

doi: 10.32620/oikit.2019.83.02

УДК 629.735.33

Т. П. Цепляева, А. Ю. Мигунов

## **Анализ современного состояния развития высотных беспилотных летательных аппаратов**

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт»*

Разработка беспилотных летательных аппаратов представляет большой интерес как для крупнейших авиастроительных компаний, так и энтузиастов-проектировщиков, и среди общего объема разработок объем высотных беспилотных аппаратов занимает одну из лидирующих позиций. В связи с этим весьма актуален анализ существующих наработок и определение вектора будущих исследований в этом направлении. Высотные беспилотные аппараты имеют широкий диапазон функций как в сфере военного, так и гражданского использования.

В работе собраны и проанализированы статистические данные высотных беспилотных летательных аппаратов самолетного типа для определения достижений в сфере проектирования высотных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Рассмотрена действующая на данный момент классификация БПЛА, в результате анализа статистических данных были предложены варианты ее расширения. Описаны летно-массовые характеристики высотных БПЛА. Приведены диаграммы и таблицы, показывающие место высотных БПЛА в общем их количестве. Кроме того, определены летно-технические характеристики, аэродинамические схемы и тип двигателя, которые наиболее рационально подходят для высотных беспилотных летательных аппаратов согласно их назначению и классу.

**Ключевые слова:** высотные БПЛА; летно-технические характеристики; продолжительность полета; аэродинамическая схема; двигатель; компоновка.

В настоящее время развитие беспилотных аппаратов переживает огромный скачок, который вызван желанием человечества автоматизировать свою повседневную жизнь и сделать возможной выполнение операций, недоступных человеку по причине его ограниченной производительности и постоянного во времени использования его умственных ресурсов.

Созданием высотных беспилотных аппаратов, что естественно, впервые заинтересовались военные организации. Так, в 1973 году Ryan Aeronautical представили YQM-94A Compass Core – высотный малозаметный разведчик, а в 1988 году Boeing завершили создание своего Condor, который стал знаковым аппаратом по высотности и продолжительности полета [1]. В настоящее время страны европейского региона, США, Китай и Россия стремятся иметь в своем распоряжении беспилотники такого класса. В 2004 году США ввели в эксплуатацию RQ-4 Global Hawk с максимальной высотой полета 19812 м и длительностью полета 36 часов [2]. А Китай в 2014 году представил свой БПЛА такого класса AVIC Soar Dragon [3].

При этом гражданский сегмент БПЛА только вошел в стадию заинтересованности высотными аппаратами. Поэтому целью данной статьи является анализ всех известных и опробованных на сегодняшний день наработок в этой области для эффективного и целенаправленного развития высотных БПЛА в дальнейшем.

Чтобы определить место высотных БПЛА в мировом объеме эксплуатируемых беспилотников, необходимо рассмотреть весь рынок БПЛА в целом. Важными составляющими рентабельности проектирования БПЛА такого

типа и основными причинами их развития являются объем финансирования научно-исследовательской работы в этом направлении в государственных учреждениях и частных организациях, который указывает на интерес к теме, и объем производства, связанный с возможностью их создания.

Как указывает источник [4], в области финансирования НИОКР относительно беспилотных аппаратов суммарным объемом 28,68 миллиарда долларов на период с 2014 по 2023 годы наибольшая доля будет приходиться на США – 11 миллиардов долларов, или 38 процентов всех мировых затрат. На Азиатский регион придется 7,7 миллиарда долларов (27%), на регион Западной Европы – 5,2 миллиарда долларов (18%), Восточной Европы – 2,5 миллиарда долларов (9%), Среднего Востока – 1,9 миллиарда долларов (7%), на страны Латинской Америки – 0,38 миллиарда долларов (1%) (рисунок 1).

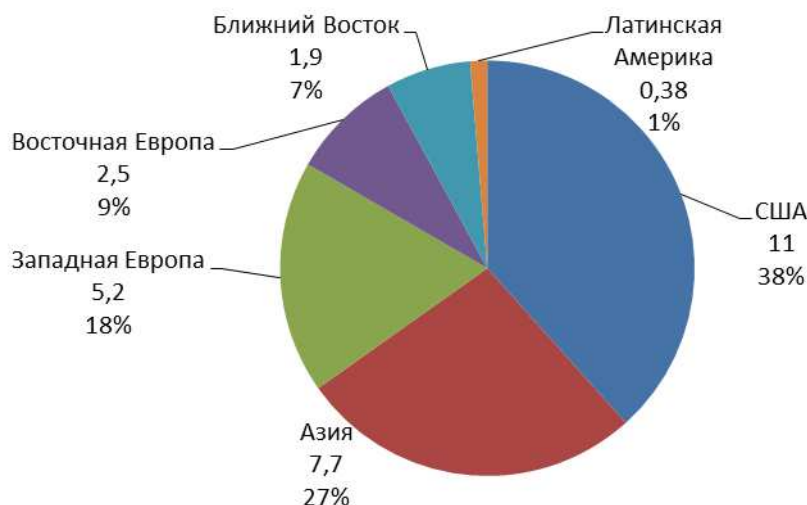


Рис. 1. Прогноз распределения объема финансирования разработки БПЛА по регионам на период с 2014 по 2023 гг.

Полный объем финансов, приходящихся на производство в период с 2014 по 2023 годы по прогнозам составит 35,6 миллиарда долларов. Наибольшую долю производства ожидается выделить для средневысотных БЛА большой продолжительности полета класса MALE (Medium Altitude Long Endurance) – 13,7 миллиарда долларов (38%). На производство тактических беспилотников будет потрачено 8,6 миллиарда долларов (24%), на высотные БПЛА большой продолжительности полета класса HALE – 7,3 миллиарда долларов (21%), на БПЛА вертикального взлета и посадки – 3 миллиарда долларов (8%), на ударные БПЛА классаUCAV (Unmanned Combat Air Vehicle) – 1,7 миллиарда долларов (5%), на запускаемые с руки портативные БПЛА – 1,3 миллиарда долларов (4%) (рисунок 2).

