

УДК 629.735.33

М.В. АМБРОЖЕВИЧ, А.С. КАРТАШЕВ, В.А. СЕРЕДА, С.А. ЯШИН

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

КРИТЕРИАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВА ПРОЦЕССА ВЫВЕДЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ АЭРОДРОМНОГО СТАРТА

Приведены оценки по выбору оптимальной транспортной системы (ТС) с помощью разработанной методологии сравнения энергетического совершенства процесса выведения беспилотных летательных аппаратов (БЛА) аэродромного старта на основании общих подходов теории размерности и подобия. На основании представленного анализа графических результатов исследования освещена ситуация в классе БЛА аэродромного базирования. Выявлены приоритетные направления аэрокосмической техники (АКТ), в которых происходит актуальное развитие ТС данного класса. Изложены основные направления практического применения методики.

Ключевые слова: аэродромный старт, беспилотный летательный аппарат, взлетно-посадочная полоса, двигательная установка, допустимая перегрузка, метод размерностей и подобия, критерии подобия, энергетическое совершенство.

Введение

Проявившаяся в последнее десятилетие тенденция к освоению класса тяжелых беспилотных летательных аппаратов (БЛА) нашла свое проявление в характерном их самолетном облике, включая аэродромное базирование. Особенностью аэродромного старта (АС) является использование энергетических ресурсов собственной двигательной установки (ДУ) при разбеге и наборе высоты, что в значительной степени влияет на облик беспилотного комплекса в целом.

В завершение цикла статей [1–3], посвященных энергетическому совершенству транспортных систем с различными принципами ввода в полет и траекторного поддержания, представлены критериальные оценки энергетического совершенства процесса выведения (ЭСПВ) БЛА АС.

1. Критерии энергетического совершенства процесса ввода в полет БЛА аэродромного старта

По аналогии с [1–6] совершенство фазы выведения БЛА АС может оцениваться отношением работы обеспечения маршевой скорости и высоты полета к общим траекторным затратам энергии.

$$K_B = \frac{E_K + E_{II}}{E_3} = \frac{\frac{mv^2}{2} + mgH}{FD}, \quad (1)$$

где E_K , E_{II} , E_3 – энергии: кинетическая, потенци-

альная (затраченная на набор высоты) и суммарная траекторная; m – масса БЛА; H , D – практический потолок и максимальная практическая дальность полета; F – среднеинтегральная тяга ДУ; v – крейсерская скорость полета БЛА; g – ускорение свободного падения.

В соответствии с [1–6] облик БЛА АС определяется следующим комплексом критериев:

1) масштабным числом Рейнольдса, характеризующим скоростной режим обтекания вязким потоком:

$$Re = \frac{v_{max} L_{ЛЛ}}{v}, \quad (2)$$

где $L_{ЛЛ}$ – характерный линейный размер БЛА; v – коэффициент кинематической вязкости для соответствующей высоты полета;

2) тяговооруженностью БЛА:

$$P = \frac{F}{mg}; \quad (3)$$

3) максимальным значением числа Маха, служащим для оценки влияния волнового сопротивления:

$$M_{max} = \frac{v}{a}; \quad (4);$$

4) относительной дальностью полета в длинах корпуса БЛА, отображающей транспортное совершенство вне зависимости от масштабного фактора:

$$\lambda = \frac{D}{L_{ЛЛ}}. \quad (5)$$

На рис. 1–4 представлено развитие транспортного совершенства БЛА аэродромного старта [7–10]

