

УДК 629.735.33

А.В. АМБРОЖЕВИЧ¹, И.Ю. ДОЛЖЕНКО¹, А.В. КОЛОМИЙЦЕВ²,
С.Н. ЛАРЬКОВ³¹ *Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*² *Харьковский НИИ судебных экспертиз им. Засл. проф. Н.С. Бокариуса, Украина*³ *ГНПО «Коммунар», Украина*

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОВЕРШЕНСТВА СТВОЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ С ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЕВ ПОДОБИЯ

Представлено критериальное пространство ствольных комплексов с летательными аппаратами, позволяющее получить системное обобщение опыта, накопленного в области стрелково-артиллерийских систем. Предложен метод формирования облика ствольного комплекса в соответствии с заданными функциональными свойствами и проектными ограничениями. Показано, что предложенные критериальные оценки дают основания пересмотреть место и роль пневматических метательных устройств низкого поперечного давления (гранатометов и капсулометов).

Ключевые слова: критериальное пространство, ствольные комплексы с летательными аппаратами, критерии подобия, стрелково-артиллерийских системы, могущество, метод формирования облика.

Введение

Механизм принятия решений на стадии выбора облика объекта проектирования, как правило, носит спонтанный характер. Выбор аналогов есть продукт эвристики, интуиции, случайного стечения обстоятельств и т.п., но не детерминированных предпосылок. Происхождение высокосоввершенных образцов техники, в том числе и новейших, ни в коей мере не опровергает этого правила [1]. Тем не менее, не вызывает сомнения актуальность проблемы репродукции опыта, воплощенного в наиболее удачных образцах техники. Системное решение указанной проблемы лежит в русле создания общих подходов, позволяющих «поверить алгеброй гармонию». Предпосылкой к тому служит тенденция унификации методов проектирования, порождаемая единством законов физики для любых объектов техники. Совершенствование технологий проектирования неизбежно сопровождается заменой частных прикладных методик унифицированными методами, базирующимися на общефизических подходах. Не составляет исключения и монополия баллистики в своей специфической «зоне ответственности». Терминологическая замена: «метательные снаряды» — «ЛА» с атмосферным внешним участком траектории, вводимые в полет пусковыми устройствами — логически приводит к переходу от аппарата баллистики к общим законам механики.

Теоретической основой системной реализации начальной стадии проектирования могут служить

методы подобия и размерности [2 – 6]. В рамках развития принципы подобия [6] могут быть распространены на иные классы комплексов «пусковые устройства + БЛА» низкого и высокого поперечного давления, такие как винтовки, пистолеты, полевая артиллерия, гаубицы, пушки, танковые орудия. Представленная далее групповая классификация базируется на сходстве целевых функций и рабочих процессов исследуемых объектов.

1. Критериальные пространства комплексов с бескрылыми БЛА

Принцип формирования критериальных пространств исходит из условия адекватности функциональным свойствам объектов проектирования. Затраты на ввод ЛА в полет в данном случае характеризуются работой расширения. Общей характеристикой ввода в полет является начальная кинетическая энергия ЛА. Такого рода определение служит предпосылкой к унификации методов начальных стадий проектирования с ЛА иных классов.

Из приведенных оценок полезных и затратных функций следует предложенный в [6] критерий могущества:

$$\eta_m = \frac{mw^2}{2d^3} \frac{1}{p_{\max} \bar{L}}, \quad (1)$$

где $\frac{mw^2}{2d^3}$ — могущество (т.е. общепринятая баллистическая характеристика); p_{\max} — максимальное

поперечное давление (характеристика, главным образом определяющая требования к прочностным свойствам, а также шумовой эффект выстрела); d – калибр; \bar{L} – относительная длина ствола, выраженная в калибрах (массогабаритные показатели).

Замыкающими компонентами трехмерного критериального пространства служат относительное удлинение ствольной направляющей (\bar{L}) и число Маха ЛА, вводимого в полет (M), что обеспечивает учет двух главных факторов, определяющих облик комплексов: массогабаритные характеристики пускового устройства и волновое сопротивление движению. На основании ТТХ комплексов [8 – 17] построены трехмерная диаграмма с ограничивающими поверхностями исследуемых групп (рис. 1) и ее сечения $\eta_M - \bar{L}$, $\eta_M - M$ (рис. 2).

