, км	2
телеметрия/видео	0,035/2,4 ГГц

Продолж. табл. 5.

Навигация	GPS Автопилот
Стабилизация подвеса	1 ось
Аппаратура	Аппаратура Видео/Фото/ИК/Газоанализатор /Подсветка
Тренажер	+
Состав комплекса	1 дрон, мобильная НСУ с антенной, ТУК, пульт ДУ, видео очки, ЗИП, фото, видео, тепловизор
Цена, млн. руб.	~3,6 (пошлина, НДС)
Тактико – технические характеристики	Гексакоптер «Колибри» (РФ)
Взлетная масса, кг	до 3,5
Масса полезной нагрузки, кг	до 2
Габариты, м	1,1× 1,1× 0,6
Диаметр ротора, м	0,3
Количество роторов/двигателей	6/6
Тип двигателя	Электрический
Скорость, км/ч	0 – 50
Продолжительность полета, мин	30 (2 кг), 60 (1 кг)
Потолок, м	500
Взлет/посадка	Вертикально
Макс. ветер	10 м/с
Диапазон температур платформы, С	– 25...+ 50
Радиус действия радиоканала, км	10
телеметрия/видео	2,4(0,8)/5,5 ГГц
Навигация	GPS/Глонасс, Автопилот
Стабилизация подвеса	2 оси
Аппаратура	Видео/Фото/ИК/Ретрансляция/ Радиация/Газоанализатор/Подсветка/ Дальномер/Сброс грузов
Тренажер	+
Состав комплекса	комплекса 2 – 3 дрона, мобильная НСУ с антенной, ТУК, ЗИП, ИК, видео (2 канала)
Цена, млн. руб.	~2,7 (2 дрона)
Тактико – технические характеристики	Гексакоптер ArduCopter Неха (США)
Взлетная масса, кг	3,1
Масса полезной нагрузки, кг	1
Габариты, м	1,1×1,1×0,3
Диаметр ротора, м	0,5
Количество роторов/двигателей	6/6
Тип двигателя	Электрический
Скорость, км/ч	0 – 50
Продолжительность полета, мин	30 (0,5 кг)
Потолок, м	500
Взлет/посадка	Вертикально
Макс. ветер	10 м/с
с Диапазон температур платформы, С	– 10...+ 50
Радиус действия радиоканала, км	1
телеметрия/видео	0,433(0,915)/2,4 – 5,5ГГц
Навигация	GPS Автопилот
Стабилизация подвеса	1 ось

Продолж. табл. 5.

Аппаратура	Видео/Фото/ИК Тренажер Есть Состав комплекса 1 дрон, мобильная НСУ с антенной, фото, видео
Тренажер	+
Состав комплекса	1 дрон, мобильная НСУ с антенной, фото, видео
Цена, млн. руб.	~0,1
Тактико – технические характеристики	Трикоптер AR 150 (Австралия)
Взлетная масса, кг	5
Масса полезной нагрузки, кг	1
Габариты, м	1,7х 1,7х 0,5
Диаметр ротора, м	0,5
Количество роторов/двигателей	6/6
Тип двигателя	Электрический
Скорость, км/ч	0 – 70
Продолжительность полета, мин	40
Потолок, м	500
Взлет/посадка	Вертикально
Макс. ветер	15 м/с
с Диапазон температур платформы, С	– 10...+ 50
Радиус действия радиоканала, км	1
телеметрия/видео	2,4 – 5,5ГГц
Навигация	GPS Автопилот
Стабилизация подвеса	1 ось
Аппаратура	Видео/Фото/ИК/Газоанализатор / Дальномер
Тренажер	+
Состав комплекса	1 дрон, мобильная НСУ с антенной, фото, ТУК, видео
Цена, млн. руб.	~2
Тактико – технические характеристики	Трикоптер Draganflyer X6 (Канада)
Взлетная масса, кг	1,5
Масса полезной нагрузки, кг	0,5
Габариты, м	1,7× 1,7×0,5
Диаметр ротора, м	0,4
Количество роторов/двигателей	6/6
Тип двигателя	Электрический
Скорость, км/ч	0 – 50
Продолжительность полета, мин	15
Потолок, м	500
Взлет/посадка	Вертикально
Макс. ветер	8 м/с
с Диапазон температур платформы, С	– 25...+ 40
Радиус действия радиоканала, км	1
телеметрия/видео	2,4 – 5,8ГГц
Навигация	GPS Автопилот
Стабилизация подвеса	1 ось
Аппаратура	Видео/Фото/ИК/Газоанализатор / Дальномер
Тренажер	+