Мировой рынок продаж БПЛА в 2017 году составил 7,8 миллиарда долларов и продолжит активно расти. Большая часть стоимости рынка приходится на военные БПЛА (53% рынка). При рассмотрении выпуска аппаратов все обстоит иначе: основную долю в количестве занимают потребительские БПЛА (84%), 15% приходится на гражданские БПЛА и всего 0,5% – на БПЛА военного назначения [5].

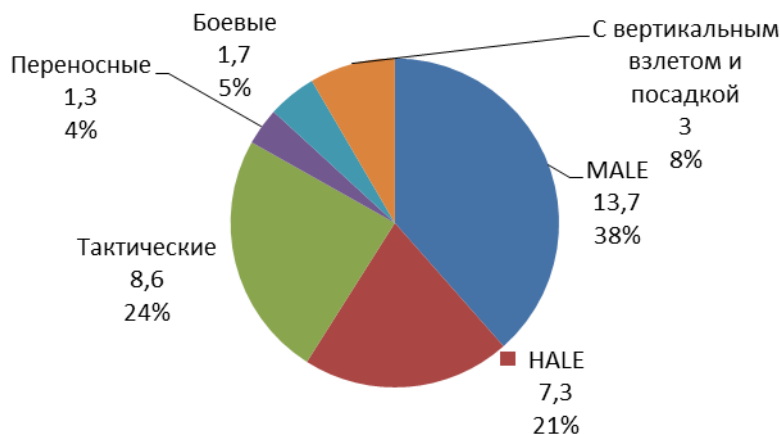


Рис. 2. Прогноз распределения объема производства БПЛА по классам на период с 2014 по 2023 гг.

В настоящее время на мировом рынке стратегических БПЛА можно выделить два крупных сегмента – военный и гражданский. В военном сегменте основными факторами, влияющими на изменение спроса, являются потребность в замене парка разведывательной авиации, повышение требований к экономичности эксплуатации, к летно-техническим характеристикам стратегических БПЛА. В гражданском сегменте основными факторами, влияющими на изменение спроса, являются уровень цен в данном сегменте и расширение функционала гражданских стратегических БПЛА [6].

К дополнительным вопросам, которые определенно возникнут в начале возможной работы над сферой высотных БПЛА, отнесем способность разработки и производства аппаратов подобного типа в Украине.

При наличии в Украине научных, производственных и испытательных организаций, которые могут разрабатывать и изготавливать стратегические БПЛА (Харьковское государственное авиационное производственное предприятие "ХГАПП", Государственное предприятие Министерства обороны Украины "Чугуевский авиаремонтный завод", НИИ проблем физического моделирования НАУ "ХАИ", КБ "Авиа", ОАО "Мотор-Сич", ГП ЗМБК "Ивченко-Прогресс"), а также платформы для создания полного замкнутого цикла разработки и производства, представляется возможным создание БПЛА такого класса [7].

Таким образом, согласно информации, приведенной выше, можно прийти к выводу, что разработка и создание высотных БПЛА является не только возможным, но и востребованным направлением. Следующим шагом должно стать определение подтипов таких БПЛА и выделение достижений, полученных в этой области для разработки дальнейших целей проектирования.

Согласно классификации EUROUVS [8] высотные беспилотные аппараты подразделяют на высотные БПЛА с большой продолжительностью полета, стратосферные и тропосферные.

Группа высотных БПЛА с большой продолжительностью полета (класс HALE – High Altitude, Long Endurance) ограничена следующими значениями характеристик:

- максимальная высота полета не выше 20000 метров;
- продолжительность полета не менее 24 часов;
- радиус зоны полета не менее 2000 км.

- Стратосферные БПЛА (класс Strato) занимают сектор БПЛА, в котором
- максимальная высота полета ограничена диапазоном 20000...30000 м;
  - продолжительность полета не менее 48 часов;
  - радиус зоны полета не менее 2000 км.

Для тропосферных БПЛА (класс ЕХО) область определения ограничена только по максимальной высоте полета – не ниже 30500 метров.

При этом необходимо также различать БПЛА внутри данного класса по назначению, а именно на научные и прикладные, которые, в свою очередь, дополнительно подразделяют на военные и гражданские (рисунок 3) [9].



Рис. 3. Сферы применения БПЛА

Научный и гражданский секторы высотных БПЛА составляют небольшую долю, по сравнению с военным, так как применение стратегических БПЛА исторически началось ранее, а гражданские аппараты только развиваются. Несмотря на это, область применения такого класса беспилотников в повседневной жизни довольно широка.

Рассмотрим возможные способы применения данного класса БПЛА в гражданской и военной сфере.

Научные задачи высотных БПЛА можно разделить на две группы:

- стратосферные на высотах 25000...30000 метров продолжительностью 6...36 часов;
- тропосферные (анализ климата, радиационного фона и т.п.) на высотах до 20000 метров продолжительностью около 40 часов с полезной нагрузкой 100...400 кг.

К основным гражданским задачам высотных БПЛА можно отнести их применение в качестве спутников, которые могут использоваться для таких целей:

- передачи радиосигналов;
- фотосъемки местности;
- обнаружения лесных пожаров и помощи в их тушении;
- наблюдения за границами государства и предотвращения ее незаконного пересечения;
- обнаружения преступной деятельности различного рода;
- обнаружения залежей природных ресурсов и ископаемых;
- наблюдения за строительством сверхкрупных объектов;
- наблюдения за аграрной деятельностью;
- обнаружения, предупреждения стихийных бедствий и поддержки во избежание их последствий.