2. Примеры применения критериального пространства к анализу облика ствольных комплексов

Некоторые возможности предлагаемого критериального пространства применительно к задачам классификации и формирования облика комплексов представлены далее.

2.1. Положение зоны группы гранатометов обусловлено двумя факторами. Во-первых, такого рода комплексы по определению не являются системами высокой баллистики, т.е. имеют относительно низкую начальную скорость. Во-вторых, на данный момент абсолютное большинство гранатометов использует пиротехнический метод метания, что влечет за собой энергетические потери, связанные со спецификой двухкамерного сгорания пороха.

2.2. В силу наиболее удачного соотношения «огневая мощь – масса» пистолеты, как видно из приведенных диаграмм, занимают наиболее выгодную позицию из числа малокалиберных комплексов.

2.3. Группа газобаллонных систем имеет пиковые показатели по критерию могущества, что может служить основанием для пересмотра направления развития группы активных ручных гранатометов, где безраздельно господствуют пиротехнические системы.

2.4. Объединенные в подавляющем большинстве общностью калибра, гладкоствольные ружья располагаются весьма плотной группой с минимальным разбросом по всем трем координатам.

2.5. Минометные системы (рис. 1, 2) имеют значительный разброс характеристик в силу многообразия функциональных условий, определяющих облик комплексов: обширное поле калибров; большой разброс масс метаемых снарядов; различные потребные дальности метания, вследствие чего требуются корректирование массы пороховой навески,

а значит изменение всех ключевых характеристик внутренней баллистики (поперечное давление, начальная скорость и т.д.). Относительно высокий показатель критерия могущества для минометов объясняется большим, нежели у других комплексов, соотношением массы снаряда и массы конструкции.

2.6. Показатели и причины разброса характеристик группы пушечных и гаубичных систем аналогичны указанным для группы минометов (п. 2.5).

2.7. Группа танковых пушек локализована весьма обособленно, что связано ее узкой функциональной спецификой. Пиковые значения скоростей ввода в полет ($4...5,5M$) достигаются ценой снижения массы метаемого снаряда, а также повышением поперечного давления до величин $500...710$ МПа, т.е. существенного снижения живучести конструкции.

2.8. В группе винтовок системы с интегрированным прибором бесшумной стрельбы резко отличаются от систем высокой баллистики.

2.9. Увеличение длины ствола после определенной «фазы насыщения» с величиной $L=15...35$, уже не приводит к росту исследуемого параметра могущества.

2.10. Аналогично п. 2.9 прослеживается асимптотика η_M (рис. 2) максимально достижимые показатели могущества.

3. Метод формирования облика комплекса на примере газобаллонной метательной системы

Использование предложенного критериального пространства обеспечивает возможность детерминированного принятия решений по формированию облика комплекса с заданными функциональными свойствами. Алгоритм метода представлен далее на примере ручного комплекса «пусковое устройство + снаряд нелетального действия».

3.1. В криминалистической практике принят энергетический критерий принадлежности образца к категории специальных средств травматического действия [18], определяемый минимальным значением поверхностной концентрации энергии проникновения в мягкие ткани вне зависимости от материала поражающего элемента:

$$\bar{E} = \frac{E}{S} < 0,5 \frac{\text{Дж}}{\text{мм}^2}, \quad (2)$$

где $E = \frac{mW^2}{2}$ – энергия удара; S – площадь поперечного сечения поражающего элемента.

3.2. Установлено, что травматические поражающие элементы малого калибра не обладают достаточной эффективностью при увеличении дальности, вследствие быстрой потери энергии [18].

