

УДК 629.735.33

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

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

## КРИТЕРИАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ СКОРОСТНОГО И ТРАНСПОРТНОГО СОВЕРШЕНСТВА АВИАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ПРИМЕНЕНИЯ

*На основании теории размерности и подобия получены критерии транспортного и скоростного совершенства авиационных средств поражения (АСП) дистанционно применения. В виде графического материала представлены результаты применения правила норм на множестве АСП. Изложен сопоставительный анализ технических решений АСП в критериальном пространстве, а также выявлены приоритетные направления аэрокосмической техники, в которых происходит актуальное развитие транспортных систем данного класса. Показано, что предложенные критериальные оценки дают основания пересмотреть место и роль планирующих авиабомб в классе АСП.*

**Ключевые слова:** авиационные средства поражения, планирующая авиабомба, транспортное и скоростное совершенство, метод размерности и подобия, критерии подобия.

### Введение

Небезызвестная доктрина дистанционной войны, впервые сформулированная генералом Д. Дуэ в 20-х годах XX в. [1], не смотря на весьма «солидный» стаж и смену многих поколений технических средств вооруженной борьбы, до настоящего времени не получила вполне удовлетворительного воплощения. Несмотря на рекламные усилия высокотехнологичной стороны–агрессора, опыт последних военных конфликтов в Югославии, Ираке, Афганистане нельзя признать успешным в части реализации задекларированных возможностей высокоточного оружия (ВТО) главным образом по причине быстрого исчерпания и невозможности своевременного восполнения его запасов [2]. Дальнейшее развитие событий, как известно [3], закономерно шло по пути эскалации вовлечения сил и средств обычного типа, включая человеческие ресурсы, т.е. по «несовременному» сценарию. Объективные причины такого положения (иные здесь не рассматриваются) следует искать в сфере экономики производства и способах применения. Известные системы ВТО, как правило, являются неоправданно дорогостоящими с точки зрения их боевой эффективности, что объясняется порочными концептуальными факторами формирования облика, наследуемыми в результате конверсионного происхождения от ядерного оружия, к которому массовое производство, по определению, не имеет отношения. Таким образом следует констатировать наличие нерешенной проблемы системного формирования облика средств дистанцион-

ной войны, главным образом в виде авиационных средств поражения (АСП).

В рамках решения указанной проблемы в настоящей статье предложен метод получения экспертных оценок эффективности АСП, основывающийся на распространении универсального подхода [1–5] на дополнительный класс комплексов с аэродинамическими и аэробаллистическими летательными аппаратами (ЛА), вводимыми в полет счет энергетике самолета–носителя (СН). К данной категории относятся неуправляемые авиационные ракеты (НАР), управляемые авиационные ракеты класса «воздух–поверхность» (АУР ВП) и планирующие авиабомбы (ПАБ). В данном случае оценивается совершенство второй ступени транспортной системы (ТС), т.е. АСП дистанционного применения, а учет параметров СН осуществляется в виде придаваемых ЛА начальных высот и скоростей.

### Критерии транспортного и скоростного совершенства АСП

Совершенство любой технической системы характеризуется соотношением полезных и затратных функций в эквивалентном выражении, т.е. разнообразными КПД [1–5]. Применительно к ТС подобные оценки образуются соотношением траекторной работы по перемещению полезной нагрузки (ПН) ( $A_e$ ) к соответствующим энергетическим затратам  $E_z$  и выражаются коэффициентом транспортного совершенства:

$$K_{TC} = \frac{A_e}{E_\Sigma}. \quad (1)$$

В случае планирующих БЛА воздушного старта траекторная работа совершается против силы аэродинамического сопротивления:

$$A_e = \frac{m_{ПН} g D}{k}, \quad (2)$$

а энергетические затраты складываются из потенциальной и кинетической энергии введения в полет, дополненных располагаемой теплотворной способностью топлива:

$$E_\Sigma = m_{БЛА} \left( gh_{сбр} + \frac{V^2}{2} \right) + m_T H_U, \quad (3)$$

где  $m_{ПН}$  – масса ПН;  $m_{БЛА}$  – масса БЛА;  $m_T$  – масса топлива АСП;  $D$  – дальность полета АСП;  $h_{сбр}$  – высота сброса ЛА с СН;  $k = \frac{c_Y}{c_X}$  – аэродинамическое качество АСП;  $g$  – ускорение свободного падения;  $H_U$  – теплотворная способность топлива.

