

# Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia de Securitate 9(2) (2019)

ISSN 2657-8549

DOI 10.24917/26578549.9.2.9

**Jakub Idzik**

ORCID ID 0000-0002-1642-0486

Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie

## Broń elektromagnetyczna jako znaczący krok w rozwoju artylerii

### Wstęp

Na współczesnym pola bitwy artyleria odgrywa dominującą rolę, zapewniając siłę ognia w starciu z udziałem mieszanego uzbrojenia<sup>1</sup>. Należy jednak zaznaczyć, że w przeciwieństwie do przeszłych trendów, obecnie liczą się precyzyjne uderzenia o charakterze przeciwwagowym na arenie w strukturze sieciowej, sprzecznej z propektem broni nuklearnej. Pole działań zostaje scharakteryzowane przez przejrzystość pola bitwy, wymagającego wysokiego poziomu nieliniowości do zapewnienia jednoczesnego prowadzenia działań na poziomach taktycznym, operacyjnym i strategicznym. Wojny przyszłości będą krótkie, a teatr działań mógłby znajdować się wzdłuż granic albo występować na różnych kontynentach. Klasycznie artyleria zajmuje się nadzorem, wyznaczaniem celów, ostrzałem wybranych celów oraz szacowaniem wyrządzonych szkód, kształtuje pole bitwy tak, aby zapewnić przejrzystość teatru działań. Co więcej, jest zdolna do odwetowego ostrzału o znacznej sile, miażdżąc trafione cele, co z kolei znacząco ułatwia zadanie piechoty. Mimo, iż od blisko dwóch dekad nie spotkano się z operacyjnym zastosowaniem takiej siły rażenia, nadal ważna jest modernizacja uzbrojenia, jak również sprzętu do nadzorowania i namierzania celów „SATA” [ang. *Surveillance and Target Acquisition*], aby móc dorównać wrogowi w potencjalnym starciu<sup>2</sup>.

Celem artykułu jest nakreślenie głównych uwarunkowań funkcjonowania współczesnej artylerii oraz wyzwań, jakie niesie za sobą przyszłość, zwłaszcza rozwój broni elektromagnetycznej. Opracowanie powstało jako efekt praktycznych zainteresowań autora, w oparciu o polską literaturę przedmiotu, ale także rzadko dostępne i cytowane w polskich pracach publikacje zagraniczne.

---

1 J. Idzik, *Ołowiany grad: zarys historii rozwoju artylerii do czasów przednapoleońskich*, „Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis Studia de Securitate et Educatione Civili” 2018, t. 8, nr 224, s. 35–53.

2 A.H. Sharoin, L.D. Bacon, *The Future Combat System*, „ARMOR” 1997, wrzesień-październik, s. 29–31.

## Wyzwania technologiczne

Modernizacja wyposażenia artyleryjskiego stwarza poważne wyzwanie, a dokładniej odnosi się do unowocześniania platform, amunicji czy sprzętu SATA. Ulepszenia w platformach artyleryjskich mają dotyczyć głównie zwiększania efektywnego zasięgu, wprowadzenia możliwości obsługi autonomicznej, podwyższenia szybkostrzelności, umożliwienia szybkiej zmiany rozłokowania po oddaniu strzału, a także możliwości obsługiwanego taktycznego arsenału nuklearnego. Odnośnie amunicji, celem jest zwiększenie pośredniego zasięgu działania na polu bitwy, a co za tym idzie, posiadanie dużej palety różnorodności dysponowanej amunicji, przy połączeniu wielofunkcyjnej, ulepszonej i zmodyfikowanej amunicji. Dodatkowo, pojawiło się zapotrzebowanie na amunicję o wysokim poziomie precyzji trafienia, przez co należy rozumieć poprawę trajektorii, zdalne nakierowywanie lub za pośrednictwem oznaczania – naznaczania celów, a także amunicję z wbudowanymi sensorami<sup>3</sup>.

