

УПРАВЛІННЯ В ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

УДК 623.4

Кочерга А.Г., Коритченко К.В.

ЗАСОБИ ПРИСКОРЕННЯ БРОНЕБІЙНО-ПІДКАЛІБЕРНОГО СНАРЯДА ТАНКОВОЇ ГАРМАТИ

Питанню удосконалення систем озброєння приділяється постійна увага. Традиційно роботи по удосконаленню цих систем ведуться у напрямках збільшення дальності пострілу та покращення ефективності. На теперішній час технології прискорення снаряду порохом зарядом значною мірою вичерпали свої можливості. Тому початкові швидкості снарядів у сучасних системах озброєння на основі порохом зарядів досягли практично верхньої технічно можливої межі. Це обмеження пов'язано з фізичним принципом прискорення снаряду, а саме швидкістю вирівнювання тиску вздовж каналу ствола, що відбувається за відносно малою швидкістю – швидкістю звуку у продуктах згорання порохом заряду.

Подальше підвищення початкової швидкості снарядів досягається за рахунок використання іншого фізичного принципу, що базується на електромагнітних законах. Сила, що забезпечує прискорення снаряду у цих системах, називається силою Лоренца. Існує два типи електромагнітних гармат, що мають принципові конструктивні відмінності за реалізацією сили, що прискорює снаряд: електродинамічні (котушкові) та рейкотронні. Окремо слід виділити електротермохімічні гармати, де електрична енергія використовується для стабілізації згорання порохом заряду.

В даній роботі на основі аналізу параметрів прискорювачів визначено можливі напрями підвищення вогневої потужності бронетанкової техніки.

Рейкотронні гармати

У рейкотронному прискорювачі під час протікання струму через рейки та якорі снаряду виникають магнітні поля (рис. 1). За рахунок зміни напрямку струму на 90 градусів у точках контакту якоря з рейками відбувається перетин магнітних полів, що призводить до виникнення сили прискорення [1].

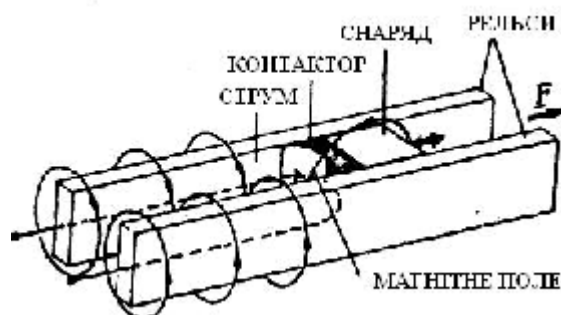


Рис. 1. Схема пристрою рейкотронної гармати

Існують багато кількість експериментальних установок рейкотронного типу, де досягнуто великі швидкості вильоту снарядів, але переважно невеликої маси. Наприклад, фірма "Westinhouse" створила лабораторну модель рельсової гармати

(рис. 2), з отриманням енергії від уніполярного генератора в 17,5 МДж [2-4]. Досягнуто прискорення снаряду масою 300 г до швидкості 4 км/с, що відповідає енергії на дульному зрізі близько 2,8 МДж. 31 січня 2008 г. на іспитах надпотужної гармати Railgun досягнуто рекорд для таких прискорювачів: кінетична енергія більше, ніж 10 МДж; прискорення - 45 000 G.



Рис. 2. Загальний вид рейкотронної гармати фірми "Westinhouse" [3]

Потужні електричні розряди призводять до швидкого пошкодження рейок, що значно обмежує їх ресурс. Окрім того, для отримання достатніх для танкової гармати швидкості снаряду необхідно використання джерел енергії, що перевищують десятки мегаджоулів, а на сучасному рівні це потребує занадто великих за розмірами накопичувачів енергії [5]. Тому такого типу прискорювачі вважається доцільним застосовувати на корабельних установках (рис. 3), де вимоги до габаритів системи не такі критичні.