В случаях, когда достижение высоких траекторных скоростей является принципиальным условием функционирования ЛА (в т.ч. ПАБ), энергетическое совершенство следует дополнительно охарактеризовать критерием скоростного совершенства:

$$K_{CC} = \frac{m_{ПН} \bar{V}^2}{2E_\Sigma}, \quad (4)$$

где  $\bar{V}$  – средняя траекторная скорость АСП.

### Сопоставительный анализ аналогов в критериальном пространстве

На рис. 1 приведены оценки транспортного (а) и скоростного (б) совершенства АСП дистанционного применения [6–9] (с небаллистической траекторией полета в отличие от авиабомб (АБ) свободного падения) в зависимости от относительной массы ПН ( $\tilde{m}$ ) и числа Маха ( $M_{max}$ ). Значительные отличия по критерию транспортного совершенства позволяют выделить два подкласса: низкого уровня – НАР, АУР ВП, ПРЛС АУР, ПКР и высокого – КР, ПАБ и КАБ (рис. 1 а), в котором последние демонстрируют рекордные характеристики.

Из условий визуального прицеливания транспортное совершенство НАР не является приоритетной функцией проектирования и находится на самом низком уровне в рассматриваемом классе авиационных средств поражения.

НАР представлены наиболее компактной группой. По значениям критерия  $K_{TC}$  АУР ВП несколько опережают НАР, но их массовое совершенство ниже ввиду наличия на борту аппаратуры наведения. В целом наилучшими показателями отличаются ПРЛС АУР, так как помимо боевой части (БЧ) на борту размещается соизмеримая по массе система наведения. КР с турбореактивными двигателями (ТРД), имеют наилучший баланс транспортного и массового совершенства. ПАБ, в свою очередь, обладают в два раза большим массовым и в то же время транспортным совершенством по сравнению с КР.

На рис. 1 (б) продемонстрировано развитие скоростного совершенства в зависимости от  $M_{max}$ .

Низкое скоростное совершенство и характерные скорости полета НАР отображают условие залпового применения по групповым целям с минимально необходимым уровнем кинетической энергии для обеспечения заданных показателей рассеивания. По значению критерия стоимость–эффективность КР сопоставимы с ПАБ, так как высокая скорость подлета к цели первых, обеспечивающая повышение вероятности преодоления противодействия ПВО, достигается высокой стоимостью ракет. КР лежат в узком интервале скоростного совершенства, обладая при этом самым широким диапазоном максимальной скорости полета.

Вообще, трудности в ограничении зон ответственности классов свидетельствует об ориентации на транспортное совершенство при проектировании новых объектов АСП. В каждом классе с ростом скоростного совершенства намечена прямая зависимость увеличения чисел  $M_{max}$ , что наиболее сильно проявляется в классе ПРЛС АУР. Кроме того, этот тип АСП обладает самым широким диапазоном скоростей полета, что свидетельствует о «плюрализме» концепций проектирования в данной группе.

Уровень скоростного совершенства ПКР на данный момент не удовлетворителен. Следовательно, функциональной доминантой при выборе облика ПКР является повышение скоростного совершенства примерно до уровня группы ПРЛС АУР.

Свойства ПАБ подтверждают термин «планирующая» – максимальная их скорость полета – наименьшая во всех представленные группах ЛА (рис. 1 б), но, несмотря на это, по скоростному совершенству некоторые моторизованные образцы превосходят КР. В силу худших скоростных характеристик уязвимость ПАБ выше, но в таких условиях наносимый противнику ущерб за счет расходования дорогостоящего боекомплекта ПВО оправдывает стоимость потерянных ПАБ.