Działa są w stanie pokryć zasięg działań taktycznych, ale obecnie istnieje zapotrzebowanie na rakiety przystosowane do misji operacyjnych, a także rakietowe pociski balistyczne zdolne dostarczać niszczącą siłę w zakresie strategicznym, gdy należy zwrócić szczególną uwagę na wyposażenie typu SATA dla zapewnienia nadzoru przy zasięgach tego rzędu. Przy czym obecnie taką właśnie rolę pełnią bezzałogowe pojazdy latające potocznie zwane UAV [ang. *Unmanned Aerial Vehicle*], które są zdolne do przeprowadzania misji obserwacyjnych dalekiego zasięgu (co ciekawe, mając na uwadze szybkość postępu technologicznego, można przypuszczać, że rola i zadania UAV'ów zostaną uzupełnione o obecność satelitów orbitujących sam księżyc). W walce kontaktowej z pewnością zostaną użyte radary, zdolne do wskazywania pozycji wrogiego ostrzału, dźwiękowe systemy pomiaru odległości oraz systemy rozpoznawczo-obszerny dalekiego zasięgu, które dodatkowo zawierają będą wbudowane systemy nawigacyjne, dyferencyjny GPS (DGPS), a także laserowe dalmierze. Podczas wprowadzenia omawianych zmian technologicznych, ważne jest, aby całe wymienione wyposażenie było specjalnie dostosowane w zależności od zapotrzebowania operacyjnego. Aby właściwie dostosować sprzęt artyleryjski należy mieć na uwadze charakterystykę terenu, na którym artyleria będzie rozłokowana, a także rolę formacji, w ramach której będzie funkcjonować. Z układu tych kategorii wynika potrzeba zróżnicowania wyposażenia, takiego jak gąsienicowe działa samobieżne, jak również kołowe, a także ultra lekkie haubice i moździerz. Przedstawione wyposażenie byłoby wykorzystywane w charakterze wsparcia małego zasięgu, dlatego należałoby dodatkowo wzmocnić je bateriami raketowymi i wyrzutniami pocisków raketowych. Takie modernizacyjne przedsięwzięcia są ważne w zachowaniu dużego zasięgu oraz elastyczności działania.

---

3 B.L. Dastrup, *Artillery Strong. Modernizing the Field Artillery for the 21st Century*, Kansas 2018, s. 203–213.

## Stopień modernizacji

Modernizacja artylerii, jaką niesie za sobą współczesność, przebiega w dość wolnym tempie. Dzieje się tak, ponieważ złożone procedury zamówień opóźniają wprowadzanie nowych technologii, zaś drugim problemem jest umieszczanie potencjalnych producentów zbrojeniowych na czarnych listach. Udało się wyznaczyć podstawowy ekwipunek, który obecnie jest już przestarzały, lecz pomimo wszelkich starań, nadal istnieje potrzeba wykonania znaczących postępów w zaopatrywaniu się w broń. Można jednak wskazać, że udało się ulepszyć stare wyposażenie na tyle, aby mogło sprostać wymaganiom dzisiejszego pola bitwy. Niewątpliwie wprowadzenie licznych naziemnych systemów raketowych oraz naddźwiękowych pocisków samosterujących dalekiego zasięgu zostało zauważone jako znaczący punkt w rozwoju uzbrojenia artyleryjskiego<sup>4</sup>.

Postępy w urządzeniach SATA pozwalają na zanotowanie zauważalnego wzrostu w potencjale, a opanowanie konstrukcji urządzeń bezzałogowych pokazało jak wielką rolę są w stanie pełnić w zakresie obserwacji, monitoringu i nadzoru. Radary razem z systemem rozpoznania i obserwacji dalekiego zasięgu zostały zoptymalizowane, a systemy lokalizacji broni otrzymały ulepszenia zwiększające precyzję działania oraz wprowadzone zostały nowe wymagania jakościowe odnośnie dźwiękowych urządzeń pomiarowych, z ogólnym celem globalizacji systemu. Dzięki DGPS, GPS i laserowym dalmierzom, powszechne rozumienie technik obserwacyjnych i ich filozofii zostało zoptymalizowane. Aktualnie rozważane są możliwości poprawy skuteczności pierwszego ostrzału w ramach działań operacyjnych, do czego niezbędnym narzędziem może się okazać system meteorologiczny, który w połączeniu z podzespołami SATA powinien dostarczyć dokładnych danych meteorologicznych, aby zapewnić precyzję trafienia pierwszego pocisku. Największym mnożnikiem sił zaobserwowanym w 2009 było wprowadzenie artyleryjskiego systemu dowodzenia i kontroli bojowej, który zautomatyzował obliczanie i przekazywanie danych w linii obserwator – punkt obserwacyjny – korpus, a obróbką tych danych zajmuje się system nadzoru pola bitwy BSS (ang. *Battlefield Surveillance System*).