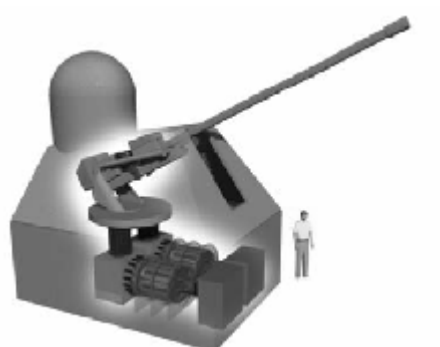


Рис. 3. Корабельна рейкотронна гарматна установка

Котушкові гармати

В індукційному прискорювачі під час протікання змінного струму у котушці-індукторі відбувається виникнення змінного магнітного поля, під дією якого індукується струм у струмопровідному колі снаряду, струм якого має протилежний напрям до напрямку струму у індукторі. Взаємодія струмів протилежного напрямку призводить до виникнення сили прискорення снаряду (рис. 4).

В роботі [2] наведено варіанти використання електромагнітних гармат. Наводяться дані, що в 1901 р. Беркеленд створив першу електромагнітну гармату

катушкового типу і використав її для розгону снаряда масою 500 г до швидкості 50 м/с. За допомогою другої великої гармати, створеної в 1903 р. і виставленої в теперішній час в норвезькому технічному музеї в м. Осло, було досягнуто прискорення снаряда масою 10 кг до швидкості приблизно 100 м/с. Калібр гармати 65 мм, довжина 10 м. Під час випробувань одноступінчатої гармати катушкового типу, що проводилися в інституті Ернста Маху у Вейле-на-Рейні у 1970 р., Хас і Циммерманн розігнали металеве ядро масою 1,3 г до швидкості 490 м/с. В 1976 р. в Радянському Союзі Бондалетов і Іванов розігнали металеве ядро приблизно такої ж маси до швидкості 4,9 км/с.

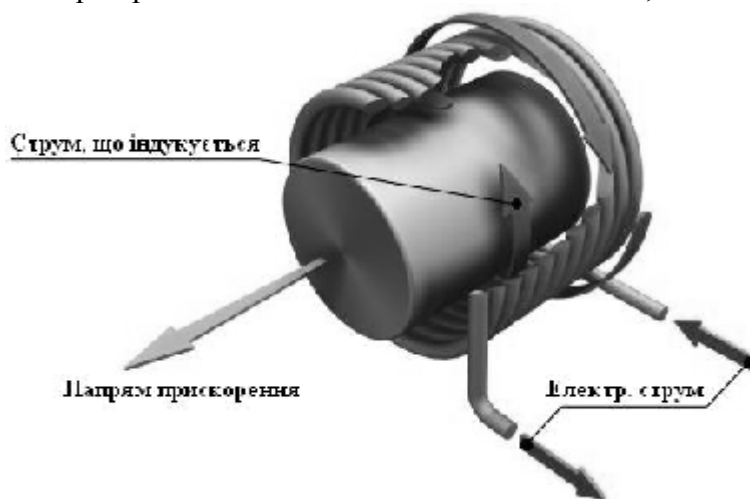


Рис. 4. Схема дії катушкової гармати

Для досягнення потрібних швидкостей артилерійського снаряду необхідно послідовне розміщення катушок повздовж каналу ствола. При цьому, виникають проблеми узгодження подавання розрядних імпульсів на катушки [10, 11]. Залишаються проблеми з джерелом живлення.

Електротермохімічні гармати

В електротермохімічному (ЕТХ) прискорювачі прискорення снаряду забезпечується за рахунок зростання тиску у камері, яке відбувається в результаті виділяння хімічної енергії від згорання заряду та електричної енергії від імпульсного джерела живлення.

На заході модернізація танкових гармати відбувається шляхом застосування ЕТХ прискорювача [12, 13]. Машина «Грозвий удар» отримана в результаті модифікації системи бронетанкового озброєння М8 та розташована на шасі вагою 18 т (рис. 5). Дизельний двигун в машині було замінено на гібридну електрично-керовану систему з напругою забезпечення у 600 В постійного струму. Замість 105 мм гармати використовувалася експериментальна 120 мм гармата. В машині також було переобладнано систему заряджання та систему контролю вогню.