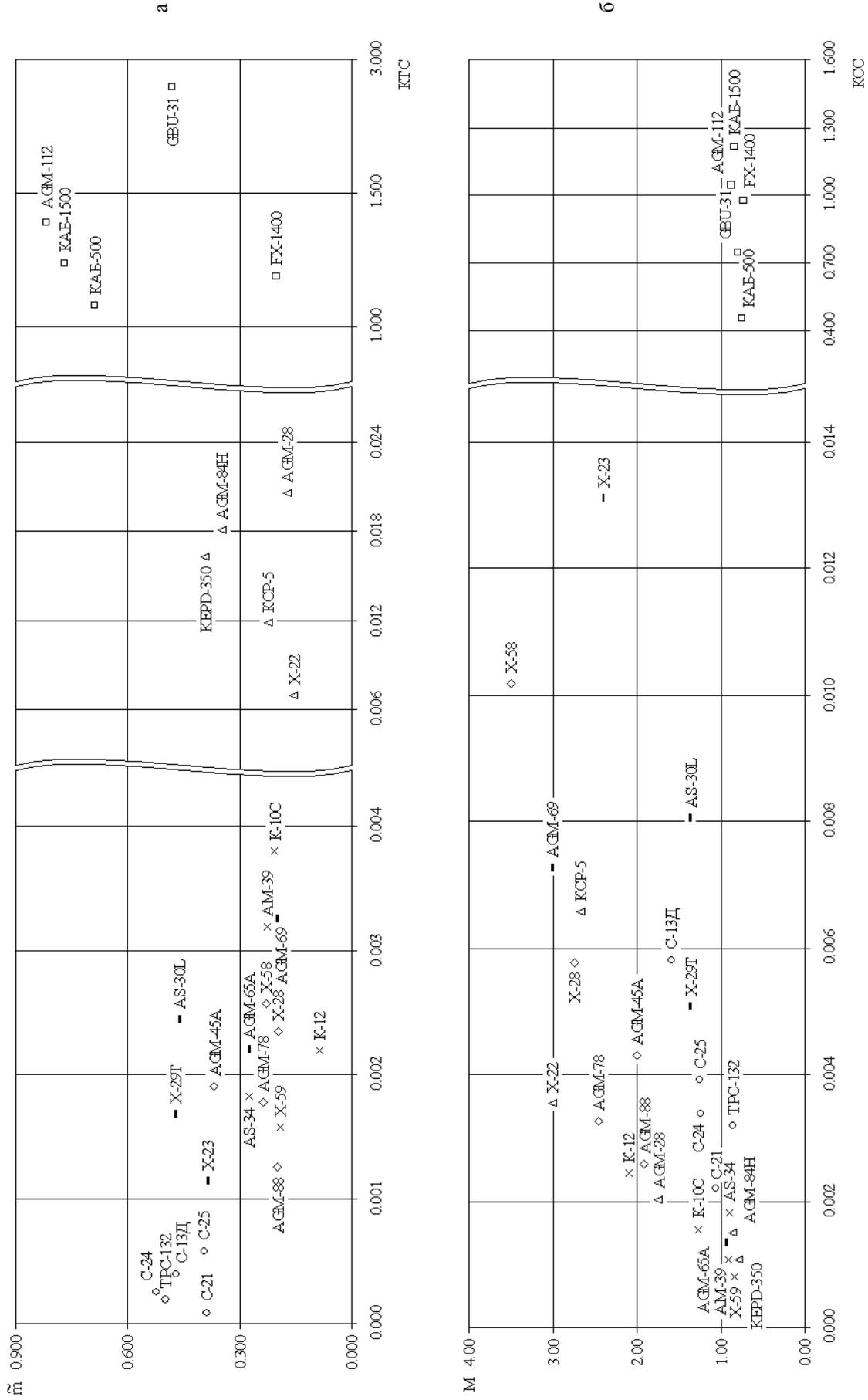


Рис. 1. Транспортное (а) и скоростное (б) совершенство АСП дистанционного применения в зависимости от коэффициента ПН и числа Маха.