Analizując obecnym stan zaopatrywania, można śmiało powiedzieć, że przyszłość artylerii jest jak najbardziej świetlana, a ona sama nie odejdzie do historii przez najbliższe dekady. Potwierdza to proces zaopatrzenia dział, raket oraz pocisków balistycznych, który znajduje się w różnych stanach zaawansowania. W dodatku uzbrajanie bezzałogowców poszerzyło ich dotychczasowe spektrum działania o dodatkowe możliwości rażenia celów, poza ich podstawową funkcją sprawowania nadzoru nad polem bitwy, przy czym można się spodziewać, że jakiegokolwiek problemy ogólne zostaną uproszczone.

Przewiduje się, że udział sektora prywatnego w produkcji na rzecz obronności zwłaszcza dział i raket znacząco się podniesie, zwiększając konkurencję, co też umożliwi łatwe pozyskiwanie i zaoszczędzi czas konieczny na konserwację i utrzymanie supernowoczesnej broni, co z kolei spowoduje, że w razie wojny, nikt nie będzie pozostawiony bez możliwości pozyskania broni – przynajmniej ci zamożni

---

4 P.K. Chakravorty, *Modernisation and Future Equipment: Profile of Regiment of Artillery*, „Claws Journal” 2010, Winter, s. 147.

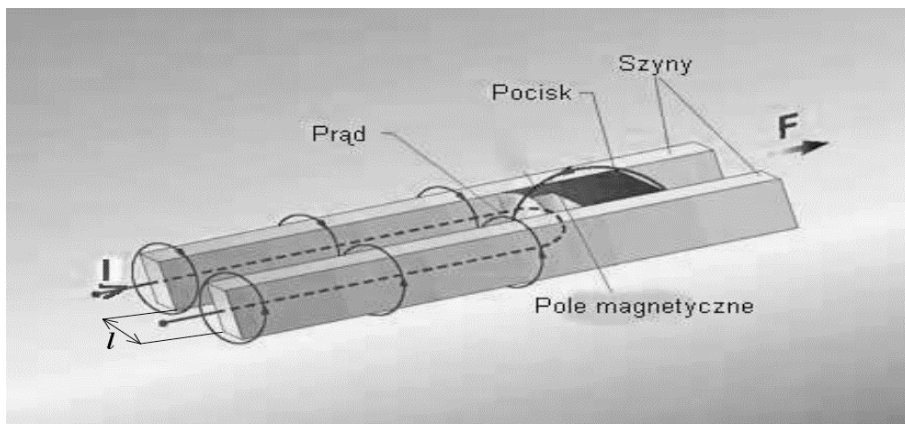
– jednakże należy zwracać szczególną uwagę na umieszczanie firm na czarnych listach. Takie procedury powinny być podejmowane z zachowaniem należytych zasad sprawiedliwości, tak aby sam proces zaopatrywania nie został naruszony.

Mając na uwadze powyższe rozważania, należy podkreślić, że istnieje pewna potrzeba przyspieszenia procesu modernizacji artylerii. Jako że jest to pierwotna siła rażenia, musi być wyposażona w najnowocześniejszy sprzęt, działa, rakiety i pociski, aby odstraszyć wroga przed podjęciem jakichkolwiek decyzji w teatrze działań. Co więcej, systemy SATA muszą dostarczać wsparcia informacyjnego i namierzania celów, aby zniszczyć możliwości wojenne wroga.