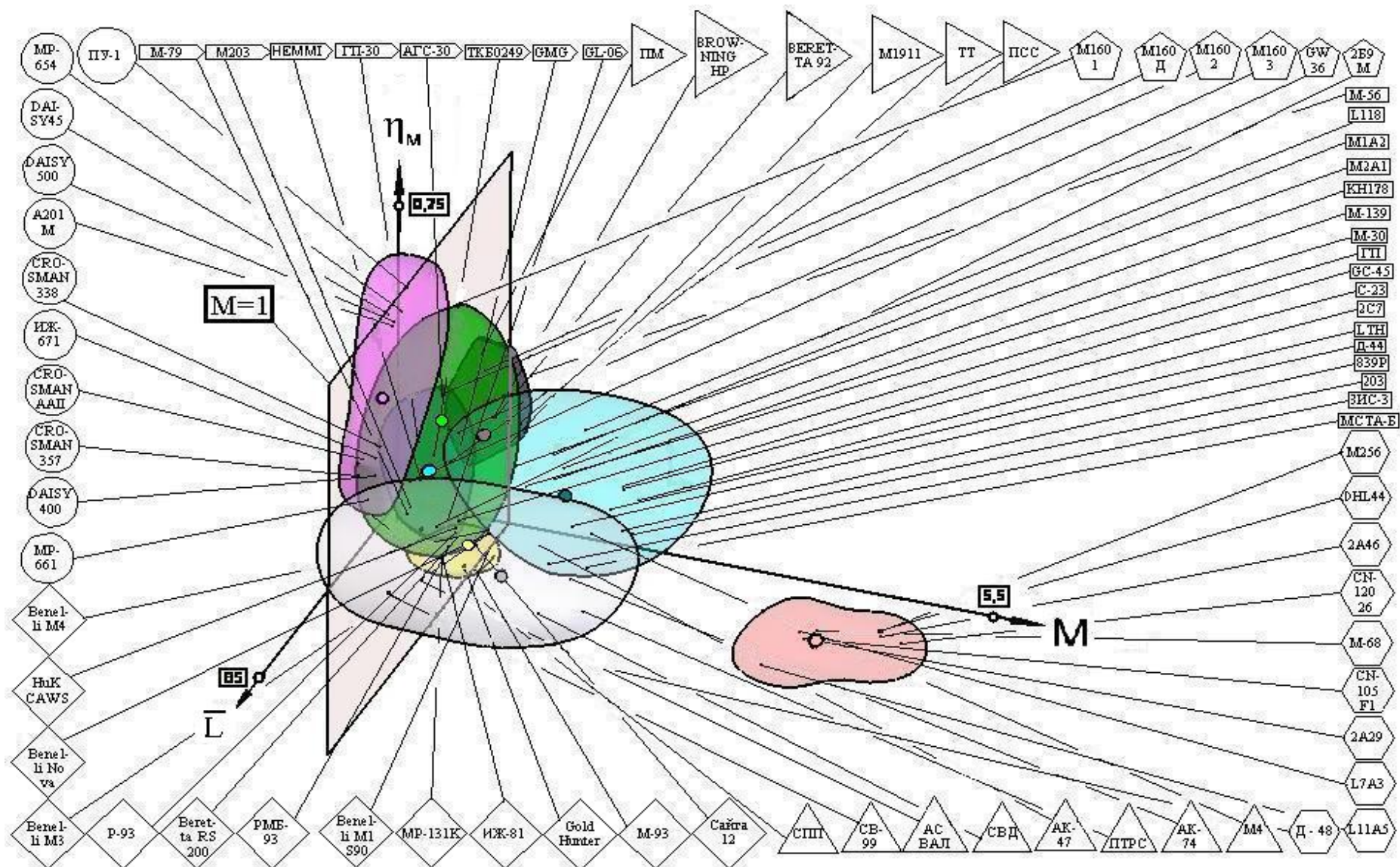


Рис. 1. Пространство критериальных оценок ствольных комплексов:

○ – газобаллонные ПУ; ◇ – гладкоствольные ружья; △ – винтовки; ◑ – танковые пушки; □ – гаубицы, пушки; ◑ – минометы; ▷ – пистолеты; ◑ – гранатометы