На рис. 2 представлена качественная характеристика АСП дистанционного применения, определяющая преобладание транспортной или скоростной функции путем нормирования диаметра метки. Для всех ЛА характерно падение максимальной скорости полета с увеличением массового совершенства. Пузырьковая диаграмма также сохраняет обособленность групп: НАР, АУР ВП, ПРЛС имеют наименьший диаметр метки и располагаются над КР, ПАБ, ПКР; причем скорость убывания чисел  $M$  во второй группе выше. Самым узким диапазоном по

характерным параметрам обладают НАР, что однозначно отражает их функциональную специфику. В каждой группе имеются рекордные ЛА с ярко выраженной характерной функцией. Так, в первой выделяются НАР (С-21, ТРС-132), обладающие высоким массовым совершенством на фоне преобладающей скоростной функции. Во второй группе также присутствуют ЛА с резко выраженной транспортной функцией (КР АГМ-84, КЕРД-350). Скоростной потенциал ПАБ наращивается моторизаций (например, Hs.293).

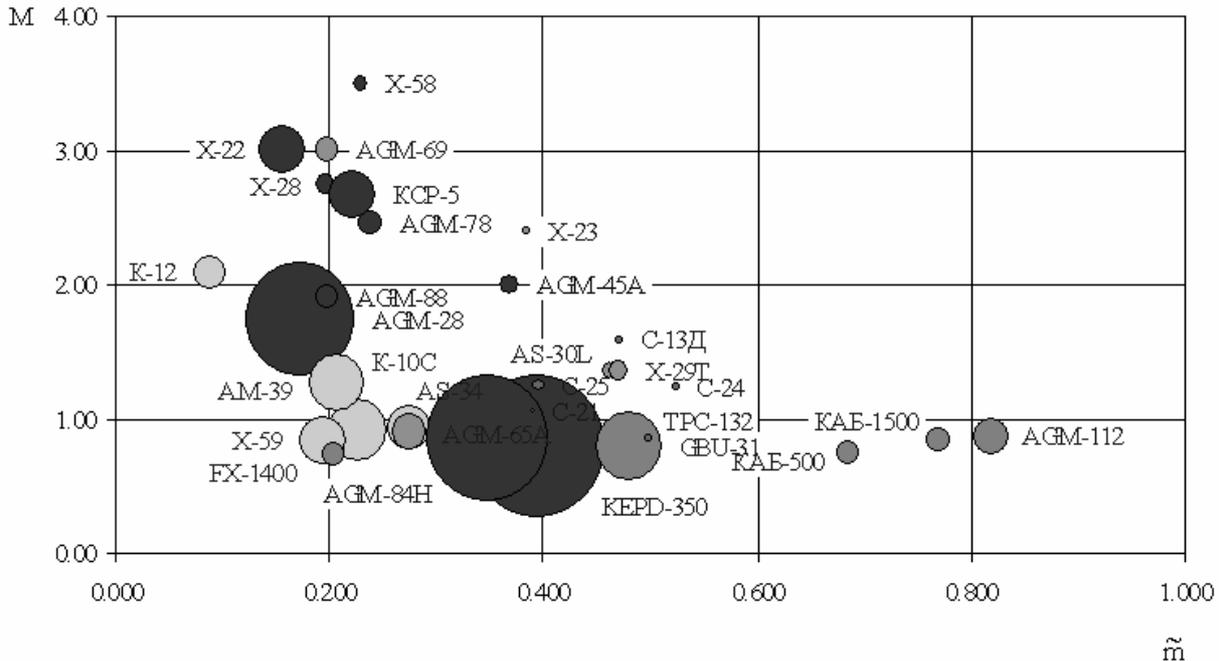


Рис. 2. Диаграмма, отображающая баланс между транспортной и скоростной функциями АСП дистанционного применения

### Факторный анализ транспортного и скоростного совершенства ПАБ, а также тенденции развития данного класса АСП

Усовершенствование конструкции АБ добавлением аэродинамических несущих поверхностей и ДУ позволяет получить новый класс вооружений, решающий новые задачи. Носители ПАБ уверенно выходят из зоны поражения МЗА и в некоторых случаях ЗРК малой дальности, что требует от ПВО применения высокоточных средств противодействия с последующим резким снижением критерия стоимость—эффективность.

