

УДК 629.735.33

А.В. АМБРОЖЕВИЧ, А.С. КАРТАШЕВ, В.Ю. СИЛЕВИЧ, А.А. ВОРОНЬКОВ

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОГО ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОБАЛЛИСТИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

На основании массива тактико-технических характеристик проведен анализ функциональных свойств представленной выборки малоразмерных беспилотных летательных аппаратов (БЛА) с использованием критериев массового совершенства, масштабной скорости и дальности. Произведена дифференциация групп БЛА по типу двигательной установки и системе старта. Получена явно выраженная сепарация на транспортные и скоростные летательные аппараты, а также разделение БЛА по типу двигательной установки, что обеспечивает возможность детерминированного принятия решений на стадии формирования облика объекта проектирования.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, критериальная оценка, тактико-технические характеристики, формирование облика, критериальное пространство.

Введение

Полная автоматизация процесса изготовления наукоемких изделий с использованием гибких технологических линий без подготовки производства является на данный момент свершившимся фактом. Тем самым создается предпосылка к достижению экономической оправданности выпуска изделий мелкими партиями либо в единственном экземпляре. В результате возникает потенциальная возможность совмещения в единственном экземпляре свойств опытного и серийного образцов. Для реализации такой возможности необходимо сделать столь же гибким и малозатратным процесс проектирования, что может быть осуществлено на основании формализованного анализа положительного опыта, осуществленного в известных образцах с использованием аппарата теории подобия и размерности [1].

Выпуск единичных образцов и мелких партий – явление, типичное для авиации и ракетной техники. Вне зависимости от программы выпуска при этом в первую очередь должна быть решена задача формирования облика транспортной составляющей (ТС) комплекса с летательным аппаратом (ЛА), т.е. системы планер – двигательная установка (ДУ) и средств ввода в полет.

Высокое качество проектных работ на этапе формирования облика ЛА на данном уровне развития доступно лишь только в рамках масштабных программ в области полноразмерной авиации. Многочисленные и весьма востребованные классы беспилотных авиационных комплексов с малоразмерными ЛА по этой причине довольствуются «эко-

номными» вариантами облика авиамodelей, т.е. «дешевой», но не «сердитой» ТС.

В области ракетной техники также имеется ряд проблем, связанных с повышением характеристик на фоне сильных массогабаритных ограничений и миниатюризацией ЛА. Например, в области авиационных ракетных комплексов класса «воздух – воздух» (ВВ) требует своего разрешения противоречие между многократно возросшей дистанцией обнаружения целей и значительно отстающей предельной дальностью стрельбы. Решение данной проблемы в рамках традиционного твердотопливного облика авиационной управляемой ракеты (АУР) без увеличения масштаба не имеет перспективы. Здесь необходимы изыскания в направлении оснащения АУР ВВ двигательными установками со сверхзвуковыми прямоточными воздушно-реактивными двигателями (СПВРД). Аналогичная ситуация сложилась и в области зенитно-ракетных комплексов малой дальности.

Системное решение названных и иных проблем формирования облика ЛА требует интенсификации процесса проектирования за счет создания детерминированных универсальных методов проектирования. В данном качестве критериальный анализ массивов тактико-технических характеристик (ТТХ) известных образцов позволяет с учётом масштабного фактора формальными средствами вывести облик ТС с заданными свойствами оперативности и помехозащищённости (оперативность – время, помехозащищённость – способность совершать полёт на заданную дальность в реальных условиях полета: ветрового сноса, противодействия противника и т.п.) [2].

Критериальный анализ

Критериальные комплексы отображают взаимосвязь свойств ТС. В развитие принципов и подходов [3] для проведения критериального анализа используется пространство, образованное показателями функциональной эффективности – аналогами КПД:

$$K_t = \frac{M_{пн} \cdot D \cdot R}{M_c \cdot M_T \cdot \xi \cdot H_u},$$

дополненное координатами, отображающими масштабный фактор ЛА:

$$\bar{w} = \left(\frac{(v/L)_{л.а.}}{(v/L)_{эт. л.а.}} \right)^3;$$

$$\bar{D} = \left(\frac{D}{L} \right)^3,$$

где K_t – коэффициент массового совершенства;

$M_c, M_{пн}, M_T$ – массы ЛА: стартовая, полезной

нагрузки, топлива;

D – дальность полета;

L – характерный размер ЛА;

R – сила тяги двигателя;

H_u, ξ – теплотворная низшая способность и коэффициент полноты сгорания условного топлива;

\bar{D}, \bar{w} – масштабные дальность и скорость полета;

$(v/L)_{эт. л.а.}$ – приведенная к масштабу ЛА эталонная скорость полета;

v – скорость полета ЛА.