Продолж. табл. 5.

Состав комплекса	2 дрона, мобильная базовая станция, ТУК, пульт ДУ, видео очки, ЗИП, фото, видео, ИК
Цена, млн. руб.	~0,9
Тактико – технические характеристики	Квадрокоптер Scout Aeryon Labs Inc. (Канада)
Взлетная масса, кг	1,3
Масса полезной нагрузки, кг	0,4
Габариты, м	0,8× 0,8× 0,2
Диаметр ротора, м	0,4
Количество роторов/двигателей	4/4
Тип двигателя	Электрический
Скорость, км/ч	0 – 50
Продолжительность полета, мин	25
Потолок, м	500
Взлет/посадка	Вертикально
Макс. ветер	14 м/с
Диапазон температур платформы, С	– 30...+ 50
Радиус действия радиоканала, км	3
телеметрия/видео	0,9 – 2,4ГГц
Навигация	GPS Автопилот
Стабилизация подвеса	2/3 оси
Аппаратура	Видео/Фото/ИК (стандартно) Радиация/Акустика/Газоанализатор/ Ретрансляция и др.
Тренажер	–
Состав комплекса	1 дрон, мобильная НСУ с антенной, ТУК, фото, видео, ИК
Цена, млн. руб.	~2
Тактико – технические характеристики	Квадрокоптер Cyber Quad Maxi (Австралия)
Взлетная масса, кг	1,5
Масса полезной нагрузки, кг	0,5
Габариты, м	0,7× 0,6×0,2
Диаметр ротора, м	0,25
Количество роторов/двигателей	4/4
Тип двигателя	Электрический
Скорость, км/ч	0 – 40
Продолжительность полета, мин	25
Потолок, м	500
Взлет/посадка	Вертикально
Макс. ветер	10 м/с
с Диапазон температур платформы, С	– 10...+ 50
Радиус действия радиоканала, км	1
телеметрия/видео	2,4 – 5,8ГГц
Навигация	GPS Автопилот
Стабилизация подвеса	1 ось
Аппаратура	Видео/Фото/ИК
Тренажер	–
Состав комплекса: 1 дрон, мобильная НСУ с антенной, ТУК, фото, видео, ИК	
Цена, млн. руб.	~1,5
Тактико – технические характеристики	Квадрокоптер «Волк – 18» (РФ)
Количество роторов/двигателей	4/4
Габариты, м	0,6x 0,6

Продолж. табл. 5.

Взлетная масса, кг	до 6
Продолжительность полета, мин	30
Тактико – технические характеристики	Квадрокоптер «Добрыня» (РФ)
Дальность полета, км	20
Скорость, км/ч	до 120
Высота полёта	до 3
Особенности: может двигаться по заявленному маршруту без связи с наземной станцией управления.	
Тактико – технические характеристики	Квадрокоптер ПЕЛИКАН (РФ)
Размер, мм	665x665x430
Максимальная масса полезной нагрузки, кг	2,8
Макс. скорость, км/ч	70
Макс. время полета, мин	45
Количество двигателей	4/4
Макс. высота полета над уровнем моря, м	3000
Тактико-технические характеристики	Дрон Ninox 103 UW Sub – to – Air (США) [26]
Вес, кг	1
Время полета, мин	до 45
Дальность полета, км	10