## Broń elektromagnetyczna

Nowym istotnym kierunkiem rozwoju współczesnej artylerii jest wykorzystanie broni elektromagnetycznej<sup>5</sup>. Są to urządzenia wykorzystujące zasadę działania siły elektromagnetycznej do „wystrzelenia” pocisku z bardzo dużą prędkością, wykorzystując ruch *twornika* rozpędzonego pomiędzy parą przewodzących elektryczność szyn. Dla broni takiej konstrukcji można uznać za typowe, że amunicja, w przeciwieństwie do amunicji konwencjonalnej, składa się wyłącznie z pocisku, nie posiada i nie potrzebuje ładunku wybuchowego do rozpędzenia, przez co siła rażenia takiego pocisku opiera się wyłącznie na jego prędkości poruszania się. W *dziale szynowym* [ang. *Railgun*] wykorzystuje się parę równoległych przewodników czy też szyn, wzdłuż których porusza się twornik rozpędzany efektem siły elektromagnetycznej, wywoływanej przepływem prądu elektrycznego z jednej szyny do twornika i do drugiej szyny. Zasada działania wygląda podobnie do tej wykorzystanej w silniku prądnicowym<sup>6</sup>.

Rysunek 1. Schemat działania działa elektromagnetycznego (EM)



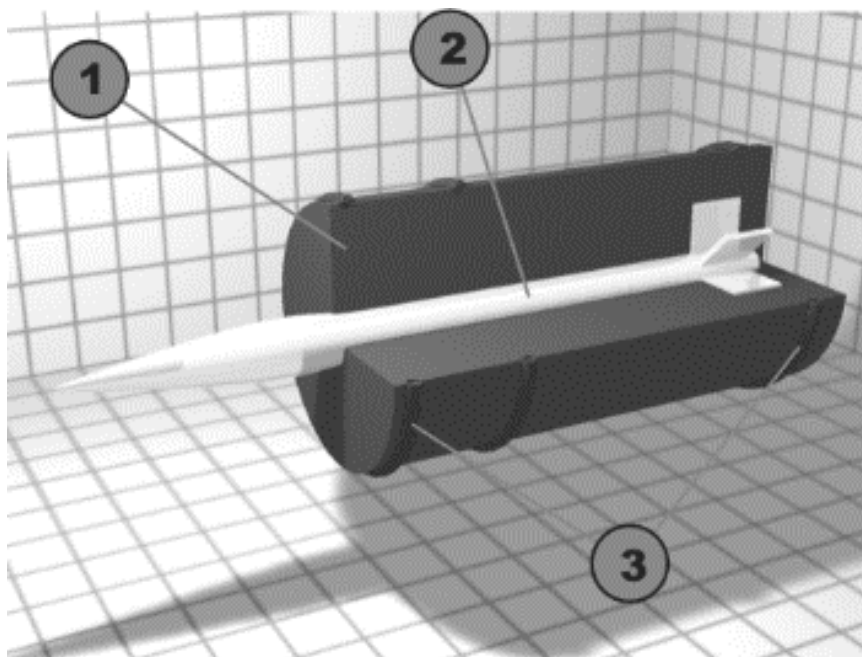
Źródło: H. Knapczyk, Z. Raczyński, *Działo elektromagnetyczne bronią przyszłości*, „Problemy Techniki Uzbrojenia” 2009, nr 38, z. 109, s. 80.

5 B.L. Dastrup, *Artillery Strong...*, s. 217.

6 E.M. Schmidt, *Comparison of the recoil of conventional and electromagnetic cannon*, „Shock and Vibration” 2001, vol. 8, s. 141–144.

Jeszcze przed 2014 rokiem były przeprowadzane badania nad działami szynowymi jako bronią nadającą bardzo dużą energię kinetyczną pociskowi za pośrednictwem sił elektromagnetycznych. Sam pocisk to kawałek twardego stopu o dużej objętości. Należy pamiętać że wszystkie właściwości odnoszą się do wartości materiałowych, nie zaś rozmiarów pocisku. Swoim kształtem bardzo przypomina podkalibrowy pocisk przeciwpancerny w sabocie, stabilizowany lotkami. Należy wspomnieć, że zwykła amunicja artyleryjska nie jest w stanie rozpędzić pocisku do prędkości dochodzącej do 2 km/s, natomiast działo elektromagnetyczne jest w stanie natychmiastowo nadać pociskowi prędkość przekraczającą 3 km/s, co niewyobrażalnie zwiększa skuteczny zasięg, ale eliminuje możliwość prowadzenia ognia pośredniego, bez kontaktu wzrokowego. Niszczący potencjał pocisku zależy od energii kinetycznej w punkcie zderzenia – trafienia, a zważywszy na to że działo EM wyrzuca pociski ze znacznie większą prędkością, to obrażenia spowodowane uderzeniem takiego pocisku są nieporównywalnie większe niż w przypadku pocisków wystrzeliwanych tradycyjnie. Z racji braku ładunku miotającego czy obecności głowic, a także małej ceny za amunicję w porównaniu z bronią konwencjonalną, działo EM ma wiele zalet<sup>7</sup>.