К высотным беспилотникам относят псевдоспутники – легкие БПЛА с питанием от солнечных батарей. Их используют в стратосферных слоях земной атмосферы для фотонаблюдения, создания локального покрытия для передачи

сигналов и покрытия интернет-соединением в районах, где это невозможно (горные районы, тайга).

Суть применения высотных БПЛА в военной сфере заключается, как правило, в использовании их в качестве ударных боевых комплексов и бомбардировщиков. Но также их применяют для таких целей:

- связи с наземными, морскими и воздушными боевыми группами, их удаленного управления;
- сбора информации;
- доставки беспилотных дронов-мишеней на место их применения;
- придание начальной скорости полета баллистическим ракетам.

Для анализа достижений современной науки в области создания высотных БПЛА следует начать со сбора данных об имеющихся образцах техники.

По результатам сбора и обработки статистических данных [1, 2, 3, 10, 11, 12] высотных БПЛА была составлена сводная таблица 1, в которой указаны страна и компания-изготовитель, год ввода в эксплуатацию, обобщенное назначение БПЛА, количество произведенных БПЛА, аэродинамическая схема, тип и расположение силовой установки, взлетная масса, максимальная скорость, дальность и продолжительность полета, статический потолок.

**Принятые обозначения:** аэродинамическая схема – нормальная (Норм), бесхвостка (БХ), летающее крыло (ЛК), тандемное крыло (ТК); тип двигателя, помимо общепринятых – электродвигатель, питаемый солнечными батареями (Сол), электродвигатель, питаемый бортовыми батареями (Эл); расположение двигателя – в фюзеляже (Ф), в крыле (К), на пилонах на фюзеляже (ПФ), на пилонах под крылом (ПК).

Согласно статистическим данным о существующих на данный момент аппаратах, можно определить, что существует сектор на диаграмме "потолок - продолжительность" в пределах по высоте полета 10...20 км и по его продолжительности 10...24 ч, который не описан в классификации беспилотных летательных аппаратов, предложенной EASA [8]. Таким образом, необходимо расширить пределы классификатора или внести новую категорию – HAME (High Altitude Medium Endurance) (рисунок 4).

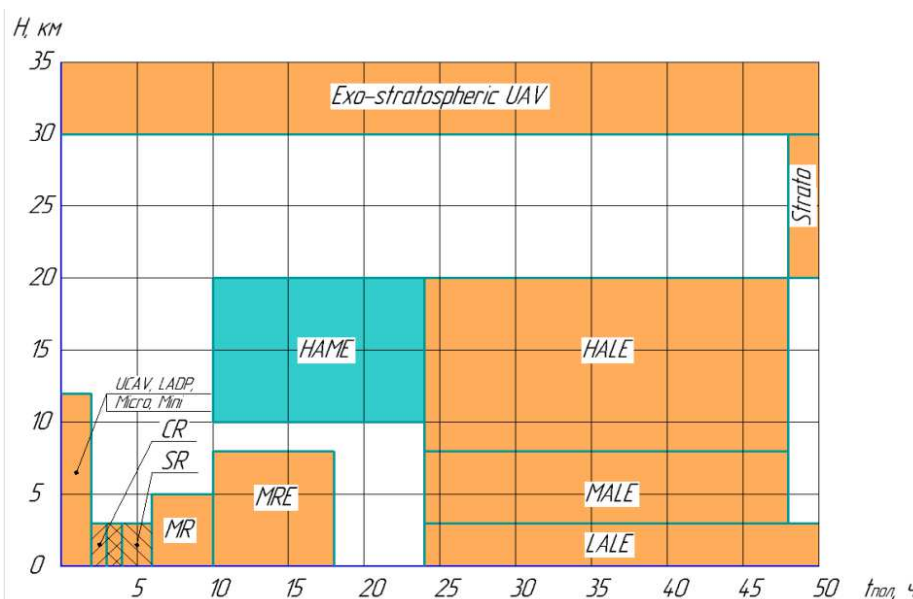


Рис.4. Диаграмма "потолок-продолжительность" для классификации EUROUVS

Таблица 1

## Данные высотных БПЛА

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Название	Год	Страна	Компания-изготовитель	Назначение	Кон-во произв. аппаратов	Аэродинамическая схема	Тип и количество двигателей	Расположение двигателей	$m_{\Phi}$ кг	$V^{max}$ км/ч	$H_{ст.м}$	$t_{пол.ч}$
Avenger (Predator C)	2009	США	General Atomics	Пр. Воен.	3	Норм	1 ТРДД	Ф	8255	740	15000	18
Proteus	1998	США	Northrop Grumman	Пр. Гр.	1	ТК	2 ТРДД	К	5670	504	19000	14
RQ-3 Darkstar	1996	США	Lockheed Martin	Пр. Воен.	4	БХ	1 ТРДД	Ф	3860	556	13500	10
Cloud Shadow	2016	Китай	AVIC	Пр. Воен.	10	Норм	1 ТРД	Ф	3200	385	15000	10
Soar Dragon	2014	Китай	AVIC	Пр. Воен.	1	Норм	1 ТРД	Ф	7500	750	18000	10
P1НН.Hammerhead	2013	Италия	Piaggio Aero Industries	Пр. Воен.	1	У	2 ТВД	К	6150	730	13700	16
HQ-4 Xianglong	2012	Китай	Guizhou Aviation Group	Пр. Воен.	1	ТК	1 ТРДД	Ф	7500	750	18000	10
AirStrato Explorer	2014	США, Румыния	ARCA	Пр. Гр.	2	Норм	Эл	К	230	171	18000	20
YQM-94A Compass Cope	1973	США	Ryan Aeronautical	Пр. Воен.	2	Норм	1 ТРД	Ф	6531	628	16764	24
Heron	1994	Израиль	Israel Aero Industries	Пр. Воен.		Норм	1 ПД	Ф	1150	240	9150	46
БАС-62		Россия	ОКБ "Сухой"	Пр. Гр.	0	Норм	1 ТРДД	Ф	2000	750	19000	24
Condor	1988	США	Boeing	Пр. Гр.	2	Норм	2 ПД	Кр	9070	440	20000	60
Theseus	2017	США	AFSC	Науч.	1	Норм	2 ПД	ПК	2600	20	18288	24
Altus II	1997	США	General Atomics	Науч.	2	Норм	1 ПД	ПФ	966	185	20000	24