Дрон выстреливается с субмарины в подводном положении в герметичной капсуле. Капсула дрейфует по поверхности воды до срабатывания механизма запуска дрона в воздух, где он раскрывается и запускает собственные роторные двигатели. Сообщается, что дрон имеет низкую акустическую, тепловую и визуальную сигнатуру, оснащен электрооптическими/инфракрасными (ЭО/ИК) датчиками для разведки и автоматического захвата целей с помощью системы искусственного интеллекта с открытой архитектурой. Для связи используется шифрованный радиоканал.

БПЛА гибридные

Летательный аппарат с поворотными (или фиксированными) винтами, которые при взлете и посадке работают как подъемные, а при горизонтальном полете как тянущие, в полете подъемная сила обеспечивается фиксированным крылом [20, 21]. Сочетают преимущества БПЛА самолетного и мультироторного типа, что дает гибкость при выполнении различных задач [17].

Преимущества: вертикальный взлет и посадка, зависание, высокая скорость и маневренность больше, чем у мультироторов, время полета и полезная нагрузка.

Недостатки: сложность обслуживания и ремонта, зависимость от погодных условий, дороговизна, сложность управления.

Конвертопланы – могут взлетать и садиться вертикально их двигатели могут вращаться на 90–180 градусов]. После взлета летают как обычные самолеты и опираются на крыло, закрепленное на корпусе. Способность взлета как у коптера (не требует катапульты или ВПП), способность полета по самолетному типу, способность к зависанию в заданной точке, простота в использовании.

Более сложная конструкция, чем у самолета, при повороте двигателей в другую плоскость во время их работы приходится бороться с моментом инерции, что снижает надежность, сниженное время работы в воздухе при прочих равных условиях, если сравнивать с самолетом, с теми же двигателями и запасом энергии.

Особенности конструкции: двигатели БПЛА поворачиваются в вертикальной плоскости, либо это делают жалюзи, отклоняющие воздушный поток в нужном направлении. Встречается использование кэнардов – объединенных в блоки канальных электровентиляторов [23]. Поворачивая такие кэнарды, беспилотник может совершать вертикальный взлет, а затем двигаться «по самолетному». Хвостовые кэнарды играют также роль рулей. Тейлситтеры (от англ. tailsitter, буквально «сидящий на хвосте») – в воздухе, меняет свое положение на горизонтальное и продолжает летать как самолет. В момент приземления аппарат снова принимает вертикальное положение и приземляется на специальные приспособления. Способность взлетать вертикально, как вертолет (не требует катапульты или взлетно-посадочной полосы), возможность полета по самолетному с опорой на фиксированное крыло и способность к зависанию в заданной точке. (Табл. 6).

Таблица 6 – Универсальная классификация БПЛА Европейской ассоциации по беспилотным системам EURO UVS [24]

Группа БПЛА	Категория	Взлетная масса, кг	Дальность полета, км	Высота полета, м	Продолжительность полета, час
Малые	Nano БПЛА	<0,025	<1	100	<0,5
	Micro БПЛА	<5	<10	250	1
	Mini БПЛА	20 – 150	<30	150 – 300	<2
	Легкие БПЛА для контроля переднего края обороны	25 – 150	10– 30	3000	2 – 4
	Легкие БПЛА с малой дальностью полета	50 – 250	30 – 70	3000	3 – 6
	Средние БПЛА	150– 500	70-200	5000	6 – 10
Тактические	Средние БПЛА с большой продолжительностью полета	500-1500	>500	8000	10 – 18
	Маловысотные БПЛА для проникновения в глубину обороны противника	250-2500	>250	50 – 9000	0,5 – 1
	Маловысотные БПЛА с большой продолжительностью полета	15 – 25	>500	3000	>24
	Средневысотные БПЛА с большой продолжительностью полета	1000 – 500	> 500	5000 – 8000	24 – 48
	Высотные БПЛА с большой продолжительностью полета	2500 - 5000	> 2000	20000	24 – 48
Стратегические	Боевые (ударные) БПЛА	>1000	1500	12000	2
	БПЛА, оснащенные боевой частью (летательного действия)		300	4000	3 – 4
	БПЛА – ложные цели	150 – 500	0– 500	50 – 5000	<4
Спец. назначения	Стратосферные БПЛА	> 2500	> 2000	> 20000	> 48
	Экстратосферные БПЛА			> 30500	