Rysunek 2. Przekrój pocisku podkalibrowego



1. Sabot – dopełnienie kalibru lufy.
2. Rdzeń penetrujący – zakończony czubkiem zwiększający moc „punktowego” uderzenia.
3. Pierścienie wiodące – zapewniają pożądany ruch sabotu z rdzeniem w lufie.

Źródło: I.R. Mcnab, *Launch to space with an electromagnetic railgun*, „IEEE Transaction of Magnetics” 2003, vol. 39, no. 1, s. 299.

<sup>7</sup> H. Knapczyk, Z. Raczyński, *Działo elektromagnetyczne bronią przyszłości*, „Problemy Techniki Uzbrojenia” 2009, r. 38, z. 109, s. 84.

Nie mniej jednak pomimo wielu zalet, w 2014 działa EM nadal były w fazie badań i nadal nie jest pewne, czy rzeczywiście będą stosowane przez wojsko w bardziej praktycznej postaci. Porównując napęd w działie EM i konwencjonalnym, należy wskazać, że system napędowy w przypadku działa szynowego jest o wiele bardziej skomplikowany z racji na fakt impulsowego źródła energii, potrzebnego do działania.

Poza zastosowaniem militarnym, NASA zaproponowało użycie działa szynowego do wyrzucania klino-podobnych statków z napędem naddźwiękowym na duże wysokości z prędkością 10 Machów (ok. 11 tys. km/h), skąd będzie możliwość wystrzeliwania na orbitę małych ładunków przy użyciu standardowego napędu raketowego. Ekstremalne przeciążenia towarzyszące bezpośrednio wystrzałowi z działa EM, może ograniczyć możliwość wysyłania ładunków do tych najwytrzymalszych. Alternatywą jest wykorzystanie wystarczająco długiego systemu szyn, aby zmniejszyć przyspieszenie potrzebne do wystartowania<sup>8</sup>.

W swojej najprostszej postaci dział EM różni się od tradycyjnego silnika elektrycznego, w którym nie używa się dodatkowych uzwojeń. Prosta konstrukcja jest osiągnięta przy użyciu pojedynczej pętli i przez to wymaga dużej ilości prądu – rzędu miliona amperów – do osiągnięcia właściwego przyspieszenia. W zasadzie dość popularny wariant konstrukcji stanowi rozszerzone dział szynowe, w którym prąd jest przeprowadzany przez dodatkową parę równoległych przewodników, ułożonych w taki sposób, aby zwiększyć („rozszerzyć”) pole elektromagnetyczne oddziałujące na ruchomy twornik. Taka konfiguracja pozwala na takie samo rozpędzenie przy mniejszym zużyciu prądu, a w nomenklaturze silników elektrycznych takie dział posiada bardzo liczne uzwojenia, niektóre działa wykorzystują nawet silne magnesy neodymowe, których pole jest prostopadłe względem kierunku przepływu prądu, co dodatkowo zwiększa moc, z jaką wyrzucany jest pocisk<sup>9</sup>.

Twornik może stanowić integralną część pocisku, lecz może zostać skonfigurowany do oddzielnego przyspieszania pocisku elektrycznie odizolowanego lub pocisku nieprzewodnikowego, a najchętniej stosowane są tworniki wykonane z solidnego stopu metalu, choć istnieją również tworniki plazmowe lub hybrydowe. Plazmowy tworzy się poprzez łuk zjonizowanego gazu, który jest używany do wyrzucenia jednolitego nieprzewodzącego ładunku w podobny sposób, jak w przypadku konwencjonalnych dział. Hybrydowy wykorzystuje parę „plazmowych” kontaktów, aby sprząc metalowy twornik z szynami. Jednolite tworniki mogą także przekształcić się w hybrydowe w wyniku typowego przekroczenia określonego progu prędkości<sup>10</sup>.