Масштабная дальность полета отображает основное функциональное свойство ТС с БЛА независимо от типоразмера.

Масштабная скорость полета позволяет оценить скоростные возможности ТС вне зависимости от размера БЛА.

Возможности метода критериальных оценок, заданного в пространстве (1) – (2) продемонстрированы на примере выборки известных образцов БЛА в диапазоне стартовых масс 10...3000 кг [4, 5]. Для анализа выбирались ряды ТГХ крейсерских режимов полета. Результаты представлены в координатных системах $K_t - \bar{D}$, $K_t - \bar{w}$, $\bar{D} - \bar{w}$, $K_t - \bar{D} - \bar{w}$, отображающих влияние масштаба в соответствии с законом «квадрата-куба» (рис. 1 – 4), где \bar{D} и \bar{w} представлены в логарифмическом масштабе, а K_t – в линейном.

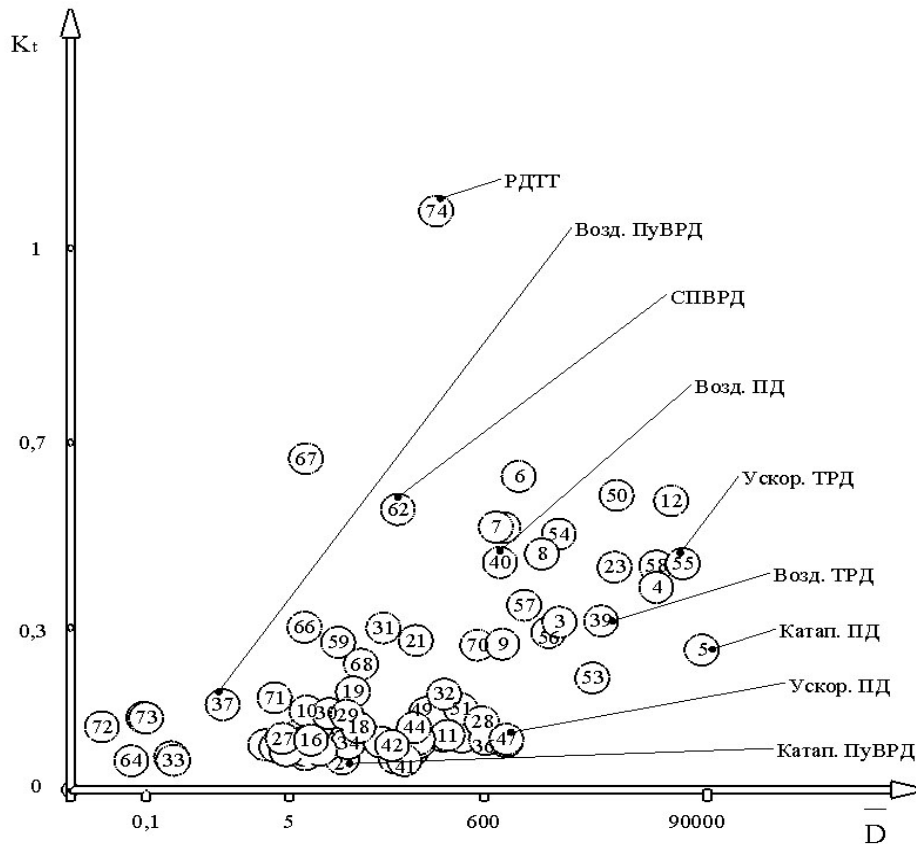


Рис. 1. Сепарация выборки образцов ТС по типам ДУ ЛА и системам старта в зависимости от транспортных возможностей и масштабных дальностей