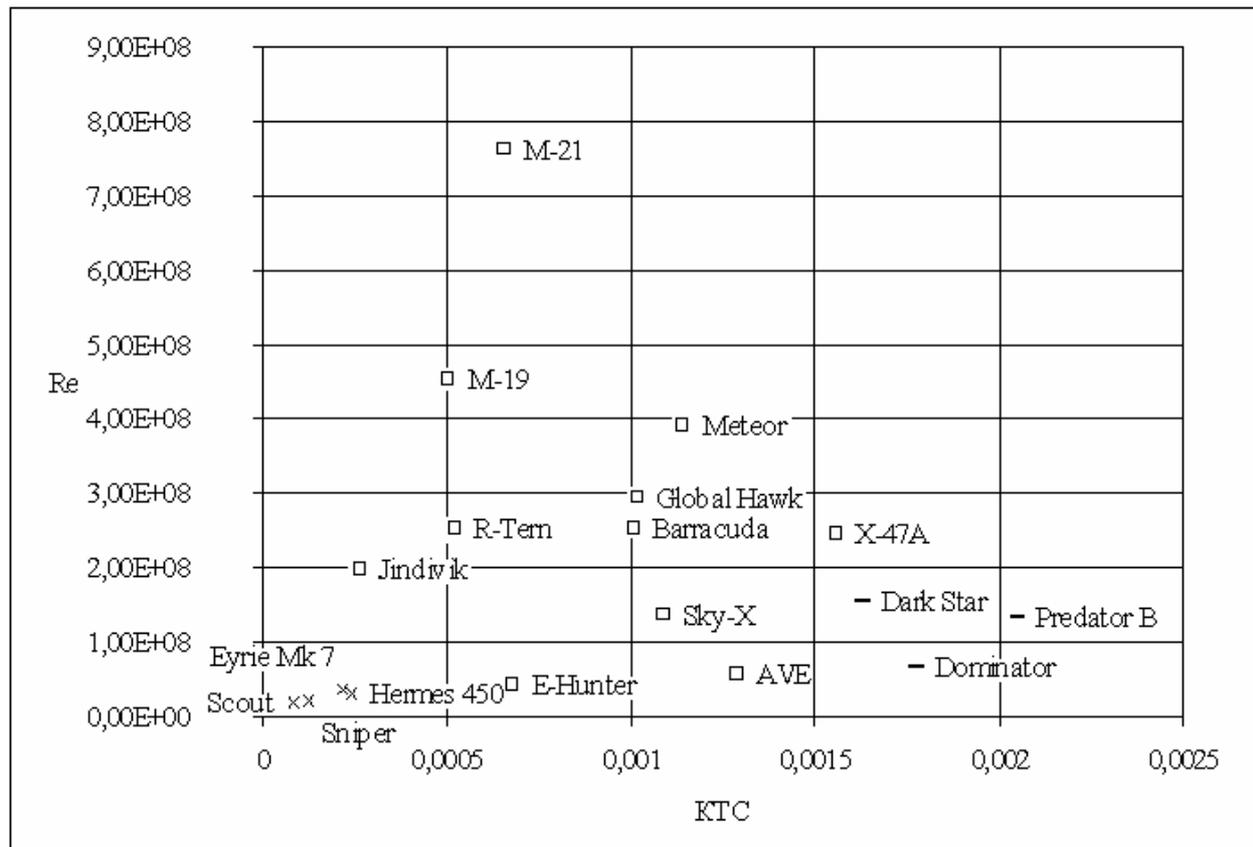


Рис. 1. Зависимость ЭСПВ БЛА АС от характерного числа Рейнольдса

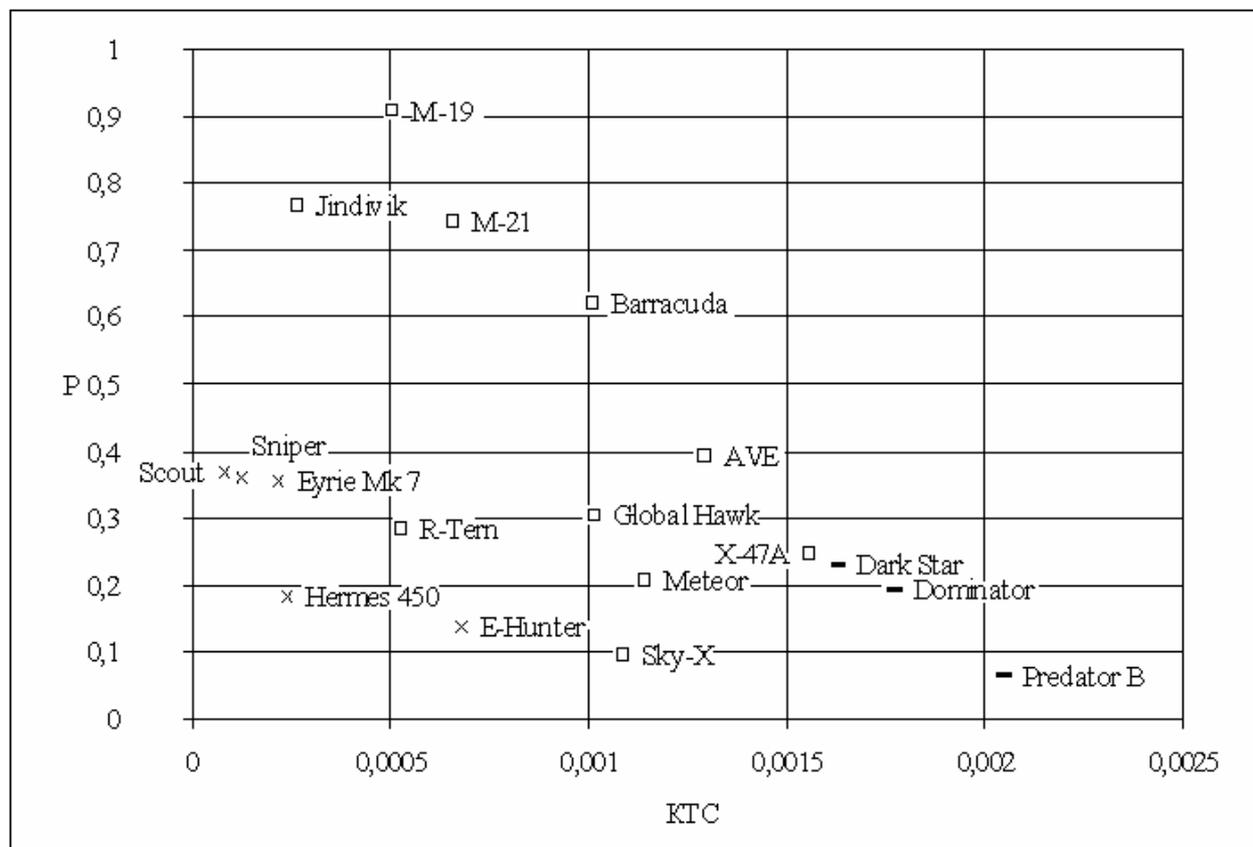


Рис. 2. Зависимость ЭСПВ БЛА АС от тяговооруженности