Dział EM wymaga impulsowego źródła zasilania prądu stałego, ponieważ osiąga znacznie większe prędkości wylotowe niż działa używające chemicznych ładunków miotających. Zwiększone prędkości wylotowe razem z pociskami

---

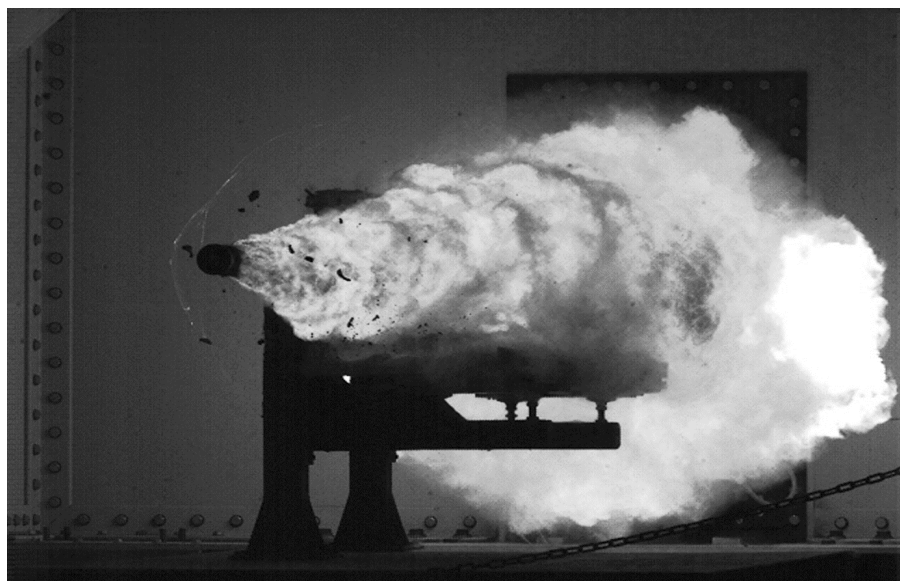
8 M.J. Dougherty, *Artillery and Missiles*, Nowy Jork 2013, s. 44.

9 J. Louth, J. Bronk, *Science, Technology and the Generation of the Military Instrument*, „The RUSI Journal” 2015, vol. 160, no. 2, s. 58–67.

10 I. Whitelegg, R.W.G. Bucknall & B.T. Thorp, *On electric warship power system performance when meeting the energy requirements of electromagnetic railguns*, „Journal of Marine Engineering & Technology” 2015, vol. 14, no. 2, s. 85–90.

aerodynamicznymi mogą pozwolić na zwiększenie zasięgu, a co za tym idzie, mogą zwiększyć efektywność przy dużych prędkościach z użyciem pocisków kinetycznych – siła rażenia określona jest w dostarczanej punktowo energii kinetycznej pocisku – zamiast pocisków odłamkowych. Dlatego też konstrukcja tego typu dla potrzeb wojska jest nastawiona na zasięg rażenia, prędkość wylotową w zakresie 2–3,5 km/s z energią kinetyczną przy lufie w zasięgu 5–50 MJ (Megadżuli). W ramach porównania 50 MJ to odpowiednik wartości energii kinetycznej 5-tonowego autobusu poruszającego się z prędkością 509 km/h. Dla dział EM o pojedynczej pętli takie wymagania operacyjne wymagają prądu o wartości kilku milionów amperów, więc źródło zasilania typowego dział EM może zostać przeprojektowane do dostarczenia 5MA przez kilka milisekund. Siła pola magnetycznego do wyrzutów tego typu będzie wynosić ok. 10 tesli (100 kilogaussów), przy czym większość współczesnych jest konstruowana z „rdzeniem powietrznym”, co oznacza, że nie wykorzystują żadnych materiałów ferromagnetycznych (jak np. żelazo) do wzmocnienia strumienia magnetycznego. Jednakże, jeśli lufa jest wykonana z materiału nieblokującego pola magnetycznego, to siła pola zwiększa się przez zmniejszenie oporu, co automatycznie zwiększa siłę potencjalnego „wyrzutów”<sup>11</sup>.