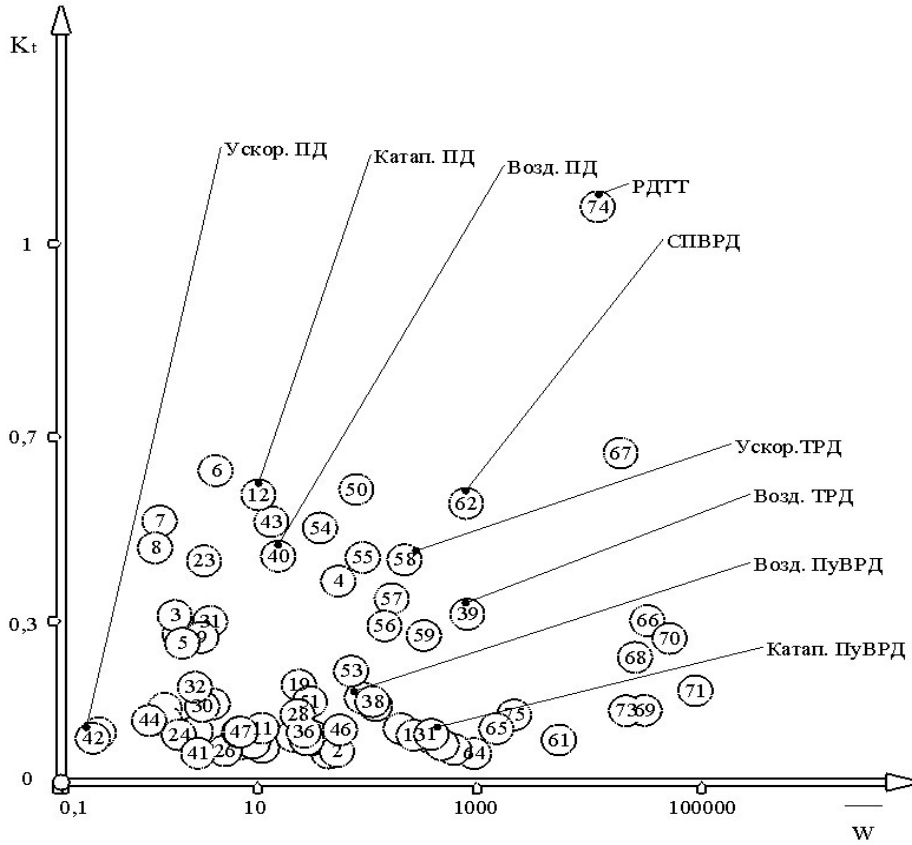


Рис. 2. Распределение транспортных функций БЛА и скоростных возможностей в зависимости от масштабного фактора