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
MQ-9 Reaper (Predator B)	2007	США	General Atomics	Пр. Воен.	163	Норм	1 ТВД	Ф	4760	370	15240	28
Altair	2003	США	NASA	Науч.	2	Норм	1 ТВД	Ф	3175	400	17000	32
Guardian	2006	США	General Atomics	Пр. Воен.	2	Норм	1 ТВД	Ф	4750	480	15200	27
RQ-4 Global Hawk	2004	США	Northrop Grumman	Пр. Воен.	48	Норм	1 ТРДД	Ф	11612	639	19812	38
RQ-180	2007	США	Lockheed Martin	Пр. Воен.	1	ЛК	2 ТРДД	Ф	9200	950	18500	24
Mantis	2009	Великобритания	BAe Systems	Пр. Воен.	1	Норм	2 ТВД	ПФ	9000	556	16764	30
MQ-4 Triton	2018	США	Northrop Grumman	Пр. Воен.	68	Норм	1 ТРДД	Ф	14628	650	18000	30
Phantom Eye	2012	США	Boeing	Пр. Воен.	1	Норм	2 ПД	К	204	277	19812	48
Орел	1986	Россия	ОКБ им. В.М. Мясищева	Пр. Воен.	0	Норм	2 ПД	К	12000		20000	34
AQM-91A Compass Arrow	1968	США	Ryan Aeronautical	Пр. Воен.		Норм	1 ТРД	Ф	2381	890	24400	4,5
CH-14	2017	Китай	CASC	Пр. Воен.	1	Норм	Сол	ПК	400	-	20000	24
Rustom II	2016	Индия	DRDO	Пр. Воен.	1	Норм	2 ТВД	К	2100	220	10700	24
Helios	1999	США	NASA	Науч.	1	ЛК	Сол	ПК	929	43.5	29523	24
Pathfinder Plus	1998	США	NASA	Науч.	1	ЛК	Сол	Кр	315	30	24445	15
Zephyr	2001	Великобритания	Airbus	Пр. Гр.	4	ЛК	Сол	ПФ	53	56	21000	25 дней
Aquila	2016	США	Facebook	Пр. Гр.	2	ЛК	Сол	ПК	399	128	27000	3 мес.
Ла-252 "Аист"	2013	Россия	НПО им. Лавочкина	Пр. Гр.	1	ЛК	Сол	К	125	-	22000	3 мес.
ArusDuo	2018	США	UAVOS	Пр. Гр.	1	ТК	Сол	Ф	23	97	20000	1 год
PHASA-35	2019	Великобритания	BAe Systems	Пр. Гр.	1	Кл	Сол	К	150	145	21336	1 год

Далее рассмотрим применяемость аэродинамических схем в компоновке высотных БПЛА. Наиболее широкое распространение получила нормальная аэродинамическая схема, ввиду ее следующих преимуществ: крыло находится в чистом невозмущенном потоке и не затеняется оперением; меньшая масса вертикального оперения; лучшая балансировка и управляемость по сравнению со схемами "утка", "летающее крыло" и "бесхвостка". При этом горизонтальное оперение находится в скошенном и возмущенном крылом потоке, а также должно создавать отрицательную подъемную силу для балансировки аппарата, что приводит к увеличению его массы и массы крыла. Несмотря на недостатки, касающиеся необходимости создания отрицательной подъемной силы оперением, проработанность данной схемы и ее простота конструкции приводят к меньшим затратам на проектирование и производство, что особо важно ввиду современных реалий экономики.

Выбор двигателя определяется такими характеристиками, как взлетная масса, продолжительность и скорость полета, а также максимальная высота полета. Диаграммы, отображающие расположение высотных БПЛА в зависимости от перечисленных выше характеристик, рассмотрены ниже. Количество двигателей выбирают из условий живучести и безопасности полетов.

Для стратосферных псевдоспутников (с продолжительностью полета более трех дней) определено необходимо применение электродвигателя с питанием от солнечных батарей, расположенных на крыле, так как такая силовая установка позволяет получить ее минимальную массу при достаточной мощности, а также, что важно, постоянный приток энергии без проблем с доступом к солнечному свету

Так как область выполняемых высотными БПЛА задач довольно широка, то не удивительно, что значения взлетной массы таких аппаратов лежат в широком диапазоне. Так, в диапазоне масс до 2000 кг доминируют БПЛА с электродвигателями, которые выполняют разведывательную и наблюдательную функции и не несут на себе никакой полезной нагрузки.

