

УДК 623.4

Оксенич Н.В., Долженко И.Ю., Комар Ю.Е., Мельник С.А., Беличенко А.В.

## АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЛИКА КОМПЛЕКСОВ ОСНОВНОГО ВООРУЖЕНИЯ ТАНКОВ

### Введение

Формирование облика танка как сложной технической системы всегда происходило на стыке трех факторов, имманентно оказывающих влияние на конструкцию машины. Это - огневая мощь, подвижность и защищенность. Параметры огневой мощи танка неразрывно связаны с системой основного вооружения танка – танковым пушечным комплексом (ТПК). Следуя из задач, которые ставятся перед таким объектом как танк, определились требования и к средствам поражения.

В данной публикации рассмотрены существующие схемы построения требований к элементам, формирующим огневую мощь танков, а также их реализация в конкретных образцах.

Предложенная в работе [1] схема синтеза совокупного опыта в проектировании с использованием аппарата теории размерности и подобия различных высокотехнологичных образцов техники может и должна быть экстраполирована на объекты бронетанковой техники.

### 1. Базовые требования к основному вооружению танка

Непрерывная хронологическая трансформация требований и изменение характера современных боевых столкновений формировали ряд ограничений для ТПК основного боевого танка. Однако в последние 25–30 лет произошла некоторая стабилизация базовых доминирующих требований к ТПК:

А. Оптимизация характеристик ТПК по выстрелу с бронебойным оперенным подкалиберным снарядом (БОПС) как основного средства поражения танка из условия максимально достижимого кинетического воздействия на защищенную цель: максимальное могущество и минимальная потеря скорости на дистанциях до 2...2,5 км.

Б. Калибр – не менее 120...125 мм, обеспечивающий уровень дульной энергии не менее 5 МДж.

В. Обеспечение уравновешенности качающейся части при относительном удлинении ствола в пределах 40...55.

Г. Установка ТПК из условий минимизации забронированного объема в целом и боевого отделения в частности.

Д. Совместимость всех типов выстрелов с автоматизированной боеукладкой и автоматом заряжания.

Е. Экономическая целесообразность.

С формальных позиций, исходя из вышеприведенного, проектное задание по модернизации или разработке нового образца ТП на основании данного набора требований формулируется в виде вариационной задачи согласно пункту «А» с условными ограничениями «Б»–«Е».

Одной из актуальных задач в области модернизации ТПК является повышение бронепробиваемости БОПС в связи с повышением защищенности объектов бронетехники до 800 ... 1000 мм гомогенной брони в эквиваленте [3].

Таким образом, пути решения данной задачи ограничиваются набором конструктивных мероприятий, направленных на улучшение внешне- и внутрибаллистических характеристик ТПК:

- а) увеличение калибра;
- б) увеличением удлинения ствола (длина ствола в калибрах);
- в) повышением (либо управлением) давления в процессе выстрела;
- г) совершенствование материалов и геометрии сердечника полетной части БОПС;
- д) совершенствованием аэродинамики БОПС.

Экстенсивное наращивание могущества танковых пушек за счет увеличения калибра свыше 125 мм, а равно как и удлинения ствола свыше 55 входит в конфликт с некоторыми определяющими облик основного танка параметрами, вследствие чего возникают проблемы компоновочного характера, такие как: обязательное наличие автомата заряжания вследствие роста массы выстрела, рост бронированного объема, проблемы уравнивания орудия и пр.

Максимальные рабочие давления в ТПК во время работы выстрелом типа БОПС на данный момент достигают 710 МПа [4], что практически исчерпывает прочностные возможности конструкционных материалов для труб (стали типа 30ХН2МФА), а также отрицательно влияет на живучесть орудия. Стоит отметить, что проблема живучести ствола ТПК как самого изнашиваемого элемента конструкции может быть успешно решена посредством нанесения на внутреннюю поверхность соответствующих защитных покрытий [5].