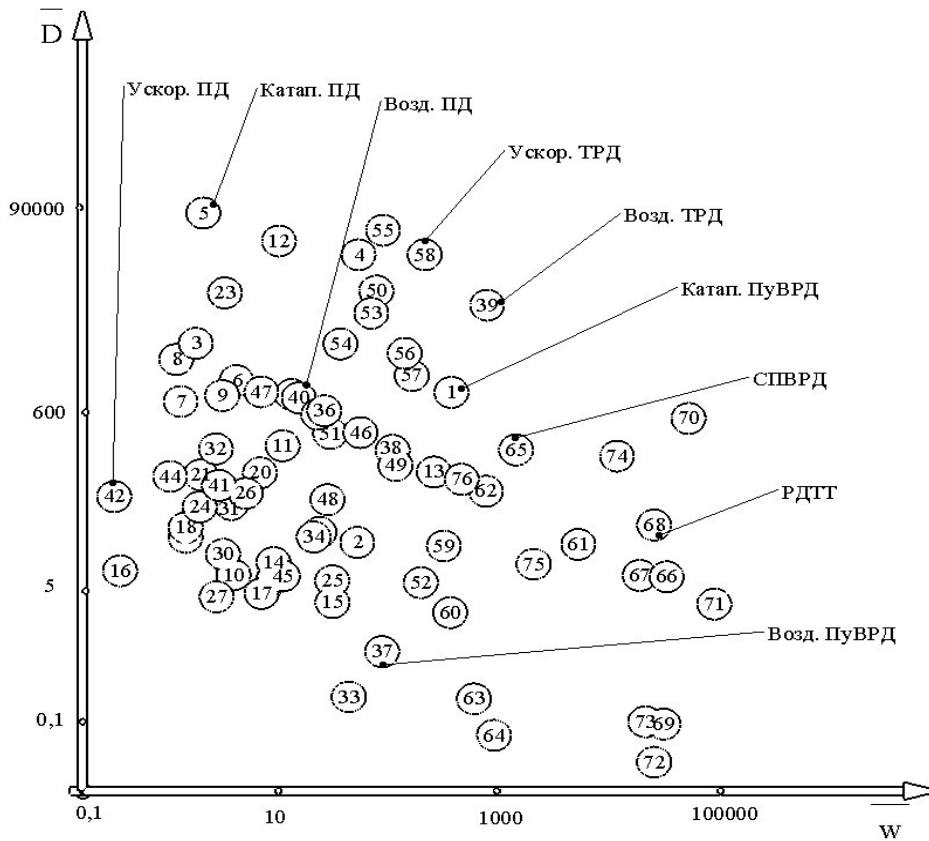


Рис. 3. Соотношение масштабных дальностей и скоростей БЛА

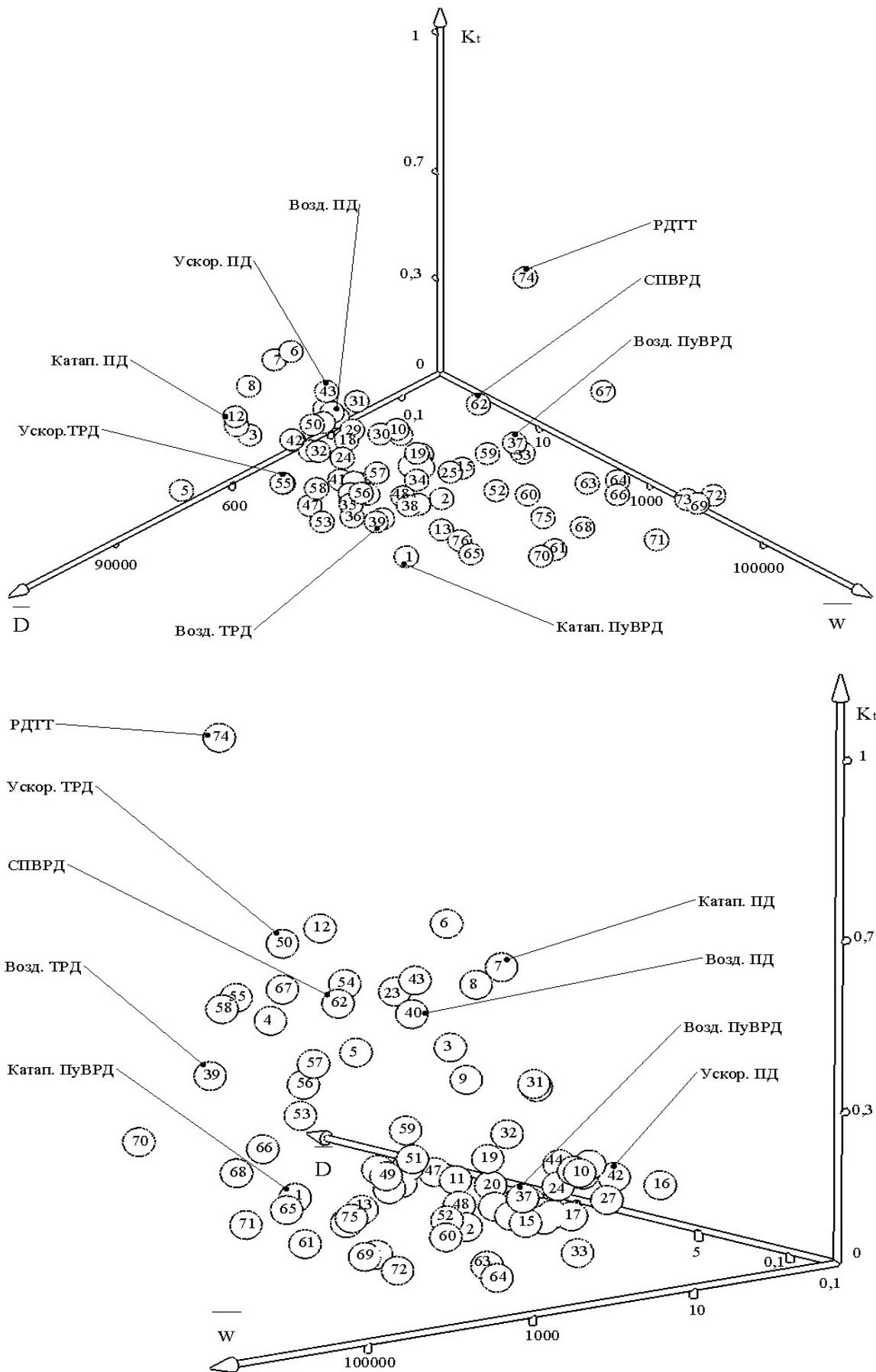


Рис. 4. Полный вид масштабного критериального пространства типов БЛА

Таблица 1

Сводные критериальные оценки БЛА

№	самолет	K_t	\bar{L}	\bar{W}
Каап. ¹⁾ ПуВРД ²⁾				
1	ЛА с ПуВРД	271,119	0,048	729,
2	E95M	34,474	0,009	13,49
Каап. ПД				
3	Грант	1,000	0,318	2688
4	Ремез А-3	35,478	0,396	28265
5	Silver fox	1,180	0,255	85659
6	Scan eagle	2,440	0,647	995,2
7	CL-18	0,718	0,532	571,9
8	CL-28	0,651	0,471	1749,5
9	шмель-1	1,787	0,268	669,9
10	Luna	2,287	0,117	5,694
11	Sparrow	6,722	0,062	176,3
12	Bat 3	6,202	0,592	40738
13	Boomerang	184,760	0,046	87,79
14	Micro-V	5,500	0,029	7,91
15	Альбатрос	20,027	0,036	2,73
16	I-View	0,190	0,052	6,351
17	Типчак	4,236	0,028	3,478
18	Scout	0,801	0,080	20,066
19	Avartek	15,024	0,160	17,661
20	Sperwer	4,088	0,053	85,869
21	Pioneer	1,114	0,276	81,326
22	Crecerelle	5,523	0,030	5,125
23	Кулон-2	1,898	0,442	10273
24	Ranger	1,092	0,047	34,674
25	Banshee	19,941	0,045	4,869
26	Shadow	2,980	0,011	49,693
27	Phoenix	1,581	0,055	3,180
28	Exdrone	14,617	0,093	406,4
29	Hermes 180	0,802	0,108	15,310
30	Пчела-1	1,818	0,111	9,840
31	DoDt-25	2,169	0,305	37,037
32	Fox AT-1	1,553	0,155	162,28
33	Scythe	28,641	0,006	0,223
34	МК-106 НИТ	13,292	0,044	15,625
35	Dragon Drone	14,617	0,100	406,44
Возд. ПуВРД				
36	Katydid KDH-1	16,746	0,053	447,18
37	Gordon CTV-N-4	59,360	0,131	0,741
Возд. ТРД				
38	ITALD ADM-141	74,898	0,123	156,12