Рис. 5. Бойова машина «Грозвий удар» з ЕТХ гарматою [12]

У ЕТХ гарматі електрична енергія використовується для збільшення енерговіддачі та керування процесом виділення хімічної енергії з розповсюджених твердих зарядів, та тих, що розробляються, шляхом дії на процес згорання високотемпературної високо-енергійної плазми.

Переваги ЕТХ гармати:

- Використання хімічної та електричної енергії;
- Покращена точність наведення на ціль за рахунок стабілізації часу затримки запалення;
- Максимальна швидкодія за різних погодних умов;
- Збільшена вражаюча дія за рахунок використання покращеного пороху;
- Надійне запалення застарілого пороху.

Підвищення точності наведення на ціль досягнута за рахунок стабілізації часу затримки запалення. Слід зазначити, що зміна динаміки зростання тиску у камері згорання майже не відбувається, тобто швидкість снаряду у такій системі майже не збільшена (рис. 6).

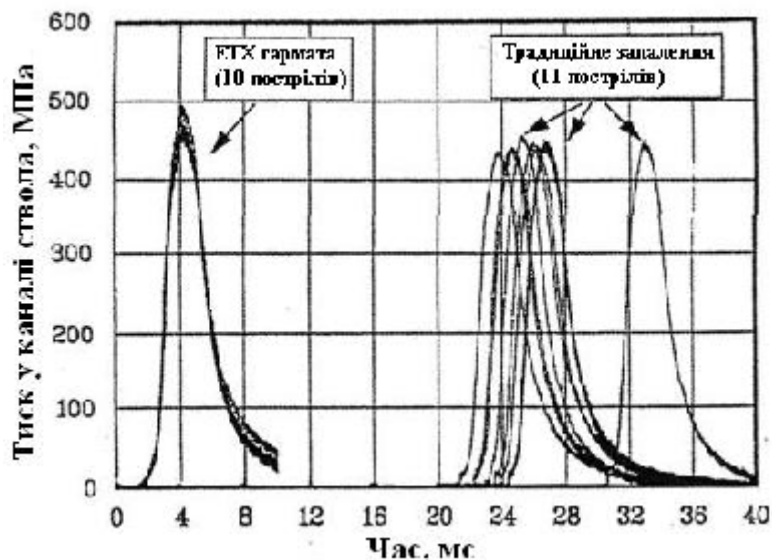


Рис. 6. Порівняння динаміки тисків, що виникають у каналі ствола [12]

До складу системи забезпечення ЕТХ гармати (рис. 7) входять наступні основні підсистеми:

- Система імпульсного енергозабезпечення, що включає в себе джерело енергії у вигляді акумуляторів, потужний пристрій формування сигналу у вигляді електронного, або електромеханічного перетворювача енергії, та формувач електричного імпульсу на основі електричних ємностей.
- Артилерійські боєприпаси, до складу яких входить снаряд, паливний заряд та плазмовий генератор;
- Гармата, що включає ствол, казенну частину, та пристрій для підводу потужності.

Система імпульсного енергозабезпечення складалася з двох основних систем. Це система перетворення напруги з напруги заряду акумуляторів у 600 В до напруги генерації плазми у 6,5 кВ та система формування розрядного імпульсу (табл. 1). Перша система була розроблена компанією «Американський надпровідник», друга — компанією «Об'єднані системи електроніки та атомної техніки». Для зменшення габаритів системи та її маси були розроблені електричні ємності з щільність енергії 2,5 Дж/см³.

Розміщення ЕТХ гармати в танку викликає певні труднощі. Так, в даній системі озброєння використовується висока напруга і сильні електричні поля, не характерні для традиційного озброєння. Для забезпечення роботи такої системи необхідні відповідні пристрої для генерування, накопичення енергії і отримання достатньої потужності. При цьому виникають проблеми в області механіки, електротехніки і забезпечення достатнього рівня безпеки.