Ведутся работы в деле разработки и производства высококалорийных твердых метательных веществ, продолжают разработки порохов с низкими значениями молекулярной массы компонентов, что прогрессивно скажется на параметрах горения, а значит и на кинетической энергии, как основной полезной функции БОПС. Сюда же можно отнести работы по локальному уменьшению максимального давления и «размазывания» его вдоль всего цикла выстрела (тем самым обеспечивается рост интегрального значения внутрибаллистической работы пороховых газов).

В области совершенствования параметров БОПС, по-видимому, наблюдается немалые резервы для модернизации: наращивание удлинения и массы полетной части, снижение ее аэродинамического сопротивления на траектории, введение в конструкцию ведущего по стволу устройства неметаллических материалов снижающих его «паразитную» массу. [4].

Принципы детерминированной классификации по безразмерным параметрам подобия (критериям) доказали свою состоятельность [8] и перспективность использования ввиду замены полуэмпирических оценок фундаментальным аппаратом теории размерности и подобия.

Далее приведено сравнение по ключевым параметрам основных образцов отечественных и зарубежных образцов БОПС как одного из главных элементов ТПК с использованием критериев подобия, принципы формирования и аппликация которых на различные группы объектов техники подробно описаны в работах [1 и др.].

## **2. Сопоставительный анализ ТПК по критерию энергетического совершенства**

Для ТПК при использовании БОПС запись критерия энергетического совершенства выражается в виде [1]:

$$\eta_E = \frac{E_k}{E_n} = \frac{m_{cn} w_0^2}{2 \cdot m_n Q_n},$$

где  $m_{cn}$  - масса полетной части снаряда,  $w_0$  - начальная скорость снаряда,  $Q_n$  - низшая удельная теплотворная способность (калорийность) порохового заряда,  $m_n$  - масса порохового заряда.

В данном классе снарядов доминирующим фактором траекторного процесса является волновое сопротивление, определяемое главным образом геометрией полетной части БОПС в целом и удлинением  $l$  в частности, которое, в связи с этим, используется в качестве критериальной координаты (ось абсцисс).

Анализируя диаграмму на рис. 1, можно отметить преобладание энергетической функции (ось ординат) у комплексов семейства 2А46/КБА3 (группа 1) что связано с преобладанием скоростных характеристик перед комплексами на базе ТПК L44, L55/M256 (группа 2). Следует отметить, что данный параметр не является достаточным для составления каких-либо заключений о состоятельности системы, а лишь позволяет определить некоторый промежуточный показатель полноты превращения потенциальной энергии порохового заряда в кинетическую энергию снаряда.