Применение большинства летательных аппаратов подразумевает наличие полезной нагрузки. Полезной нагрузкой является масса грузов, которые БПЛА может нести под крылом или в иных отсеках, а также масса целевой аппаратуры. С ростом массы переносимого груза возрастает взлетная масса БПЛА. Эффективность высотного БПЛА в некоторой степени определяет коэффициент полезной отдачи БПЛА:

$$K_{отд} = \frac{m_{пн}}{m_0}$$

Судя по характеру распределения этой характеристики по отношению к продолжительности полета, видно, что БПЛА с турбовинтовыми двигателями имеют ту же отдачу, что и БПЛА с турбореактивными двигателями, но при этом способны на более продолжительный полет. Это обусловлено экономичностью ТВД (рисунок 5).

Скорость полета напрямую влияет на мобильность и продолжительность полета беспилотного аппарата, которая крайне важна для аппаратов наблюдательного и разведывательного назначения.

При анализе диаграммы, на которой расположены БПЛА в соответствии с их максимальной скоростью полета (рисунок 6) прослеживается соответствие увеличения максимальной выносливости летательного аппарата с



уменьшением максимальной скорости, что объяснено разницей в расходе топлива и ограничениях скорости различных типов двигателей. При этом имеются выраженные секторы применения определенного типа двигателей.

Так, аппараты с наибольшей продолжительностью полета (более 60 часов) оснащены электродвигателями и имеют малую скорость полета (до 200 км/ч). В диапазоне выносливости в 10...24 часа и скорости полета 500...950 км/ч используют турбореактивные двигатели. Поршневые и турбовинтовые двигатели занимают срединную позицию, что позволяет им охватывать большую площадь области задач и иметь при этом большую экономичность по сравнению с ТРДД и большую мобильность по сравнению с псевдоспутниками.

Для выполнения и определения сферы научных задач важной характеристикой является высота полета. На рисунке 7 показано расположение БПЛА в отношении их статического потолка.

Так как основной задачей, которая ставится перед высотными БПЛА, является разведка и наблюдение, то площадь зоны покрытия РЛС БПЛА становится важной характеристикой.

Существующие высотные беспилотные аппараты используют оптические системы с инфракрасными каналами и радиолокационные станции панорамного и бокового обзора высокого разрешения в качестве наблюдательной аппаратуры, что позволяет им определять цели наблюдения с большой высоты.

Ширина полосы просмотра является зависимостью от характеристик матрицы оптической системы  $l_{фк}$ , фокусного расстояния  $f$  и высоты полета  $H$ . [13]:

$$L = \frac{n * l_{фк} * H}{f}.$$

Следовательно, при одинаковых применяемых на аппарате системах наблюдения наиболее эффективным с точки зрения выполнения задач разведки является БПЛА с большей возможной высотой полета. Таким образом, увеличение максимальной высоты полета при наименьшей массе БПЛА позволит получить эффективный аппарат с большой продолжительностью полета.

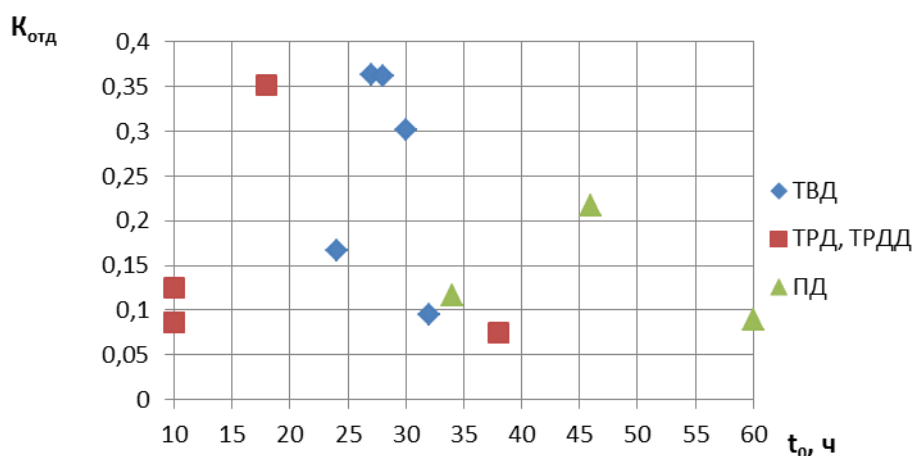


Рис. 5. Диаграмма данных БПЛА в отношении продолжительности полета, коэффициента полезной отдачи и типа двигателя