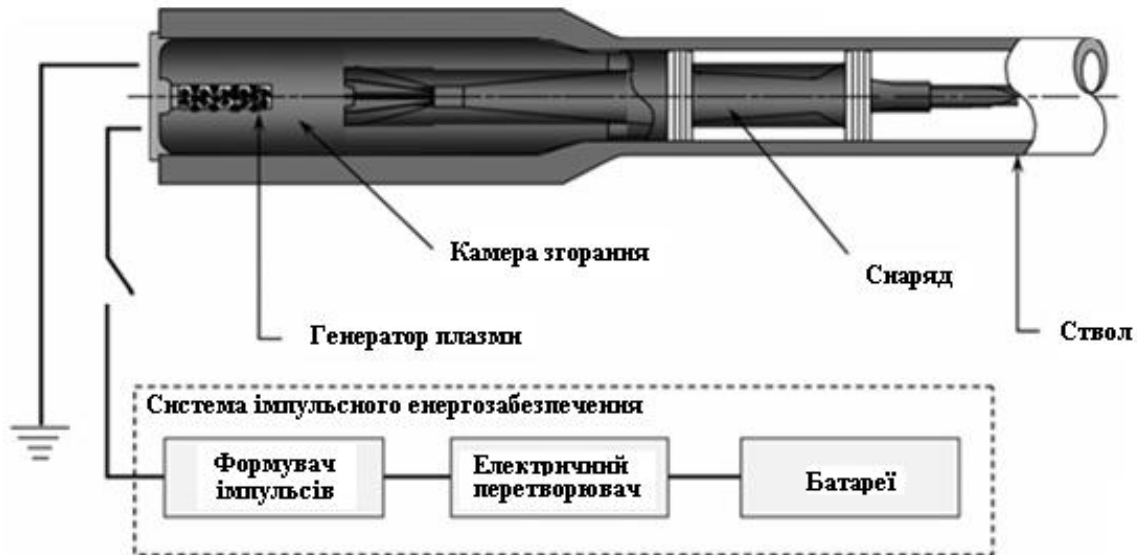


Рис. 7. Блочна схема системи енергозабезпечення ЕТХ гармати

Таблиця 1

Характеристики системи енергозабезпечення [12, 13]

Енергія, що накопичується	100 кДж
Об'єм системи	0,2 м ³
Маса	220 кг
Темп пострілів	12 пост. за хвилину
Темп пострілів на тривалий час	1 постріл за хвилину на протязі 18 хвилин
Максимальна напруга	6,5 кВ
Максимальний струм	47 кА

Недоліки ЕТХ систем:

- Необхідність захисту екіпажу та електрообладнання від магнітного поля (рис. 8);
- Жорсткість вимог до електронного обладнання щодо його захисту від перенапруг та пробиття;
- Необхідність потужного джерела електричної енергії.

Варіант модернізації системи озброєння танків ЗС України

Вочевидь, модернізація системи озброєння танка ЗС України повинна відбуватись з урахування сучасних реалій, тобто бути мали витратною.

Враховуючи те, що збільшення дальності прямого пострілу на нашому театрі воєнних дій необхідно лише у виняткових випадках, то доцільно здійснити створення системи додаткового прискорення, яка може легко монтуватися на танк, та не

потребувати його переобладнання. Використання порохового заряду для попереднього прискорення снаряду суттєво зменшує енергетичні вимоги до системи додаткового електромагнітного прискорення.

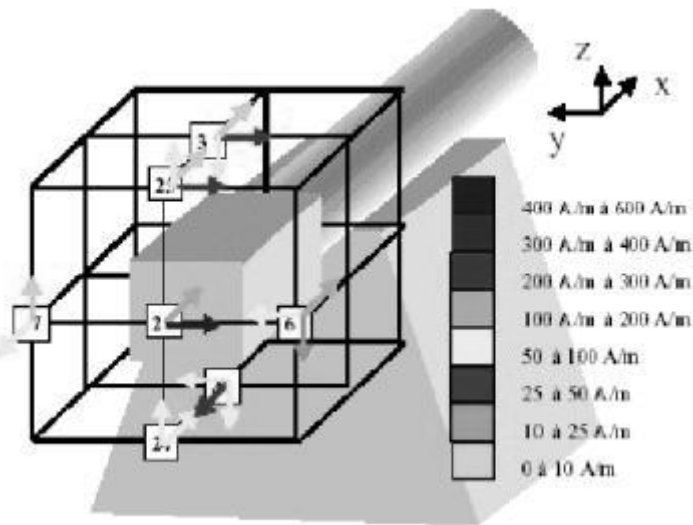


Рис. 8. Результати досліджень магнітного поля, що виникає під час пострілу [13]