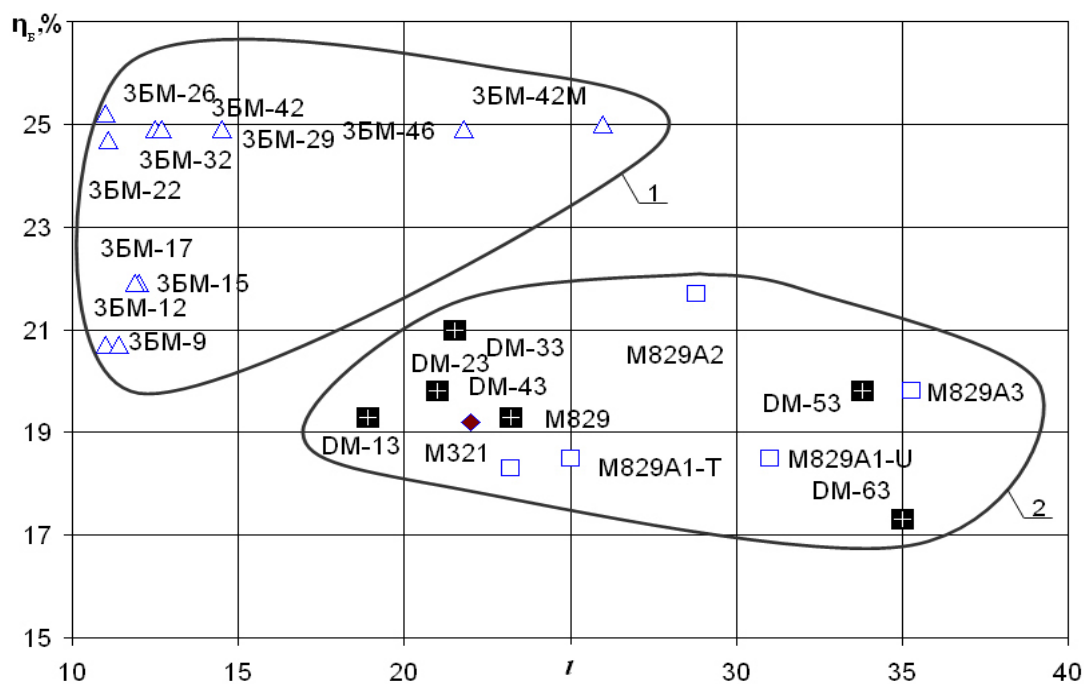


Рисунок 1 – Зависимость  $\eta_a$  от удлинения БЛА (страны-производители:

△ – СССР/Россия, ■ – Германия, □ – США, ◆ – Израиль)

### 3. Критериальные оценки ТПК на основе критерия бронепробития

Оценка полезной функции для ТПК с БОПС может быть выражена показателем конечного воздействия (бронепробития) [2]:

$$B = K \frac{2m_{cn} w_u^2}{\sigma \pi d_{cn}^2} \cos^{1.5} \alpha,$$

где  $m_{сн}$  – масса ПЧ БОПС,  $w_c^2$  – скорость ПЧ у цели,  $d_c$  – характерный размер БОПС,  $K$  – эмпирический коэффициент линейности,  $\sigma$  – предел прочности преграды на сжатие,  $\alpha$  – угол наклона преграды к нормали.