Поскольку транспортное совершенство ПАБ увеличивается многократно, данный вид ВТО обеспечивает решение новых боевых задач, например:

- поражение малоразмерных стационарных целей;

- поражение низкоскоростных наземных и надводных целей;
- имитация крылатых ракет;
- выполнение бомбометания самолетами военно-транспортной авиации вне зоны противодействия ПВО.

Неожиданно высокие показатели скоростного совершенства ПАБ объясняются соизмеримыми скоростями сброса (ввиду использования идентичных СН), но намного большей массой ПН при пониженных или отсутствующих затратах на работу ДУ (в случае корректируемых АБ). Вследствие этого ПАБ приобретают ряд новых возможностей:

- прорыва ПВО;
- массового использования в условиях военного времени вместо более дорогостоящих средств поражения, например КР;
- борьбы с наземными и надводными малоподвижными целями.

Появляются новые сценарии комплексного применения ПАБ:

- подавление ПВО применением одного высокоточного боеприпаса;
- применение в качестве боеприпаса с достаточной точностью;
- имитация КР с целью выявления позиций РЭБ и РЛС.

Следует отметить свойственную для ПАБ наименьшую тяговооруженность (в пределах 0,2..0,3) и вместе высокие потенциальную и кинетическую энергии, придаваемые в момент сброса с СН.

АУР ВП входят в состав штатных АСП фронтовой авиации со свойственными массогабаритными ограничениями, усугубляющимися невыгодным балансом между массами ПН, т.е. боевой части и ТС: «планер + ракетный двигатель», с вытекающими отсюда узким типажом точечных целей. Для современных АУР ВП характерны ДУ с РДТТ и типично ракетная стартовая тяговооруженность около 30.

Дозвуковые КР воздушного базирования служат основным АСП стратегической авиации и представляют собой ЛА, соизмеримые по стоимости с истребителями второго поколения при также невыгодном соотношении масс ПН и ТС. Высокое транспортное совершенство КР воздушного базирования достигается применением ДУ с высокоэкономичными ТРДД при низкой тяговооруженности, оптимизированных для режима поддержания скорости в условиях маловысотного профиля полета без маневрирования. Промежуточным звеном между КАБ и КР (существенно более дорогостоящей системой вооружений) могут служить управляемые ПАБ.

Таким образом, ПАБ, будучи системами вооружения 3 поколения, обладают значительным потенциалом к созданию на их базе систем высокоточного оружия и способны успешно конкурировать с вооружением 5 поколения без значительных затрат.

## Заключение

Универсальная парадигма научно-технического прогресса может быть сформулирована как «планомерная замена в цикле проектирования и производства спонтанных факторов детерминированными». В свою очередь, детерминированную основу технологий составляют фундаментальные законы физики и совокупный опыт, воплощенный во множестве известных объектов техники.

Предложенный в цикле статей [1–5] обобщенный подход на основе критериальной обработки статистических данных об аналогах обеспечивает детерминированное формирование облика объекта проектирования, исходя из заданных полезных

функций и затратных ограничений. Тем самым устраняется субъективизм на наиболее критичной стадии принятия проектных решений.

**Целью представленных исследований** было обобщение подхода [1 – 5] на новый специфический класс транспортных систем – АСП дистанционного применения, в котором, как это следует из приведенного анализа, имеется значительный ресурс совершенствования за счет развития подкласса управляемых планирующих авиабомб.

## Литература

1. Вотье П. Военная доктрина генерала Дуэ / Перевод с французского с предисловием А. Лапчинского. Второе издание. – М.: Воениздат НКО СССР, 1937. – 240 с. [Тираж 10.000]. – [Colonel P. Vauthier. La doctrine de guerre du général Douhet. Preface de m. le maréchal Petain. – Paris, Editions Berger-Levrault, 1935].