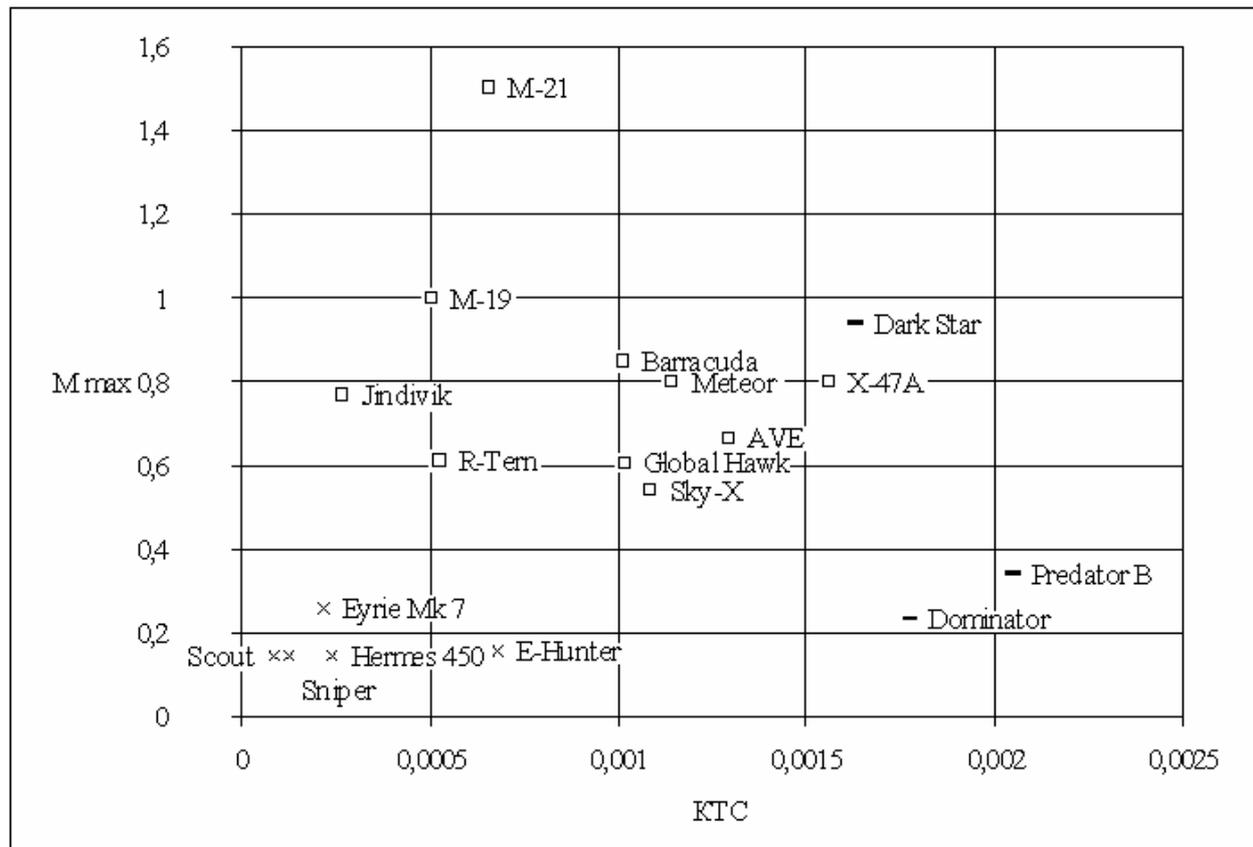


Рис. 3. Зависимость ЭСПВ БЛА АС от максимальной скорости полета

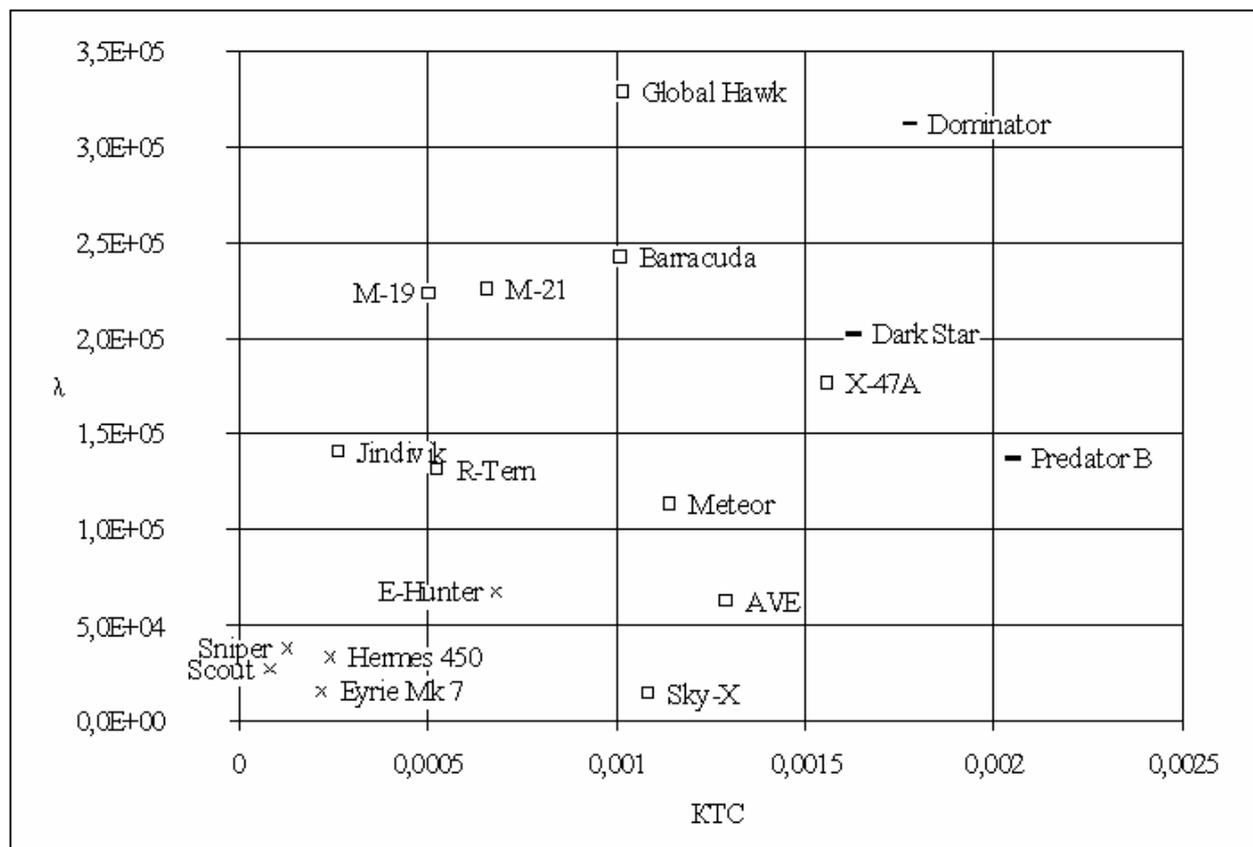


Рис. 4. Зависимость ЭСПВ БЛА АС от относительной дальности полета.
 Тип ДУ БЛА: □ – ТРД, × – ПД, - – ТВД

с использованием предложенного набора критериальных комплексов (1) – (5).