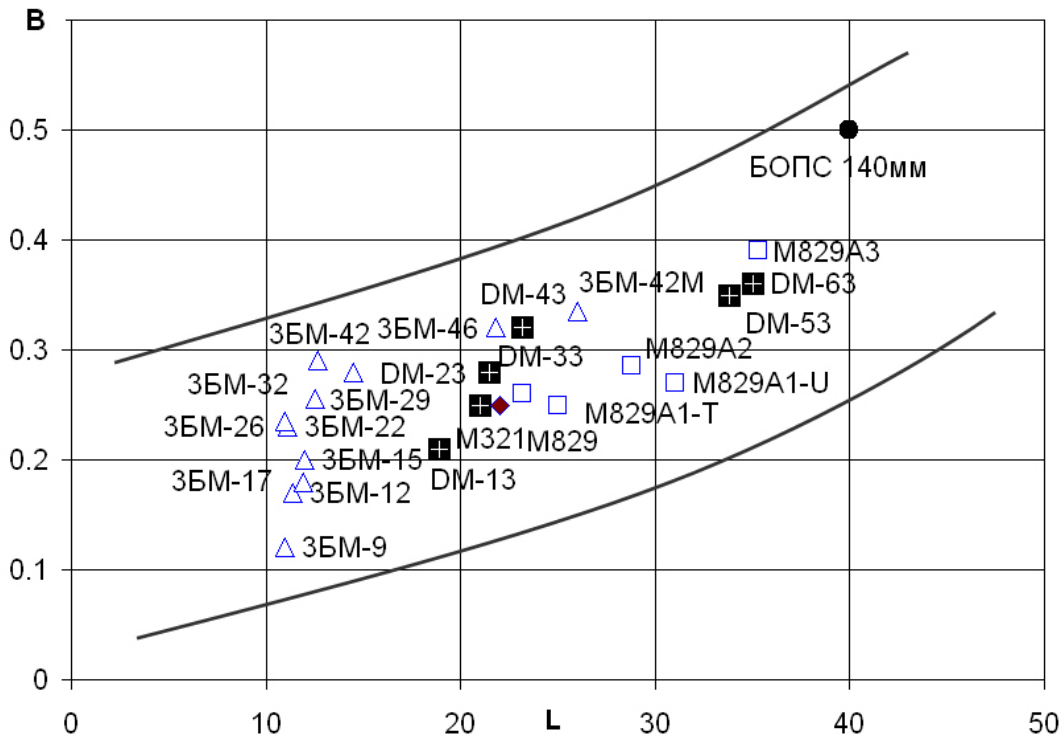


Рисунок 2 – Зависимость  $B$  от удлинения БОПС

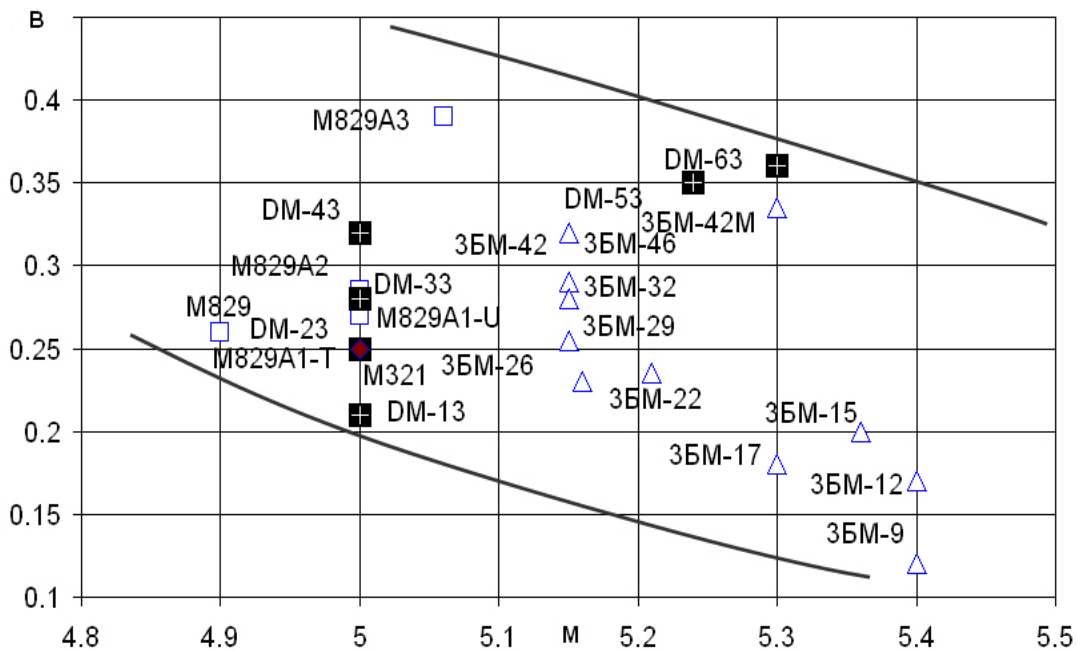


Рисунок 3 – Зависимость  $B$  от числа Маха у среза ствола  $M_{ст}$

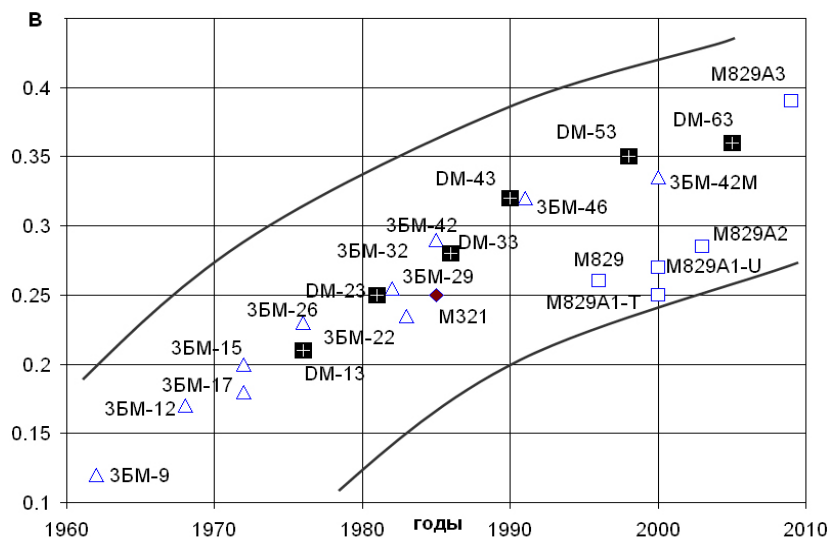


Рисунок 4 – Хронологическое развитие полезной функции БОПС

Диаграмма (рисунок 2) явственно демонстрирует зависимость полезной функции от удлинения БОПС. Данная тенденция характерна для СК с БОПС со времен их появления и имеет две основные причины:

- 1) при прочих равных условиях БОПС с бóльшим удлинением будет иметь меньшее поперечное сечение, а значит меньшую площадь контакта с преградой, и как следствие – воздействовать на нее с бóльшим напряжением, что означает рост величины бронепробития;
- 2) уменьшение площади миделевого сечения приводит к снижению силы аэродинамического сопротивления:

$$X = C_x \frac{\rho w^2}{2} S_M,$$

где  $C_x$  – коэффициент аэродинамического сопротивления,  $\rho$  – плотность воздуха,  $w$  – скорость ПЧ БОПС,  $S_M$  – площадь миделевого сечения.

Особенно отчетливо стремление к реализации системного принципа увеличения удлинения ПЧ БОПС характерно для комплексов производства Германии (рисунок 5, показаны ПЧ БОПС с ведущими системами) [6].

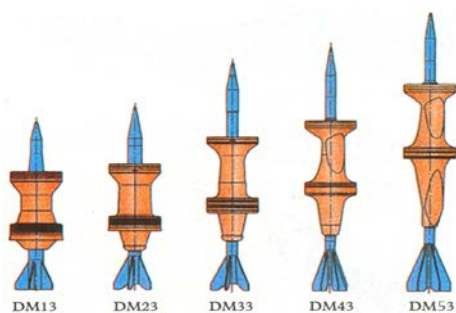


Рисунок 5 – Пример геометрической трансформации облика БОПС с целью повышения бронепробития

Диспозиція в критеріальному пространстві  $B(M_{CT})$  отражає парадоксальну ситуацію, коли якби з ростом початкової швидкості зменшується критерій кінцевого впливу, що має наступне пояснення.

– Група БОПС виробництва СРСР (вип. БМ-9, БМ-12, БМ-15, БМ-22 і др.), яка має екстремальні в класі початкові швидкості ( $w_0 = 1750 \dots 1785 \frac{M}{c}$ ), тим не менше втрачає їх швидше, ніж іноземні БОПС більшого аеродинамічного досконалості, що призводить до погіршених показників кінцевого впливу.

– В сучасних БОПС для виготовлення елементів кінцевого впливу ПЧ використовуються матеріали високої густоти, такі як карбід вольфраму ( $\rho_{WC} = 18500 \frac{KG}{M^3}$ ) і обеднений уран ( $\rho_U = 19500 \frac{KG}{M^3}$ ), що, очікується збільшує  $m_{сн}$  при інших рівних геометричних характеристиках.

Також необхідно відзначити, що діаграма (рис. 3) не виробляє тенденції до зменшення  $M_{CT}$  через те, що вип. БМ-9, БМ-12, БМ-15, БМ-22 і пр. представляють перше покоління БОПС, тоді як в сучасних західних зразках (лінійки М829 і DM) проявляється очевидне прагнення до зростання початкової швидкості [6, 7].

### **Висновки**

1. Проведене дослідження вказує на можливу багатовекторність модернізації ТПК. Очевидно, вдосконалення характеристик частин комплексу «пушка-боєприпас» повинно відбуватися паралельно.

2. Показано, що аеродинамічні та пробивні параметри польотної частини БОПС стоять порівно по пріоритетності з енергетичними показниками танкової пушки як пускового пристрою для вистрелу кінетичними снарядами.

3. Розглянуті та проаналізовані характеристики БОПС для ТПК вітчизняного та зарубіжного виробництва за критеріями броньового пробиття та енергетичного досконалості.