Rysunek 3. Test dział elektromagnetycznego w Naziemnym Centrum Wojskowym Marynarki Stanów Zjednoczonych w styczniu 2008 roku



Źródło: [http://www.defence24.pl/cache/img/1000\\_470\\_matched\\_p3w30f\\_283e8be6d6e8301ec-5035262c216e025.jpg](http://www.defence24.pl/cache/img/1000_470_matched_p3w30f_283e8be6d6e8301ec-5035262c216e025.jpg), [dostęp: 25.02.2019].

Prędkości dział szynowych w większości przypadków zaliczają się do kategorii zasięgu osiągalnego przez 2 fazowe lekko-gazowe działa, jednakże uważa się, że

<sup>11</sup> J. Tzeng, *Electromagnetic and Conventional Guns Comparison from a Mechanics and Material Perspective*, „Materials and Manufacturing Processes” 2012, vol. 27, no. 8, s. 830 i n.

nadają się do użytku laboratoryjnego, aczkolwiek istnieje przekonanie, że działa EM oferują nie lada potencjał dla rozwoju uzbrojenia. Jeśli udałoby się rozwinąć technologię zasilania dział EM do stworzenia bezpiecznej, kompaktowej, niezawodnej, wytrzymałej na warunki bojowe, lekkiej jednostki zasilającej, to gabaryty i masa całkowita systemu zaopatrywanego w tego typu źródło zasilania łącznie z pierwotnym paliwem, stałaby się o wiele lżejsza niż odpowiednik konwencjonalny z taką samą ilością ładunków miotających i amunicji, potrzebnych do wykonania misji. Właśnie taka technologia rozwinęła się z wprowadzeniem Elektromagnetycznego Sytemu Startu Powietrznego. Niestety dział szynowe wymaga znacznie większej ilości energii, ponieważ podobne ładunki elektryczne są dostarczane w kilka milisekund, a nie sekund. Dalszy rozwój tej technologii dawałby dodatkową przewagę, usuwając czynnik wybuchowy z broni, co zmniejszyłoby jej wrażliwość na ostrzał wroga<sup>12</sup>.

### Konstrukcja dział elektromagnetycznego

Dział szynowe składa się z 2 metalowych szyn (stąd nazwa) podłączonych do elektrycznego źródła zasilania. Kiedy przewodnikowy pocisk zostaje umieszczony pomiędzy szynami, a one podłączone z tyłu do zasilania, zamyka się tym samym obwód, elektrony przepływają z ujemnego bieguna terminalu źródła zasilania do ujemnej szyny, przez pocisk, do dodatniej szyny i z powrotem do źródła.

Prąd powoduje, że dział zachowuje się jak elektromagnes, tworząc pole magnetyczne wewnątrz pętli po całej długości szyn, aż do twornika. Zgodnie z regułą prawej ręki, pole magnetyczne krąży wokół każdego przewodnika, a że prąd płynie w przeciwnym kierunku wzdłuż każdej szyny, to pole magnetyczne pomiędzy szynami jest zwrócone pod odpowiednimi kątami do płaszczyzny środkowych osi szyn i twornika. W kombinacji z prądem w tworniku produkowana jest tzw. *siła Lorentza*, która jest odpowiedzialna za rozpędzanie pocisku wzdłuż szyn, zawsze na zewnątrz pętli – bez względu na biegunowość źródła – i w przeciwnym kierunku do źródła zasilania. Siła Lorentza oddziałuje także na szyny, odpychając je od siebie, ale nie stanowi to problemu, gdyż szyny są na stałe przytwierdzone równoległe do siebie na jednolitej platformie, przez co nie mogą się przemieszczać<sup>13</sup>.

Z definicji wynika, że jeśli prąd o wartości 1 A przepływa przez parę jednakowo nieskończonych, równoległe umieszczonych przewodników w odległości 1 m od siebie, to ilość mocy na każdym metrze tych przewodników będzie wynosić 0.2 mikro-newtony. Co więcej, moc będzie proporcjonalna do kwadratu ilości prądu i odwrotnie proporcjonalna do odległości pomiędzy przewodnikami. Pozwala nam to jasno zrozumieć, że działa z pociskami o wadze kilku kilogramów i długości lufy kilku metrów, będą potrzebowały dużej ilości prądu, aby rozpędzić takie pociski do prędkości ponad 1 km/s.