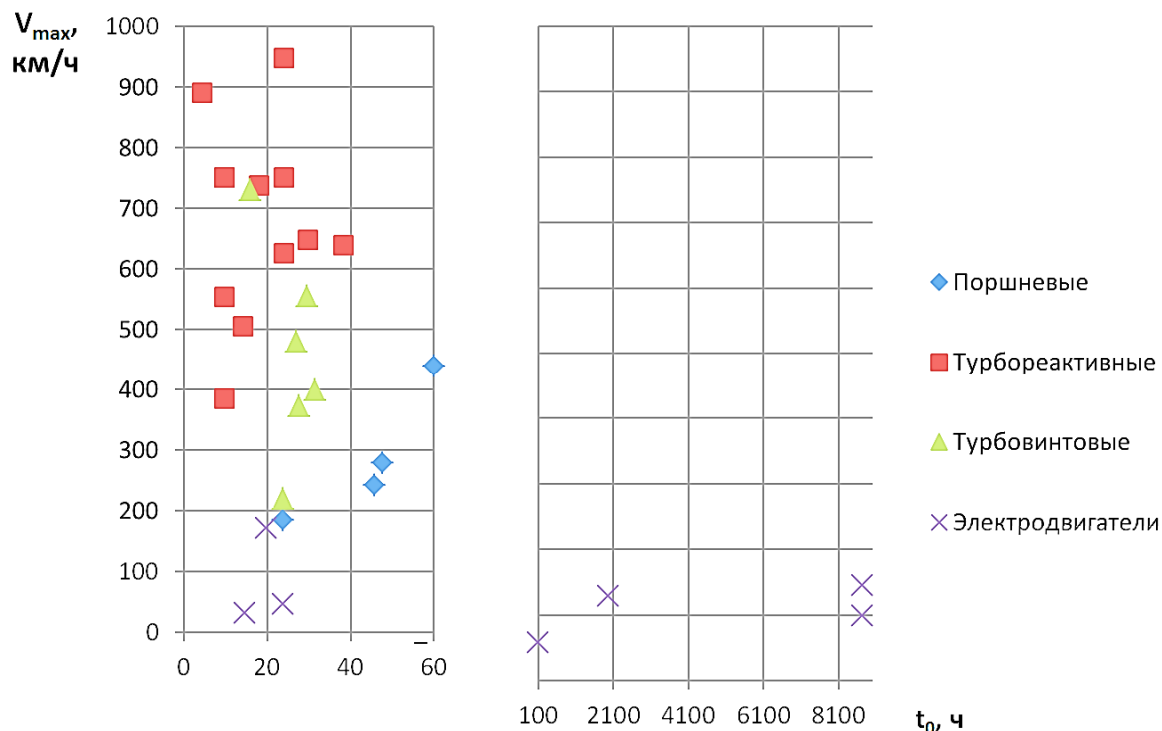


Рис. 6. Диаграмма данных БПЛА в отношении продолжительности полета, максимальной скорости полета и типа двигателя

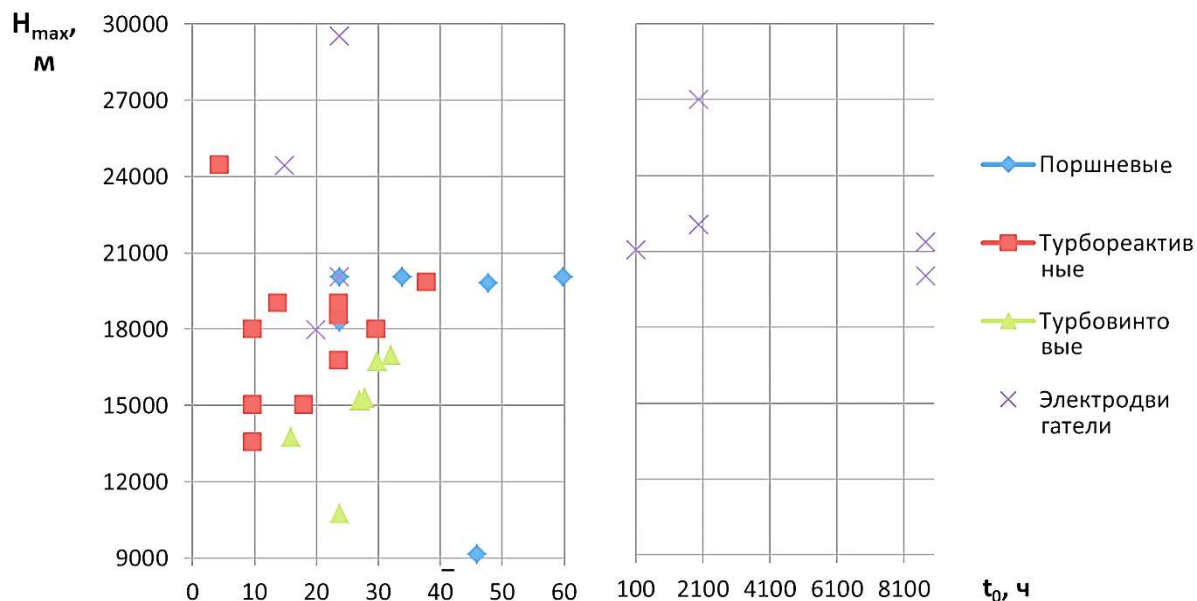


Рис. 7. Диаграмма данных БПЛА в отношении продолжительности полета, статического потолка и типа двигателя

Подводя итоги, можно заметить, что выбор целевых характеристик и программы достижения качеств высотных БПЛА продиктован их назначением. К примеру, для военных ударных БПЛА более приемлем выбор турбореактивного двигателя в качестве силовой установки из-за способности к достижению высоких скоростей, но для стратегических БПЛА-разведчиков прежде всего

важна продолжительность беспосадочного полета, что подразумевает выбор более экономичного турбовинтового двигателя.

Стратосферные БПЛА требуют использования электродвигателей с питанием от солнечных батарей из-за трудностей с применением остальных типов двигателей на высотах свыше 20 км из-за малой плотности воздушных масс.

В таблице 2 указаны параметры, которые получены из наиболее эффективных представителей типа высотных беспилотных летательных аппаратов. Эти параметры могут быть использованы в качестве целевых при разработке проекта современного БПЛА в одном из четырех подтипов: High-Altitude Medium Endurance, High-Altitude Long Endurance, Strato, Exo-Strato.