### **Література**

1. Амброжевич А.В. Метод оцінки енергетичного досконалості імпульсних теплових машин з газообразним робочим тілом / І.Ю. Долженко, А.В. Коломійцев і др. // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – №3 (45). – 2008. – С. 5–10.

2. Бусяк Ю.М. Шляхи підвищення могутності броньових оперених підкаліберних снарядів / Л.К. Магерамов, Ю.К. Чернов і др. // Артилерійське і стрілецьке озброєння. – №1 (10). – 2004. – С. 18–21.

3. Сведения о БОПС. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.teledyne.com](http://www.teledyne.com).

4. Борисюк М.Д. Метод формування аерогазодинамічного вигляду перспективного броньового опереного підкаліберного снаряда / І.Ю. Долженко, Ю.К. Чернов і др. // Артилерійське і стрілецьке озброєння. – 2010. – № 3/36. – С. 3–8.

5. Мельник С.А. Деякі методи підвищення живучості стволів танкових пушек / Ю.К. Чернов, Ю.Е. Комар і др. // Артилерійське і стрілецьке озброєння. – 2007. – №3/24. – С. 55–57.

6. Сведения о БОПС. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.darpa.mil](http://www.darpa.mil).
7. Сведения о БОПС. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.bvtv.narod.ru](http://www.bvtv.narod.ru).
8. Кирпичев М.В. Теория подобия. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – 96 с.

Bibliography (transliterated)

1. Ambrozhevich A.V. Metod otsenki energeticheskogo sovershenstva impulsnykh teplovykh mashin s gazoobraznyim rabochim telom I.Yu. Dolzhenko, A.V. Kolomyitsev i dr. Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya. – #3 (45). – 2008. – P. 5–10.
2. Busyak Yu.M. Puti povysheniya moguschestva broneboynykh operennykh podkalibernykh snaryadov L.K. Mageramov, Yu.K. Chernov i dr. Artilleriyskoe i strelkovoe vooruzhenie. #1 (10). – 2004. – P. 18–21.
3. Svedeniya o BOPS. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: [www.teledyne.com](http://www.teledyne.com).
4. Borisyuk M.D. Metod formirovaniya aerogazodinamicheskogo oblika perspektivnogo broneboynogo operennogo podkalibernogo snaryada I.Yu. Dolzhenko, Yu.K. Chernov i dr. Artilleriyskoe i strelkovoe vooruzhenie. – 2010. – № 3/36. – P. 3–8.
5. Melnik S.A. Nekotorye metody povysheniya zhivuchesti stvolov tankovykh pushek Yu.K. Chernov, Yu.E. Komar i dr. Artilleriyskoe i strelkovoe vooruzhenie. – 2007. #3/24. – P. 55–57.
6. Svedeniya o BOPS. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: [www.darpa.mil](http://www.darpa.mil).
7. Svedeniya o BOPS. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: [www.bvtv.narod.ru](http://www.bvtv.narod.ru).
8. Kirpichev M.V. Teoriya podobiya. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1953. – 96 p.

УДК 623.4

Оксенич М.В., Долженко І.Ю., Комар Ю.Є., Мельник С.О., Беліченко О.В.

**АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ ФОРМУВАННЯ ВИГЛЯДУ КОМПЛЕКСІВ  
ОСНОВНОГО ОЗБРОЄННЯ ТАНКІВ**

Проведений критеріальний аналіз характеристик бронебійних оперених підкаліберних снарядів (БОПС) на базі апарату теорії розмірності та подібності дозволив визначити основні напрямки модернізації танкових гарматних комплексів, а також синтезувати накопичений досвід у сфері проектування таких об'єктів.

Oksenich N.V., Dolzhenko I.Y., Komar Y.E., Melnik S.A., Belichenko A.V.

**ANALYSIS OF PRINCIPLES OF MAIN TANK ARMAMENT APPEARANCE  
FORMING**

Lead criterion analysis of characteristics APFSDS cartridges on the basis of the device of the theory of dimension and similarity has allowed to determine the basic directions of modernization of tank gun complexes and also to synthesize the saved up experience in sphere of designing of such objects.