Одним із напрямків покращення бойової ефективності танкової гармати є спорядження штатної гармати коаксіальним індукційним прискорювачем снарядів. Індукційне прискорення в такій гарматі забезпечується взаємодією вихрового струму, що виникає у електропровідному кільці снаряду, та імпульсного магнітного поля індуктора. В якості компактного джерела електричної енергії передбачається вибухомагнітний генератор, який є джерелом електромагнітного імпульсу. В такій комбінації прискорювач може бути використаний для додаткового прискорення бронебійних снарядів та окремих пострілів у разі значного віддалення до цілей. Пропонується приєднання прискорювача до каналу ствола (рис. 9). До складу виконавчого елемента прискорювача входить корпус індуктора та безпосередньо індуктор.

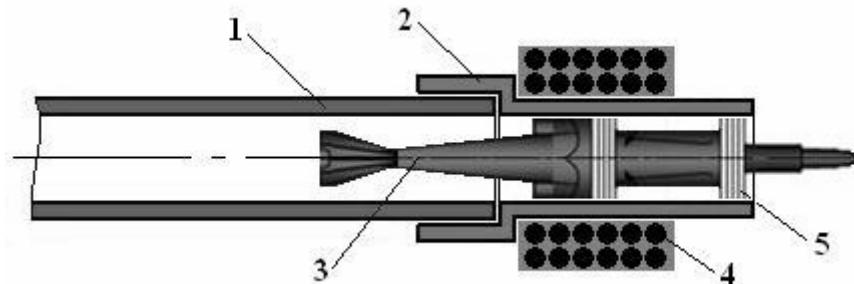


Рис. 9. Варіант дообладнання танкової гармати коаксіальним індукційним прискорювачем: 1- ствол, 2 – корпус індуктора, 3 – снаряд, 4 – індуктор, 5 – струмопровідні кільця бронебойно-підкаліберного снаряда

Під час протікання змінного струму у індукторі відбудеться індукція струму у двох струмопровідних кільцях, що розташовані безпосередньо на снаряді та виникнення сили, яка забезпечить додаткове прискорення снаряду (рис. 10).

Для підвищення ефективності дії прискорювача пропонується виготовлення другого кільця на снаряді у вигляді півкільця з під'єднаною до нього ємністю. Таким чином, в перший півперіод розряду прискорення снаряду відбуватиметься за рахунок взаємодії струмів у першому кільці та індукторі. В той же час в другому кільці

відбуватиметься накопичення енергії. В подальшому прискорення снаряду забезпечиться взаємодією розрядного струму у другому кільці та струму, що виникає у другому полю періоді розряду на індукторі. Тобто відбудеться зростання сили прискорення за рахунок зростання струму у другому кільці з відповідним підвищенням ефективності прискорення.

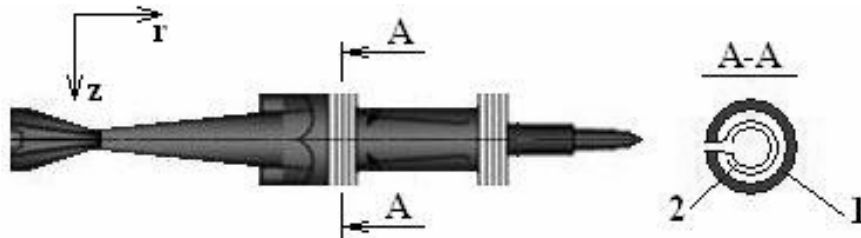


Рис. 10. Варіант устрою струмопровідних кілець з накопичувачем енергії:
1 – струмопровідне напівкільце, 2 – електрична ємність

Подальший розвиток техніки може привести до комплексного вирішення питання енергозабезпечення броньованих об'єктів [14].