39	MALD ADM-160	593,865	0,320	7392

№	самолет	K_t	\bar{L}	\bar{W}
Возд. ПД				
40	Radioplane MQM-33	9,580	0,452	631,42
Ускор. ПД				
41	ASN-206	1,666	0,005	61,507
42	RQ-5 Hunter	0,167	0,039	45,664
43	MQM-61A Shelduck	8,210	0,531	688,7
44	Meyromit Searcher	0,571	0,080	77,955
45	Taifun	6,753	0,019	5,544
46	Epervier Thomson	36,879	0,058	250,3
47	ASN-104	4,206	0,054	737,8
48	MQM-57 Falconer	17,924	0,036	42,081
Ускор. ТРД				
49	CL-289	79,666	0,114	104,4
50	Kalkara	52,424	0,604	10795
51	DoDt-35	19,030	0,122	244,14
52	TianJian-1	138,813	0,061	4,630
53	MQM-107 Streaker	46,986	0,192	5977
54	BQM-34 Firebee	23,833	0,517	2639
55	BQM-145A Peregrine	60,653	0,450	54075
56	MQM-74A Hazerim	97,440	0,294	2056,5
57	Mirach 100 Meteor	113,713	0,356	1136
58	BQM-74Chukar	150,767	0,444	28252
59	CL-89	229,639	0,272	12,289
СПВРД				
60	3М-80 «Москит»	263,9	0,041	2,087
61	Х-31П	4378,4	0,035	12,820
62	3М55Э Яхонт	577,9	0,572	52,734
63	3М8(2К11) Круг	443,8	0,014	0,211
64	3М9 Куб	690,3	0,005	0,080
65	КС-172(2 ступени)	1121,7	0,061	157,9
РДТТ				
66	P-27Т	30288	0,306	5,422
67	P-27ЭТ	16836	0,687	5,619
68	PBV-AE / P-77	23095	0,223	21,433
69	P-60	28405	0,103	0,108
70	P-37	49085	0,266	364,4
71	P-73	86290	0,147	2,624
72	Игла	23095	0,082	0,039
73	Стрела-2М	19029	0,102	0,115
74	5В27	10217	1,245	133,6
75	GQM-163Coyote	1646,4	0,092	7,579
76	Teal KDT-1	339,6	0,025	72,3

¹⁾ Принятые сокращения по системам старта: Каап. – катапультный старт, Возд. – воздушный старт (с носителя), Ускор. – старт при помощи разгонных блоков – ускорителей.