2. Заяц В. Роль ВВС в реализации национальной военной стратегии США / В. Заяц // Зарубежное военное обозрение. – 2004. – № 1 (682). – С. 20-27.

3. Заяц В. Применение авиации США на активной фазе операций в Ираке / В. Заяц // Зарубежное военное обозрение. – 2005. – № 10 (703). – С. 37-44.

1. Амброжевич А.В. Формирование облика легких беспилотных летательных аппаратов методом подобия / А.В. Амброжевич, А.С. Карташев, С.А. Яшин // Авиация и космонавтика. – 2004. – Вып. 5 (13). – С. 54-58.

2. 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.

3. 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.

4. Амброжевич М.В. Критериальные оценки транспортного и скоростного совершенства аэродинамических летательных аппаратов / М.В. Амброжевич, А.С. Карташев, С.А. Яшин // Авиационно-космическая техника и технология. – 2006. – № 6 (32). – С. 19-23.

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

6. Кравец В.Н. Устройство и конструкция боевых частей летательных аппаратов. Часть 4. Основные характеристики летательных аппаратов класса «воздух-поверхность»: учебное пособие /

В.Н. Кравец, В.Ф. Несвит, М.Ю. Русин. – Х.: ХАИ, 2006. – 141 с.

7. Зуенко Ю.А. Боевые самолеты России / Ю.А. Зуенко Ю.А., С.Е. Коростелев. – М.: ЭЛАКОС, 1994. – 192 с.

8. Сведения об АСП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.airwar.ru/weapon/>.

9. Сведения об АСП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.designation-systems.net/dusrm/>.

Поступила в редакцию 2.06.2010

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

### КРИТЕРІАЛЬНІ ОЦІНКИ ШВИДКІСНОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ДОСКОНАЛОСТІ АВІАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИКОРИСТАННЯ

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

На основі теорії розмірності та подібності отримані критерії транспортної та швидкісної досконалості авіаційних засобів ураження (АЗУ) дистанційного застосування. У вигляді графічного матеріалу надані результати застосування правила норм на множині АЗУ. Викладено порівняльний аналіз технічних рішень АЗУ в критеріальному просторі, а також виявлено пріоритетні напрями аерокосмічної техніки, в яких відбувається актуальний розвиток транспортних систем даного класу. Показано, що запропоновані критеріальні оцінки дають підстави переглянути місце та роль планеруючих авіабомб у класі АЗУ.

**Ключові слова:** авіаційні засоби ураження, планеруюча авіабомба, транспортна та швидкісна досконалість, метод розмірності та подібності, критерії подібності.

### CRITERIAL ESTIMATIONS OF HIGH-SPEED AND TRANSPORT PERFECTION OF AVIATION MEANS OF DESTRUCTION OF REMOTE APPLICATION

*M.V. Ambrozhevitch, A.S. Kartashov, V.O. Sereda*

On the basis of the theory of dimension and similarity criteria of transport and high-speed perfection of aviation means of destruction (AMD) of remote applications are received. As a graphic material results of application of a rule of norms on set AMD are submitted. The comparative analysis of technical decisions AMD in criterion space is stated, and also priority directions of objects aerospace technics in which there is an actual development of transport systems of the given class are revealed. It is shown, that offered criterion estimations give the basis to reconsider a place and a role of planning aerial bombs in class AMD.

**Key words:** aviation means of destruction, planning aerial bomb, transport and high-speed perfection, method of dimension and similarity, criteria of similarity.

**Амброжевич Майя Владимировна** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри аэрокосмической теплотехники Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

**Карташев Андрей Сергеевич** – канд. техн. наук, ст. научн. сотр. кафедры ракетных двигателей факультета ракетно-космической техники Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: ankara@ukr.net/

**Середя Владислав Александрович** – канд. техн. наук, вед. инженер кафедры ракетных двигателей факультета ракетно-космической техники Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: sereda\_vlad@ukr.net.