Висновки

Доцільно модернізацію танкового озброєння здійснювати на основі сумісного використання електричної та хімічної джерел енергії. За цим принципом, підвищення вогневої потужності танків можливо шляхом дообладнання гармати системою індукційно-динамічного прискорювача. Використання вибухо-магнітного генератора як джерела енергії прискорення дозволяє досягти переваг електрохімічних джерел щодо їх компактності. Розміщення такого джерела зовні машини забезпечить безпеку екіпажу та обладнання танка від електромагнітного випромінювання.

Література: 1. Болюх В.Ф., Коритченко К.В. Основні напрямки розвитку електромеханічних імпульсних прискорювачів // Електротехніка і електромеханіка, Х.: НТУ «ХП», 2009. - №4. – С. 7-13. 2. Wolfram Witt, Marcus Loffler The Electro-magnetic Gun - Closer to Weapon-System Status // Military Technology, 1998, No 5. - p. 80-86. 3. McNab I.R. Launch to space with an electromagnetic railgun // IEEE Trans. Magnetics, 2003. - vol. 39, No.1. – pp. 295 – 304. 4. Shvetsov G.A., Rutberg P.G. Kolikov V.A. Electric launch in Russia. A review of recent results // IEEE Trans. Magnetics, 1999. - vol. 35, No.1. – pp.37 – 43. 5. Василенко В.В., Усенко Н.М., Полещук В.А. Импульсные источники электрической энергии для электромагнитных средств вооружения // Информационно-технический бюллетень танковых войск, 1990. - № 19. – С. 62-68. 6. Snow W.S., Willig R.L. Design criteria for brush commutation in high speed traveling wave coilgun // IEEE Trans. Magnetics, 1991. - vol. 27, No.1. – pp. 654 – 659. 7. Balikci A. Zabar Z. Birenbaum L. Improved performance of liner induction launchers // IEEE Trans. Magnetics, 2005. - vol. 41, No.1. – pp. 171 – 175. 8. Elliott D.G. Travelling-wave synchronous coilgun // IEEE Trans. Magnetics, 1991. - vol. 27, No.1. – pp. 647 – 649. 9. He J.L., Zabar Z., Levi E. Transient performance of linear induction launchers // IEEE Trans. Magnetics, 1991. - vol. 27, No.1. – pp. 585 – 590. 10. Andrews J.A., Devine J.R. Armature design for coaxial induction launchers // IEEE Trans. Magnetics, 1991. - vol. 27, No.1. – pp.639 – 643. 11. Гришин Ю. Перспективы развития морских артиллерийских систем крупного калибра // Зарубежное военное обозрение, 2008. - № 9. – С. 72-75. 12. Ph. Bidoriniets, M. Aragier 120mm weapon integration constraints in a heavy tank // 13th EML Symposium, May 22-25, Berlin, Germany. - paper 96. 13. B. Goodell Electrothermal chemical (ETC) armament system integration into a combat vehicle // 13th EML Symposium, May 22-25, Berlin, Germany. - paper 86. 14. Иванов О. Американский электрический танк АЕТ // Зарубежное военное обозрение, 1997. - № 4. – С. 25-29.

Кочерга А.Г., Кoryтченко К.В.

СРЕДСТВА УСКОРЕНИЯ БРОНЕБОЙНО-ПОДКАЛИБЕРНОГО СНАРЯДА
ТАНКОВОЙ ПУШКИ

На основе анализа параметров ускорителей определены возможные направления повышения огневой мощности бронетанковой техники. Модернизацию системы вооружения танка Вооруженных Сил Украины в условиях ограниченного финансирования целесообразно осуществлять путем дооборудования пушки системой индукционно-динамического ускорения.

Kocherga A.G., Korytchenko K.V.

MEANS OF ACCELERATION OF ANTITANK PROJECTILE IN TANK GUN

It was proposed possible directions of increase of fire power of armoured vehicles on the basis of analysis of parameters of acceleration devices. It is expedient to carry out modernization of the system of tank armament of Military Forces of Ukraine in the conditions of the limited financing by supporting of gun by the system of induction-dynamic acceleration.