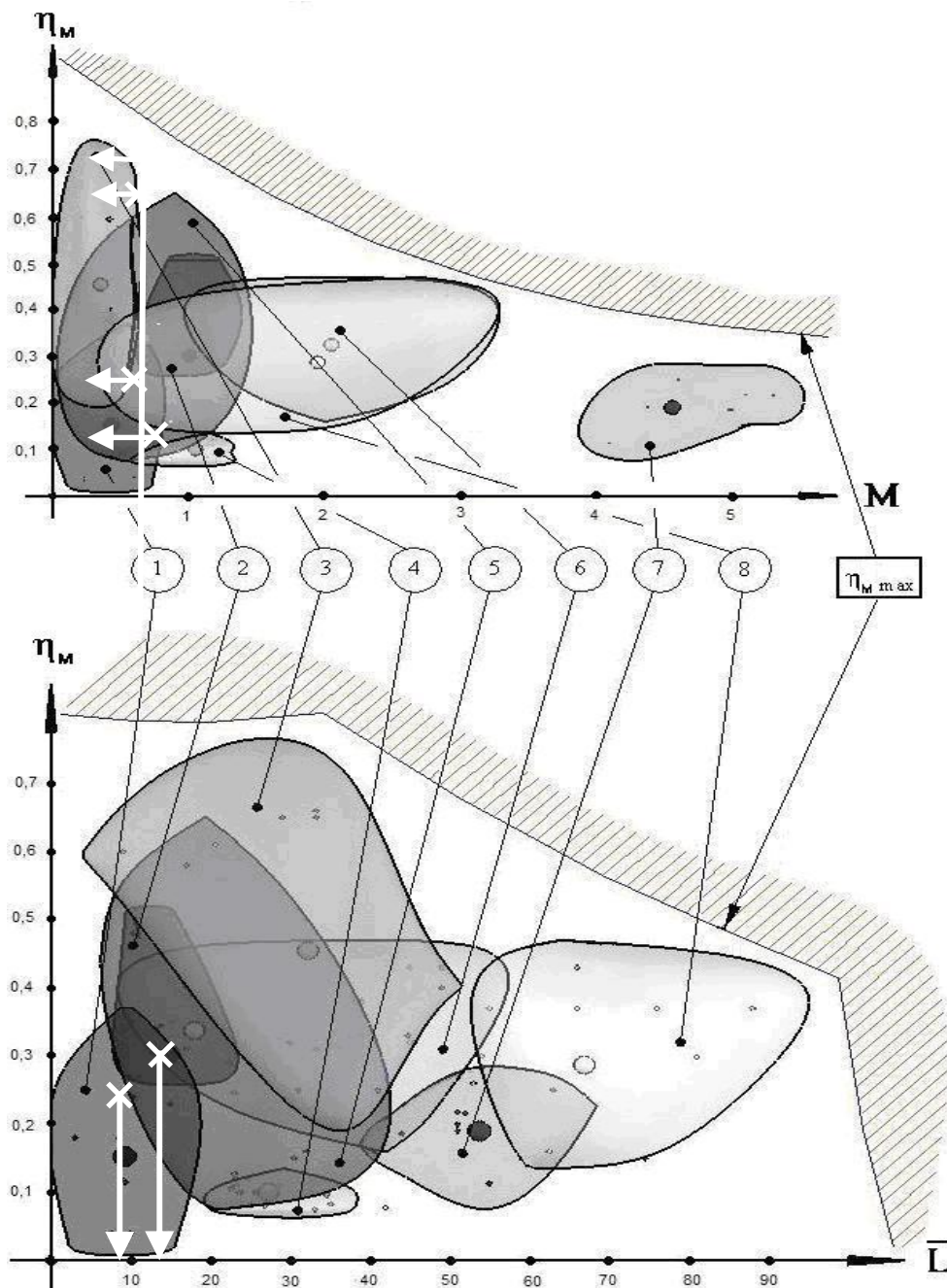


Рис. 2. Оценки ствольных комплексов по критерию мощи:
 1 – гранатометы; 2 – пистолеты; 3 – газобаллонные ПУ; 4 – гладкоствольные ружья;
 5 – минометы; 6 – гаубицы, пушки, 7 – танковые пушки, 8 – винтовки

Выбираем калибр из диапазона 25...45 мм с шагом в 5 мм. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Конструктивные параметры разрабатываемого комплекса

d, мм	25	30	35	40	45
S, мм ²	490	706	960	1256	1590
\bar{E} , Дж ¹⁾	200	280	380	500	636

¹⁾ - с коэффициентом запаса 0,8.