Существует несколько основных типа БПЛА [25] и каждый со своим конструктивными особенностями и техническими возможностями: мульти роторные (наличие нескольких винтов), которые могут вращаться независимо друг от друга, имеют высокую маневренность и точность полета, используются в гражданской авиации для съемки видео, фотографии, доставки грузов на короткие расстояния; с фиксированным крылом – высокая скорость и дальность полета, используются как в гражданской авиации, так и в военных операциях, выполняют задачи разведки, мониторинга территорий, а также доставка грузов на большие расстояния; гибридные – сочетают в себе преимущества мульти роторных и БПЛА с фиксированным крылом. Быстро переходят с вертикального взлета на горизонтальный полет и обратно, что делает их универсальными и эффективными в различных условиях, используются как в гражданской авиации, так и в военных операциях. выполняют задачи разведки, мониторинга территорий, доставки грузов и многие другие. Множество беспилотных летательных аппаратов, которые отличаются по своим размерам, внешнему виду, дальности полета и выполняемым функциям [26].

ЛА можно разделить по способу управления и степени их автономности: неуправляемые, дистанционно управляемые, автоматические.

По своему размеру, дроны условно делятся на: микро (до 10 кг); мини (до 50 кг); средние (до 1 тонны); тяжелые (с весом больше тонны). Аппараты группы мини, способны находиться в воздухе не более одного часа, мини – от трех до пяти часов, а средние – до пятнадцати часов, самые совершенные из них уже могут находиться в небе более суток и совершать межконтинентальные перелеты [27].

Согласно параметрам летно-тактических характеристик (взлетная масса, дальность полета, высота полета), при малой продолжительности полета из всего многообразия БПЛА будут в приоритете небольшие мобильные летательные аппараты (см. Табл. 5).

Список литературы

1. [Электронный ресурс]. URL: <https://time-che.ru/news/typy-bpla/>
2. [Электронный ресурс]. URL: <https://overclockers.ru/blog/Pitfalls/show/76317/bpla-bloka-nato-ih-vozmozhnosti-i-slabye-mesta-chast-1>
3. [Электронный ресурс]. URL: <https://icelavin.livejournal.com/276504.html>
4. Кирилин, А. Н. *Создание воздушной транспортной системы на основе дирижаблей нового поколения для освоения труднодоступных регионов России* / А. Н. Кирилин *krylu – rodiny.pdf*
5. Семенец, В. О. Способы противодействия беспилотным летательным аппаратам. *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики* / В. О. Семенец, М. П. Трухин. 2018. № 5
6. Фетисов, В.С. *Содержание и развитие концепции «Привязанный беспилотный летательный аппарат»* / В.С. Фетисов, Б.Р. Кулбаев [Электронный ресурс]. <https://russiandrone.ru/publications/coderzhanie-i-razvitie-kontseptsii-privyazannyy-bspilotnyy-letatelnyy-apparat>. Дата доступа: 28.03.2023
7. [Электронный ресурс]. URL: <https://topwar.ru/223713-koncern-kalashnikov-provel-ispytaniya-v-zone-svo-novoj-sistemy-nabljudeniya-kvazimachta.html>
8. Вытовтов А.В. Современные беспилотные летательные аппараты. Текст научной статьи по специальности «Математика» / А.В. Вытовтов, А.В. Калач, С.Ю. Разиньков. *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова*
9. Сунгуров, А.С.. Обзор беспилотных летательных аппаратов / А.С. Сунгуров, С.С. Гарманов. / *Современные научные исследования и инновации*. 2017. № 5 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2017/05/83081>
10. Иванов, Д. Я. Методы роевого интеллекта для управления группами малоразмерных летательных аппаратов / Д. Я. Иванов. *Известия Южного федерального университета. Технические науки*, 2011 9 с.