Таблица 2

Рекомендуемые параметры ЛТХ, аэродинамической схемы и типа двигателя по назначению и классу БПЛА

Высотные БПЛА со средней и высокой продолжительностью полета				
Назначение	NAME	HALE	Strato	Exo-Strato
	$t_{пол} = 10...24$ $H = 10 ... 20$ км	$t_{пол} = 24...48$ ч $H = 8...20$ км	$t_{пол} \geq 48$ ч, $H =$	$H \geq 30500$ м
Военный	$V_{max} == 500 ... 750$ км/ч $m_{пол.}$ до 500 кг	$V_{max} == 600 ... 700$ км/ч $m_{пол.}$ до 1000 кг	-	
	Нормальная аэродинамическая схема, "утка"; тип двигателя - ТРДД, ТВД	Нормальная аэродинамическая схема, тип двигателя - ТРДД		
Гражданский	$V_{max} == 400 ... 750$ км/ч $m_{пол.}$ до 500 кг	$V_{max} == 400 ... 600$ км/ч $m_{пол.}$ до 1000 кг	$V_{max}$ до $200 \frac{км}{ч}$ , $m_{пол.}$ до 100 кг	Нормальная аэродинамическая схема, "летающее крыло"; тип двигателя - Сол
	Нормальная аэродинамическая схема, тип двигателя - ПД, ТВД	Нормальная аэродинамическая схема, тип двигателя - ТВД		
Научный	$V_{max} == 400 ... 750$ км/ч $m_{пол.}$ до 500 кг	$V_{max} == 400 ... 700$ км/ч $m_{пол.}$ до 1500 кг	$V_{max}$ до $200 \frac{км}{ч}$ , $m_{пол.}$ до 100 кг	Нормальная аэродинамическая схема, "летающее крыло"; тип двигателя - Сол
	Нормальная аэродинамическая схема, "утка"; тип двигателя - ТВД	Нормальная аэродинамическая схема, тип двигателя - ТРДД, ТВД		
Многоцелевой	$V_{max} == 500 ... 750$ км/ч $m_{пол.}$ до 500 кг	$V_{max} == 400 ... 700$ км/ч $m_{пол.}$ до 1500 кг	$V_{max}$ до $200 \frac{км}{ч}$ , $m_{пол.}$ до 100 кг	Нормальная аэродинамическая схема, "летающее крыло"; тип двигателя - Сол
	Нормальная аэродинамическая схема, тип двигателя - ТВД	Нормальная аэродинамическая схема, тип двигателя - ТВД, ТРДД		

## Выводы

Проведен анализ такого класса беспилотных летательных аппаратов, как высотные БПЛА. Полученные данные позволили систематизировать существующие на данный момент аппараты и выделить соответствие их конфигурации выполняемым задачам, что позволит выбрать наиболее целесообразную схему согласно имеющемуся опыту разработки.

Существуют высотные БПЛА, характеристики которых не позволяют применение к ним действующей классификации EUROUVS. Поэтому было предложено расширить данную классификацию категорией БПЛА High Altitude Medium Endurance (HAME).

Согласно проанализированным данным подобраны летно-технические параметры, тип двигателя и аэродинамическая схема, соответствующие наиболее эффективным представителям типа, для высотного БПЛА по сфере его применения.

Результаты данной работы применимы для дальнейшего проектирования высотных БПЛА со средней и большой продолжительностью полета в качестве целевых параметров, указываемых в техническом задании.

## Список использованных источников

1. Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов: справ. пособие / А. Г. Гребеников, А. К. Мялица, В. В. Парфенюк и др. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ун-т", 2008 – 377 с.
2. Сайт Airforce Technology [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.airforce-technology.com>
3. Сайт Military Factory [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.militaryfactory.com>
4. Мировой рынок беспилотников / Преображенский Н. – Военное обозрение [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://topwar.ru/38994-mirovoy-rynok-bespilotnikov.html>
5. Рынок дронов в России и в мире, 2017 г. (беспилотные летательные аппараты, БЛА, БПЛА) [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://json.tv/ict\\_telecom\\_analytics\\_view/rynok-dronov-v-rossii-i-v-mire-2017-g-bespilotnye-letatelnye-apparaty-bla-bpla-20180427124557](http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/rynok-dronov-v-rossii-i-v-mire-2017-g-bespilotnye-letatelnye-apparaty-bla-bpla-20180427124557)
6. Стан та перспективи розвитку безпілотної літальної апаратури в Україні / Купріянова В. С., Матюшенко І. Ю. – Вісник економіки транспорту і промисловості № 50, 2015. – с. 334-340
7. Анализ мирового рынка высотных беспилотных летательных аппаратов большой продолжительности полета. / Шевыренков М. Ю. – Экономические стратегии № 2, 2016. – 12 с.
8. Peter van Blyenburgh - Unmanned Aircraft Systems. The current situation // EASA Workshop on UAV, EASA – 2008 [https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/ws\\_prod-g-doc-Events-2008-February-1-Overview-of-the-UAV-Industry-\(UVS\).pdf](https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/ws_prod-g-doc-Events-2008-February-1-Overview-of-the-UAV-Industry-(UVS).pdf)
9. Анализ статистических данных беспилотных летательных аппаратов вертолетного типа / А. Г. Гребеников, Т. Н. Середя, Т. П. Цепляева и др. – Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии №80, 2018 – с 5-22
10. Сайт Smithsonian National Air and Space Museum [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://airandspace.si.edu/>

11. Сайт Воздушных сил США [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.af.mil/>
12. Уголок неба – Большая авиационная энциклопедия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.airwar.ru/>
13. К вопросу проектирования беспилотного летательного аппарата для решения разведывательных задач на море / Трохов Д. А., Туркин И. К. – Электронный журнал «Труды МАИ» №78, 2014 – 18 с.