2. Анализ ситуации в классе БЛА аэродромного базирования

Комплекс критериев подобия (1) – (5) позволяет получить общего вида оценки процесса выведения представительной выборки известных на данный момент образцов БЛА аэродромного старта (рис. 1 – 4), комментариев к которым приведен ниже.

2.1. Критерий (2) определяет рост ЭСПВ совершенства БЛА при увеличении максимального скоростного режима обтекания (рис. 1), что достигается увеличением линейных размеров аппарата и, как следствие, наращиванием стартовой массы.

2.2. Критерий (3), позволяющий оценить целесообразность применения того или иного типа ДУ на БЛА АС (рис. 2) свидетельствует о высокой динамике роста ЭСПВ аппаратов с турбореактивными ДУ (Х–47А, Global Hawk и т.д.). Низкие результаты показывают БЛА с поршневыми винтомоторными ДУ в связи с исчерпанием потенциала их развития (Hermes 450, Hunter и т.д.).

2.3. Вполне конкурентоспособны БЛА с турбовинтовыми двигателями (Dark Star, Predator В, Dominator), что связано с высокими пропульсивными характеристиками, топливной экономичностью, массовым совершенством данного типа ДУ в собственном диапазоне дозвуковых скоростей.

2.4. БЛА АС неизменяемой траекторной конфигурации, т.е. использующие в процессе ввода в крейсерский полет энергетические ресурсы собственной ДУ, демонстрируют наивысшие показатели ЭСПВ в умеренном диапазоне скоростей: $M=0,6...0,9$ (рис. 3).

2.5. Критерий (5) свидетельствует о невысокой дальности полета БЛА АС вообще (рис. 4), что обусловлено спецификой запуска. Взлет аппарата с ВПП под малым углом требует значительного участка для набора высоты, что приводит к большим расходам бортового запаса горючего. Применение наземного пускового устройства, где это возможно, обеспечивает значительные энергетические выгоды. К примеру, БЛА Shadow, стартующий с помощью мощной гидравлической катапульты, имеет максимальную практическую дальность полета 125 км, что на 25 км больше, чем у БЛА АС такого же класса Scout [8].

2.6. Можно выделить группу БЛА (Sniper, Hermes 450 и т.д., рис. 1 – 4), относительно низкие летные характеристики которой очевидным образом объясняются неприоритетным отношением разработчиков к совершенству процесса выведения.

2.7. Лишь некоторые образцы БЛА АС (Global Hawk, Dominator) демонстрируют высокие показатели в связи с тем, что при их проектировании взаимосвязанные характеристики ЭСПВ и дальности рассматривались в качестве приоритетных.

2.8. Для БЛА АС характерны низкие значения допустимой перегрузки, что свидетельствует о возможности применении относительно недорогого БРЭО.

Заключение

I. Аппарат критериальных комплексов [1 – 6] в силу своей общефизической основы универсально применим к различным классам транспортных систем, включая БЛА АС.

II. Предложенный набор предметно ориентированных критериальных оценок (1) – (5) может служить методологической основой ранних стадий НИОКР, включая:

II.I. выработку адекватного подхода к решению частной задачи проектирования БЛА АС как основного элемента транспортной системы путем выявления приоритетных направлений достижения энергетического совершенства;

II.II. формирование облика БЛА АС, как совокупности аэродинамических и пропульсивных свойств системы планер + ДУ на основании располагаемого научно-технического задела путем критериальной обработки ТТХ и последующего анализа технических решений, воплощенных в известных образцах.

III. Критериальные комплексы (1) – (5) могут быть использованы для получения оценки сложившейся ситуации в подклассе БЛА АС и прогноза развития его функциональных подгрупп.

Литература

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

2. Амброжевич М.В. Критериальные оценки транспортного совершенства беспилотных летательных аппаратов воздушного старта / М.В. Амброжевич, А.С. Карташев, В.А. Серeda, С.А. Яшин // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2007. – № 6 (42). – С. 33-37.