²⁾ Тип двигательной установки: ПуВРД – пульсирующий воздушно-реактивный двигатель, ПД – поршневой двигатель, ТРД – турбореактивный двигатель, СПВРД – сверхзвуковой прямоточный ВРД, РДТТ – твердотопливный ракетный двигатель.

Заключение

Предложенные критериальные пространства (рис. 4) позволяют получить отчетливую сепарацию групп ТС с БЛА по транспортным свойствам в зависимости от типа ДУ и способа ввода в полёт (рис. 1, табл. 1), а также разделение на транспортные и скоростные категории (рис. 2 – 3). Таким образом, предложенный метод обеспечивает необходимый для принятия решений об облике ТС с БЛА набор априорных оценок, что позволяет исключить субъективизм и придать ранним стадиям проектирования детерминированный характер.

Литература

1. *Карташев А.С. Формирование аэродинамического облика малоразмерного скоростного беспилотного летательного аппарата: дис. канд. техн. наук: 05.07.01; защищена 05.12.2008; утв. 14.04.09 / Карташев Андрей Сергеевич. – Х., 2008. – 182 с.*

2. *Амброжевич А.В. Формирование облика легких беспилотных летательных аппаратов методом подобия / А.В. Амброжевич, А.С. Карташев, С.А. Яшин // Авиация и космонавтика. – 2004. – № 5 (13). – С. 54-58.*

3. *Авилов И.С. Критериальные оценки энергетического совершенства пусковых устройств легких беспилотных летательных аппаратов / И.С. Авилов, А.В. Амброжевич, В.А. Середа // Авиационно-космическая техника и технология. – 2007. – № 2 (38). – С. 15-19.*

4. *Карташев А.С. Критериальный метод выбора тактико-технических характеристик и формирование облика малоразмерного летательного аппарата / А.С. Карташев // Автомобильный транспорт. – 2007. – Вып. 21. – С. 82-86.*

5. *Середа В.А. Метод формирования облика наземных пусковых устройств беспилотных летательных аппаратов: дис. канд. техн. наук: 05.07.06; защищена 23.10.2009; утв. 10.02.2010 / Середа Владислав Александрович. – Х., 2009. – 176 с.*

Поступила в редакцию 1.02.2011

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф., проф. каф. проектирования авиационных двигателей А.В. Бастеев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

ВИЗНАЧЕННЯ ОБЛАСТЕЙ ДОЦІЛЬНОГО ЗАСТОСУВАННЯ АЕРОБАЛІСТИЧНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З РІЗНИМИ ТИПАМИ ДВИГУННИХ УСТАНОВОК

О.В. Амброжевич, А.С. Карташев, В.Ю. Сілевич, О.О. Вороньков

На основі масиву тактико-технічних характеристик проведено аналіз функціональних властивостей представленої вибірки малорозмірних безпілотних літальних апаратів (БЛА) з використанням критеріїв масової досконалості, масштабної швидкості і дальності. Проведена диференціація груп БЛА за типом рушійної установки та системам старту. Отримано явно виражену сепарацію на транспортні та швидкісні літальні апарати, а також поділ БЛА по типу рушійної установки, що забезпечує можливість детермінованого прийняття рішень на стадії формування вигляду об'єкта проектування.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, критериальна оцінка, тактико-технічні характеристики, формування вигляду, критериальний простір.

THE FIELD DEFINITION OF EXPEDIENT USAGE OF AEROBALLISTIC AIRCRAFT WITH VARIOUS PROPULSION SYSTEM TYPES

A.V. Ambrożewicz, A.S. Kartashev, V.Y. Silevich, A.A. Voronkov

The functional property analysis of the low-sized unmanned flying vehicles (UAV) submitted sample on the basis of a tactics-technique characteristics list with usage mass perfection, scale speed and range ability criteria is realized. The differentiation UAV into groups is made by the propulsion system and system of start types. The obviously expressed separation on transport and high-speed flying devices is received, and also division of UAV's by the propulsion system, that provides an opportunity of the determined acceptance of the decisions at object of designing formation shape stage.

Key words: unmanned air vehicle, criterion estimation, tactics-technique characteristics, shape formation, criterion space.

Амброжевич Александр Владимирович – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры ракетных двигателей, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Карташев Андрей Сергеевич – канд. техн. наук, ст. научн. сотр. кафедры ракетных двигателей, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Силевич Владимир Юрьевич – аспирант кафедры ракетных двигателей, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: bob4ik84@mail.ru.

Вороньков Алексей Александрович – аспирант кафедры ракетных двигателей, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.