11. [Электронный ресурс]. URL: https://www.techinsider.ru/weapon/394642_rossiyskie_bespilotniki_s_pulsiruyushchim_raketnym_dvigatелем/
12. [Электронный ресурс]. URL: https://flyings.guru/blog/sovremennye_planera/
13. [Электронный ресурс]. URL: <https://army.ric.mil.ru/Stati/item/388005/>
14. Ростопчин, В.В. Ударные беспилотные летательные аппараты и противовоздушная оборона проблемы и перспективы противостояния. В.В. Ростопчин [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/331772628_Udarnye_bespilotnye летательные аппараты i protivovozdusnaa оборона –problemy i perspektivy protivostoania
15. [Электронный ресурс]. URL: https://sky-x.pro/blog/vidy_bespilotnikov_malogo_klassa_i_ih_klassifikatsiya
16. Викулов, О.В. Перспективные беспилотные летательные аппараты вертолетного типа отечественного производства / О.В. Викулов. *Инноватика и экспертиза*. 2023 Выпуск 1 (35)
17. Корнилов, В.А. Система управления мультикоптером / В.А. Корнилов, Д.С. Молодяков, Ю.А. Синявская. *Электронный журнал «Труды МАИ»*. Выпуск No 62 УДК 681.587
18. [Электронный ресурс]. URL: https://robotrends.ru/robopeedia/vertoletnye_bla
19. Дошина, А. Д. Автоматизация процессов планирования и управления летной работой авиакомпании / Дошина, А. Д. *Молодой ученый*. 2016. № 15 (119). С. 136–138. URL: <https://moluch.ru/archive/119/32963/>
20. [Электронный ресурс]. URL: https://aviatest.aero/articles/typy_bespilotnykh летательных аппаратов obzor/
21. [Электронный ресурс]. URL: https://russiandrone.ru/catalog/bespilotnyekompleksy/multirotornye_gibridnyudron_hybrix_20/
22. [Электронный ресурс]. URL: https://yandex.ru/ocdod40.ru/Классификация_БВС.pdf
23. Безруков, С. И. Классификация беспилотных летательных аппаратов(в контексте современных войн в арабском мире) / С. И. Безруков. *Научно – практический электронный журнал Оригинальные исследования (ОРИС)*, ISSN 2222 – 0402 www.ores.su/original-research.ru 66 УДК 358.41
24. Молоденков, С.А. Анализ современных беспилотных летательных аппаратов / С.А. Молоденков, М.С. Пашкин. *Современные научные исследования и инновации*. 2023. № 9 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2023/09/100804> (дата обращения: 19.01.2024).
25. Полянин К.С. Разведывательные беспилотные летательные аппараты / К.С. Полянин, В.С. Гордиенко[Электронный ресурс]. URL: <https://russiandrone.ru/publications/razvedyvatelynyebespilotnye летательные аппараты/>
26. Абакумов, А.В. *Групповой полет летательных аппаратов – алгоритм обработки* / А.В. Абакумов, А.Г.Шкаев. Саратовский государственный технический университет
27. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.edrmagazine.eu/spear-unveils-the-ninox-103-sub-to-air-loitering-uas-system>
28. Уланов, С.И. Анализ возможностей применения летательных аппаратов в контроле состояния местности / С.И. Уланов, О.А. Криводубский, А.А. Никитина *Проблемы искусственного интеллекта (International Peer-Reviewed Scientific Journal «Problems of Artificial Intelligence»)*, ISSN 2413-7383. 2023. № 3(30).