3.3. Для выбранных по п. 3.2 калибров, с учетом предполагаемой геометрии, а также плотности материала метаемого снаряда, наиболее приемлем диапазон масс $m = 90...130$ г. Соответствующие значения начальных скоростей потребной дульной скорости, которая обеспечит метаемому снаряду заданную дульную энергию (например – 300 Дж) указаны в табл. 2.

3.4. Оценки по п.п. 3.2–3.3 позволяют получить ориентировочные значения данных для составления технического задания (табл. 3).

Таблица 2
Массово-скоростные характеристики
разрабатываемого комплекса

m, г	90	100	110	120	130
w, м/с	81	77	73	70	67

Таблица 3
Ориентировочные ТТХ комплекса

Масса снаряда	m, кг	0,1...0,12
Начальная скорость	w, м/с	70...80
Калибр	d, мм	30...40

3.5. Исходя из указанных в табл. 3 ТТХ в плоскости $\eta_M - M$ (рис. 2) проводится параллельная оси η_M линия, соответствующая скорости $W = 75$ м/с ($M = 0,23$), которая пересекает границы групп гранатометов, минометов и газобаллонных систем.

3.6. Поиск подходящих по параметрам d, w, m аналогов приводит к выводу, что только в группе гранатометов имеются близкие по характеристикам и идеологии образцы – ГП-25, ГП-30, М-203, М-79.

3.7. В плоскости $\eta_M - \bar{L}$ (рис. 2) указанным образцам соответствует диапазон значений относительных удлинений ствольной направляющей $\bar{L} = 8...10$.

3.8. При подстановке всех числовых значений из табл. 3 с учетом $\bar{L} = 8...10$ в (1), единственным варьируемым параметром поперечное давление (p), которое в целях увеличения критерия могущества необходимо уменьшать:

$$\eta_M = \frac{(0,1...0,12) \cdot (75...80)^2}{2 \cdot (0,03)^3 \cdot p \cdot (8...10)}$$

3.9. Необходимо отметить, что имеющая значительное превосходство по параметру могущества группа газобаллонных систем использует унифицированный баллон с газом CO_2 , который создает максимальное давление в расширительных камерах не превышающее 2 МПа.

3.10. **Вывод:** проектируемый комплекс должен иметь облик активного ручного гранатомета, однако использовать рабочий процесс на основе стандартного баллона с углекислым газом.

3.12. В итоге реализован на практике действующий макет с удовлетворяющими заданным ТТХ (табл. 3): $m = 0,12$ кг, $W = 70$ м/с, $d = 30$ мм, $\bar{L} = 9$.

Заключение

Предложенный метод оценок в критериальном пространстве $\eta_M - M - \bar{L}$ обеспечивает решение задач классификации и проектирования, что позволяет

придать процессу формирования облика вновь разрабатываемого образца вполне детерминированный характер.