### References

1. Obshie vidy i kharakteristiki bespilotnykh letatel'nykh apparatov: sprav. posobie [General types and characteristics of unmanned aerial vehicles]. / A. G. Grebenikov, A. K. Myalitsa, V. V. Parfenyuk and others. – National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”, 2008, 377 p.
2. Airforce Technology, available at: <https://www.airforce-technology.com/>
3. Military Factory, available at: <https://www.militaryfactory.com>
4. Mirovoy rynek bespilotnikov [World Market of UAVs]. / Preobrajenskiy N. – Military Review, 2016, available at: <https://topwar.ru/38994-mirovoy-rynok-bespilotnikov.html>
5. Rynek dronov v Rossii i v mire, 2017 g. (bespilotnie letatel'nie apparaty, BLA, BPLA) [Drones market in Russia and in the world, 2017 (unmanned aerial vehicle, UAVs)], available at: [http://json.tv/ict\\_telecom\\_analytics\\_view/rynok-dronov-v-rossii-i-v-mire-2017-g-bespilotnye-letatelnye-apparaty-bla-bpla-20180427124557](http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/rynok-dronov-v-rossii-i-v-mire-2017-g-bespilotnye-letatelnye-apparaty-bla-bpla-20180427124557)
6. Stan ta perspektivi rozvitku bezpilotnykh lital'nykh aparativ v Ukraini [State and prospects of development of unmanned aerial vehicles in Ukraine] / Kurpiyanova V. S., Matyushenko I. Y. – Visnik ekonomiki transportu i promislovosti # 50, 2015, p. 334-340.
7. Analiz mirovogo ryanka vysotnykh bespilotnykh letatel'nykh apparatov bol'shoy prodoljitel'nosti poleta [Analysis of the Global Market of High Altitude Long Endurance (HALE) Unmanned Aerial Vehicles (UAV)] / Shevyrenkov M. Y. – Ekonomicheskie strategii # 2/2016, 2016, 12 p.
8. Peter van Blyenburgh - Unmanned Aircraft Systems. The current situation // EASA UAS Workshop – 2008, available at: [https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/ws\\_prod-g-doc-Events-2008-February-1-Overview-of-the-UAV-Industry-\(UVS\).pdf](https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/ws_prod-g-doc-Events-2008-February-1-Overview-of-the-UAV-Industry-(UVS).pdf)
9. Analiz statisticheskikh dannykh bespilotnykh letatel'nykh apparatov vertoletnogo tipa [Analysis of Statistical Data of Rotor Drones] / A. G. Grebenikov, T. N. Sereda, T. P. Tseplyaeva and others. – Otkrytye informatsionnye i komputernye integrirovannye tekhnologii #80, 2018, p 5-22.
10. Smithsonian National Air and Space Museum, available at: <https://airandspace.si.edu/>
11. USA Military Forces, available at: <https://www.af.mil/>
12. Ugolok neba – Bol'shaya aviatsionnaya encyclopedia [Corner of the sky – A large aviation encyclopedia], available at: <https://www.airwar.ru/>
13. K voprosu proektirovaniya bespilotnogo letatel'nogo apparata dlya resheniya razvedivatel'nykh zadach na more [On the issue of designing an unmanned aerial vehicle for solving reconnaissance missions at sea] / Trokhov D. A., Turkin I. K. – Elektroniyy jurnal “Trudy MAI” #78, 2014 – 18 p.

Поступила в редакцию 11.03.2019, рассмотрена на редколлегии 15.03.2019.

## **Аналіз сучасного стану розвитку висотних безпілотних літальних апаратів**

Розроблення безпілотних літальних апаратів має великий інтерес як для найбільших авіабудівних компаній, так і ентузіастів-проектувальників, і серед загального обсягу розробок обсяг висотних безпілотних апаратів займає одну з лідируючих позицій. У зв'язку з цим досить актуальною темою є аналіз існуючих напрацювань і визначення вектора майбутніх досліджень у цьому напрямку. Висотні безпілотні апарати мають широкий діапазон функцій як у сфері військового, так і цивільного використання.

У роботі зібрані та проаналізовані статистичні дані висотних безпілотних літальних апаратів типу "літак" для визначення досягнень в сфері проектування висотних безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Розглянуто діючу на даний момент класифікацію БПЛА, в результаті аналізу статистичних даних були запропоновані варіанти її розширення. Описані льотно-масові характеристики висотних БПЛА. Наведені діаграми і таблиці, що показують місце висотних БПЛА в загальній їх кількості. Крім того, визначені льотно-технічні характеристики, аеродинамічні схеми і тип двигуна, які найбільш раціонально підходять для висотних безпілотних літальних апаратів відповідно до їх призначення і класу.

**Ключові слова:** висотні БПЛА; льотно-технічні характеристики; тривалість польоту; аеродинамічна схема; двигун; компоновання.

## **Analysis of the current state of development of high-altitude unmanned aerial vehicles**

The development of unmanned aerial vehicles, at this time, is of great interest, both of the largest aircraft building companies and design enthusiasts, and among the total amount of development, the volume of high-altitude unmanned vehicles occupies one of the leading positions. In this regard, a very topical issue is the analysis of existing developments and the determination of the vector of future research in this direction. High-altitude unmanned vehicles have a wide range of functions, both in the field of military and civilian use.

The work collected and analyzed statistical data of high-altitude unmanned aerial vehicles to determine advances in the design of high-altitude unmanned aerial vehicles (UAVs). The current classification of UAVs was considered, as a result of the analysis of statistical data, options for its expansion were proposed. The flight characteristics of high-altitude UAVs are described. There are charts and tables showing the place of high-altitude UAVs in their total number. Also, flight performance, aerodynamic schemes and engine type, which are the most rational for high-altitude unmanned aerial vehicles according to their purpose and class, are defined.

**Key words:** high-altitude UAVs; flight performance; flight duration; aerodynamic design; engine; layout

### **Сведения об авторах:**

**Цепляева Тамара Павловна** – кандидат технических наук, профессор кафедры 103 «Проектирование самолетов и вертолетов», Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина, e-mail: [t.tseplyaeva@khai.edu](mailto:t.tseplyaeva@khai.edu).

**Мигунов Антон Юрьевич** – магистр кафедры 103 «Проектирование самолетов и вертолетов», группа 160МН, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина, e-mail: [migunov1au@gmail.com](mailto:migunov1au@gmail.com)