References

1. https://time-che.ru/news/typy_bpla/
2. https://overclockers.ru/blog/Pitfalls/show/76317/bpla_bloka_nato_ih_vozmozhnosti_i_slabye_mesta_chast_1
3. <https://icelavin.livejournal.com/276504.html> [4]. A. N. Kirilin Creation of an air transport system based on a new generation of airships for the development of remote regions of Russia *krylya – rodiny.pdf*
4. V. O. Semenets, M. P. Trukhin Methods of countering unmanned aerial vehicles// *Modern science: actual problems of theory and practice*. – 2018 – No. 5
5. V.S. Fetisov, B.R. Kulbaevcontainment and development of the concept of "Tethered unmanned aerial vehicle. [electronic resource]. https://russiandrone.ru/publications/coderzhanie_i_razvitie_kontseptsii_privyazannyy_bespilotnyy летательный аппарат. – Access date: 03/28/2023
6. https://topwar.ru/223713_koncern_kalashnikov_provel_ispytaniya_v_zone_svo_novoj_sistemy_nabljudeniya_kvazimachta.html
7. A.V.Vytovtov, A.V. Kalach, S.Y. Razinkov. Modern unmanned aerial vehicles. The text of a scientific article on the specialty «Mathematics». Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov

8. A.S. Sungurov, S.S. Garmanov. Review of unmanned aerial vehicles // Modern scientific research and innovations. 2017. No. 5 [Electronic resource]. URL: [https://web.snauka.ru / issues/2017/05/83081](https://web.snauka.ru/issues/2017/05/83081)
9. D. Ya. Ivanov. Swarm intelligence methods for controlling groups of small-sized aircraft. Proceedings of the Southern Federal University. Technical Sciences, 2011 – 9 p.
10. https://www.techinsider.ru/weapon/394642_rossiyskie_bespilotniki_s_pulsiruyushchim_raketnym_dvigatelem/
11. https://flyings.guru/blog/sovremennye_planera/
12. [https://army.ric.mil.ru/Stati/item/388005 /](https://army.ric.mil.ru/Stati/item/388005/)
13. V.V.Rostopchin Attack unmanned aerial vehicles and air defense problems and prospects of confrontation. https://www.researchgate.net/publication/331772628_Udarnye_bespilotnye летательные аппараты и противовоздушная оборона – проблемы и перспективы противостоания
14. https://sky-x.pro/blog/vidy_bespilotnikov_malogo_klassa_i_ih_klassifikatsiya
15. O.V. Vikulov Promising unmanned aerial vehicles of helicopter type of domestic production Innovation and expertise. 2023 Issue 1 (35)
16. V.A. Kornilov, D.S. Molodyakov, Yu.A. Sinyavskaya Multicopter control system Electronic journal "Proceedings of MAI". Issue No. 62 of UDC 681.587
17. https://robotrends.ru/robopedia/vertoletnye_bla
18. A.D. Doshina, Automation of the processes of planning and management of airline flight operations // Young Scientist.– 2016. – № 15 (119). – Pp. 136 – 138. – URL: [https://moluch.ru/archive/119/32963 /](https://moluch.ru/archive/119/32963/)
19. https://aviatest.aero/articles/typy_bespilotnykh летательных аппаратов обзор/
20. https://russiandrone.ru/catalog/bespilotnyekompleksy/multirotnyye_gibridnydron_hybrix_20/
21. <https://yandex.ru/ocdod40.ru/Classification-BVS.pdf> 22. S. I. Bezrukov Classification of unmanned aerial vehicles (in the context of modern wars in the Arab world) Scientific and Practical Electronic journal of Original Research (ORIS), ISSN 2222 – 0402 www.ores.su original – research.ru 66 UDC 358.41
22. S. I. Bezrukov Classification of unmanned aerial vehicles (in the context of modern wars in the Arab world) Scientific and Practical Electronic journal of Original Research (ORIS), ISSN 2222 – 0402 www.ores.su original – research.ru 66 UDC 358.41
23. S.A. Molodenkov, M.S. Pashkinanalysis of modern unmanned aerial vehicles // Modern scientific research and innovations. 2023. No. 9 [Electronic resource]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2023/09/100804> (date of reference: 01/19/2024).
24. K.S. Polyaniin, V.S. Gordienko Reconnaissance unmanned aerial vehicles <https://russiandrone.ru/publications/razvedyvatelnyebespilotnye летательные аппараты/>
25. A.V. Abakumov,A.G.Shkaev. Group flight of aircraft is a processing algorithm. Saratov State Technical University
26. <https://www.edrmagazine.eu/spear-unveils-the-ninox-103-sub-to-air-loitering-uas-system>
27. UDC 528.013 DOI 10.34757/2413-7383.2023.30.3.003 S.I. Ulanov, O.A. Krivodubsky, A.A. Nikitina ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF USING AIRCRAFT IN MONITORING THE CONDITION OF THE TERRAIN