Литература

1. Федосеев С. Самоходное артиллерийское орудие «Нона-С» / С. Федосеев // Техника и вооружение. – 2008. – № 1. – С. 7-17.
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. 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.
6. Амброжевич А.В. Метод оценки энергетического совершенства импульсных тепловых машин с газообразным рабочим телом / А.В. Амброжевич, И.Ю. Долженко, А.В. Коломийцев, С.Н. Ларьков // Авиационно-космическая техника и технология. – 2008. – № 3 (45). – С. 5-10.
7. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике / Л.И. Седов. – М.: Наука, 1977. – 440 с.
8. Мураховский В.И. Оружие пехоты: Справочник / В.И. Мураховский, С.Л. Федосеев. – М.: Арсенал-Пресс, 1992. – 390 с.
9. Суров О.А. Противопехотные гранатометы и боеприпасы к ним / О.А. Суров // Зарубежное военное обозрение. – 1986. – № 4. – С. 31-35.
10. Данилин Г.А. Основы проектирования патронов к стрелковому оружию: Учебник / Г.А. Данилин, В.П. Огородников, А.Б. Заволокин. – СПб.: Балтийский государственный университет, 2005. – 374 с.
11. Шунков В.Н. Энциклопедия новейшего стрелкового оружия / В.Н. Шунков. – М.: АСТ, 2006. – 560 с.
12. Шунков В.Н. Артиллерия / В.Н. Шунков. – Мн.: Попурри, 2001. – 704 с.
13. Шунков В.Н. Газовое и пневматическое оружие / В.Н. Шунков. – Мн.: Попурри, 2004. – 512 с.

14. Блюм М.М. Охотничье ружье: Справочник / М.М. Блюм, И.Б. Шишкин. – М.: Экология, 1994. – 560 с.

15. Широкопад А.Б. Отечественные минометы и реактивная артиллерия / А.Б. Широкопад. – Мн.: Харвест, 2000. – 464 с.

16. Широкопад А.Б. Бог войны третьего Рейха / А.Б. Широкопад. – М.: АСТ, 2003. – 576 с.

17. Курков Б.А. Основные боевые танки / Б.А. Курков, В.И. Мураховский, Б.С. Сафонов. – М.: Арсенал-Пресс, 1993. – 192 с.

18. Попов В.Л. Судебно-медицинская баллистика / В.Л. Попов, В.Б. Шигеев, Л.Е. Кузнецов. – СПб.: Гиппократ, 2002. – 656 с.

Поступила в редакцию 16.09.2008

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф., проф. кафедры 205 А.В. Бастеев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ОЦІНКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ДОСКОНАЛОСТІ СТВОЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ З ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ НА ОСНОВІ КРИТЕРІЇВ ПОДОБИ

О.В. Амброжевич, І.Ю. Долженко, О.В. Коломійцев, С.М. Ларьков

Представлений критеріальний простір ствольних комплексів з літальними апаратами, який дозволяє одержати системне узагальнення досвіду, накопиченого в області стрілково-артилерійських систем. Запропоновано метод формування вигляду стовбурного комплексу відповідно до заданих функціональних властивостей і проектних обмежень. Показано, що запропоновані критеріальні оцінки дають підстави переглянути місце й роль пневматичних металевих пристроїв низького поперечного тиску (гранатометів і капсулометів).

Ключові слова: критеріальний простір, ствольні комплекси з літальними апаратами, критерії подоби, стрілково-артилерійські системи, могутність, метод формування вигляду.

CLASSIFICATION AND ESTIMATIONS OF FUNCTIONAL PERFECTION OF BARREL COMPLEXES WITH FLYING DEVICES ON THE BASIS OF CRITERIA OF SIMILARITY

A.V. Ambrozhevitch, I.Y. Dolzhenko, A.V. Kolomijetcev, S.N. Larkov

It is submitted that criterion space of barrel complexes with the flying devices, allowing to receive system generalization of the experience which has been saved up in the field of arm-artillery systems. The method of formation of shape of barrel complex is offered according to the set functional properties and design restrictions. It is shown, that offered criteria estimations give the basis to reconsider a place and a role of pneumatic launchers of low cross-section pressure class (grenade launchers and capsule launchers).

Key words: criterions space, barrel complexes with flying devices, criteria of similarity, arm-artillery systems, power, a method of formation of shape.

Амброжевич Александр Владимирович – д-р техн. наук, проф., проф. кафедры ракетных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Долженко Иван Юрьевич – аспирант кафедры ракетных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Коломійцев Александр Викторович – канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник харьковского научно-исследовательского института судебных экспертиз им. Засл. проф. Н.С. Бокариуса, Харьков, Украина.

Ларьков Сергей Николаевич – канд. техн. наук, главный технолог, ГНПО «Коммунар», Харьков, Украина.