3. Амброжевич М.В. Критериальные оценки энергетического совершенства двухступенчатых беспилотных летательных аппаратов / М.В. Амброжевич, А.С. Карташев, В.А. Серeda, С.А. Яшин // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2008. – № 3 (50). – С. 51-55.

4. Амброжевич М.В. Критериальные оценки транспортного совершенства летательных аппаратов с баллистическими и орбитальными траекториями полета / М.В. Амброжевич, А.С. Карташев, С.А. Яшин // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2006. – № 4 (30). – С. 25-30.

5. Амброжевич М.В. Критериальные оценки энергетического совершенства атмосферных ракетных летательных аппаратов / М.В. Амброжевич, А.С. Карташев, С.А. Яшин // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2006. – № 5 (31). – С. 21-29.

6. Амброжевич М.В. Критериальные оценки транспортного и скоростного совершенства аэродинамических летательных аппаратов / М.В. Амброжевич, А.С. Карташев, С.А. Яшин // *Авиационно-*

но-космическая техника и технология. – 2006. – № 6 (32). – С. 19-23.

7. Василин Н.Я. Беспилотные летательные аппараты / Н.Я. Василин – Мн.: ООО «Попурри», 2003. – 272 с.

8. Сведения о БЛА [Электронный ресурс]. Уголков неба. Виртуальная авиационная энциклопедия. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.airwar.ru/bpla.html>.

9. Сведения о БЛА [Электронный ресурс]. Designation-Systems.Net. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.designation-systems.net/dusrm/index.html>.

10. Сведения о БЛА [Электронный ресурс]. Israeli Weapons. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.israeli-weapons.com/weapons/aircraft/uav>.

Поступила в редакцию 27.11.2008

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф., проф. кафедры аэрокосмической теплотехники А.В. Бастеев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

КРИТЕРІАЛЬНІ ОЦІНКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ДОСКОНАЛОСТІ ПРОЦЕСУ ВИВЕДЕННЯ БЕСПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ АЕРОДРОМНОГО СТАРТУ

М.В. Амброжевич, А.С. Карташев, В.О. Середя, С.А. Яшин

Наведені оцінки з вибору оптимальної транспортної системи (ТС) за допомогою розробленої методології порівняння енергетичної досконалості процесу виведення безпілотних літальних апаратів (БЛА) аеродромного старту на підставі загальних підходів теорії розмірностей і подібності. На підставі наведеного аналізу графічних результатів дослідження висвітлена ситуація у класі БЛА аеродромного базування. Виявлені пріоритетні напрямки аерокосмічної техніки (АКТ), в яких відбувається актуальний розвиток ТС даного класу. Викладені основні напрямки практичного застосування методики.

Ключові слова: аеродромний старт, безпілотний літальний апарат, злітно-посадкова смуга, рушійна установка, припустиме перевантаження, метод розмірностей і подібності, критерії подібності, енергетична досконалість.

CRITERIAL ESTIMATIONS OF POWER PERFECTION OF PROCESS OF LEADING OF UNMANNED AERIAL VEHICLE OF AERODROME START

M.V. Ambrozhevitich, A.S. Kartashev, V.A Sereda, S.A. Yashin

Estimations are resulted at the choice of optimum transport system (TS) with the help of the developed methodology of comparison of power perfection of process of leading of unmanned aerial vehicle (UAV) of aerodrome start on the basis of the general approaches of the theory of dimension and similarity. On the basis of the submitted analysis of graphic results of research, the situation in class UAV of aerodrome basing is covered. Priority directions of objects aerospace technics (AST) in which there is an actual development of TS of the given class are revealed. The basic directions of practical application of a technique are stated.

Key words: aerodrome start, unmanned aerial vehicle, runaway, propulsion device, permissible overload, method of dimension and similarity, criteria of similarity, energy perfection.

Амброжевич Майя Владимировна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры аэрокосмической теплотехники, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Карташев Андрей Сергеевич – научный сотрудник кафедры ракетных двигателей, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: Ankara@ukr.net.

Середя Владислав Александрович – аспирант кафедры ракетных двигателей, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: Sereda_Vlad@ukr.net.

Яшин Сергей Анатольевич – заведующий отделом проектно-конструкторских работ, НИИ ПФМ Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.