RESUME

S. I. Ulanov, O.A. Krivodubsky, A. A. Nikitina

Analysis of modern developments of unmanned aerial vehicles

Background, initial data: the relevance of research in the field of intelligent detection systems cannot be overestimated due to the demand in many branches of science and technology. An important aspect for solving the problem of choosing the most suitable aircraft model is the assessment of technical and design characteristics.

Materials and methods: the effectiveness of the choice is determined by the competence of the sources (the study was conducted according to the European Association for Unmanned Systems EURO UVS).

Results: as a result of the analysis of modern aircraft developments, the dependence of the task performance on flight and tactical characteristics has been established.

Conclusion: studies of the effectiveness of the use of domestic and foreign aircraft have shown that, given the complexity of the situation, their technical and design capabilities, preference remains for light multicopters as the most suitable for solving the task.

РЕЗЮМЕ

С. И. Уланов, О.А. Криводубский, А. А. Никитина

Анализ современных разработок беспилотных летательных аппаратов

История вопроса, исходные данные: актуальность исследований в вопросах интеллектуальных систем обнаружения трудно переоценить в связи с востребованностью во многих отраслях науки и техники. Важным аспектом для решения задачи в вопросе выбора наиболее подходящей модели летательного аппарата является оценка технических и конструктивных характеристик.

Материалы и методы: эффективность выбора обусловлена компетентностью источников (исследование проводилось по данным Европейской ассоциации по беспилотным системам EURO UVS).

Результаты: в результате анализа современных разработок летательных аппаратов установлена зависимость выполнения задачи от летно-тактических характеристик.

Заключение: исследования эффективности использования отечественных и зарубежных летательных аппаратов показали, что, учитывая сложность обстановки, их технические и конструктивные возможности, предпочтение остается за легкими мультикоптерами, как самыми подходящими для решения поставленной задачи.

Криводубский Олег Александрович – д.т.н., с.н.с., Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт проблем искусственного интеллекта», г. Донецк. *Область научных интересов:* автоматизированные системы управления, эл. почта oleg.krivodybski.dn gmail ru, адрес:, г. Донецк, ул. Артема, д. 118 б, телефон: +7949 54 83 89.

Уланов Сергей Иванович – м.н.с., Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт проблем искусственного интеллекта», г. Донецк. *Область научных интересов:* интеллектуальные робототехнические системы. эл. почта ulanov56@yandex.ru, адрес: 283048, г. Донецк, ул. Артема, д. 118 б, телефон: +7949 4048702.

Никитина Анжела Анатольевна – м.н.с., Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт проблем искусственного интеллекта». *Область научных интересов:* компьютерные информационные технологии, адрес: 283048, г. Донецк, ул. Артема, д. 118 б, телефон +7949 332 78 09. эл. почта pastuhova.anjela@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 16.09.2024