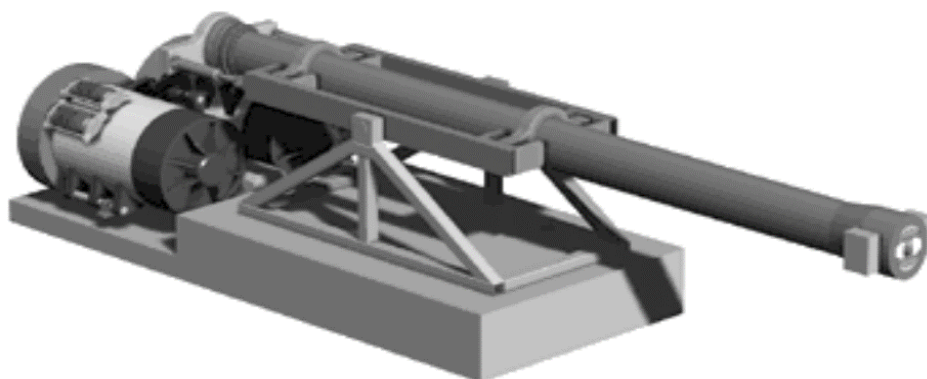
---

12 I. Whitelegg, R.W.G. Bucknall & B.T. Thorp, *On electric...*, s. 85–90.

13 J. Tzeng, *Electromagnetic and...*, s. 830.



Rysunek 4. Komputerowy model działa elektromagnetycznego



Źródło: H. Knapczyk, Z. Raczyński, *Działo elektromagnetyczne bronią przyszłości*, „Problemy Techniki Uzbrojenia” 2009, nr 38, z. 109, s. 84.

## Podsumowanie

Rozwój nowego typu broni rodzi znaczące oczekiwania. Pamiętać jednak należy, że duże źródło energii, zapewniające prąd rzędu miliona amperów, wytwarza olbrzymią siłę oddziałującą na pocisk, przyspieszając go do prędkości wielu km/s, co jest możliwe, jednak ciepło wygenerowane przy takim napędzie byłoby na tyle duże, że przeżarłoby szyny w bardzo szybkim tempie. W warunkach ciągłego użytkowania, obecne stosowane szyny wymagałyby ciągłej wymiany lub zastosowania materiałów odpornych na wysokie temperatury, które byłyby jednocześnie na tyle dobrymi przewodnikami, że dałyby taki sam rezultat. W obecnej sytuacji trzeba przyznać, że potrzebne są wielkie odkrycia w dziedzinach nauki materiałowej oraz powiązanych dziedzin, aby móc wyprodukować potężne działa EM zdolne do wystrzelenia więcej niż kilka razy z jednego zestawu szyn. Lufa musi być w stanie wytrzymać takie warunki, aż do kilku strzałów na minutę przez tysiące strzałów bez usterek bądź znaczących degradacji, a takie właściwości wydają się być poza zasięgiem dzisiejszych nowoczesnych nauk materiałowych. Wielu badaczy, analizując zakres i kierunek rozwoju wysiłków zmierzających do rozwoju EM, wskazuje jednak, że postęp technologiczny już wkrótce może przenieść EM z wizji odległej broni przyszłości do rzeczywistości<sup>14</sup>.

## Bibliografia

Chakravorty P.K., *Modernisation and Future Equipment: Profile of Regiment of Artillery*, „Claws Journal” 2010, Winter.

Dastrup B.L., *Artillery Strong. Modernizing the Field Artillery for the 21st Century*, Kansas 2018.

<sup>14</sup> Zob. M. Horowitz, *Coming next in military tech*, „Bulletin of the Atomic Scientists” 2014, vol. 70, no. 1, s. 60; W. Wong, *Emerging Military Technologies: A Guide to the Issues*, Santa Barbara, Denver, Oxford 2013, s. 187.

- Dougherty M.J., *Artillery and Missiles*, New York 2013.
- Horowitz M., *Coming next in military tech*, "Bulletin of the Atomic Scientists" 2014, vol. 70, no. 1.
- [http://www.defence24.pl/cache/img/1000\\_470\\_matched\\_p3w30f\\_283e8be6d6e8301ec-5035262c216e025.jpg](http://www.defence24.pl/cache/img/1000_470_matched_p3w30f_283e8be6d6e8301ec-5035262c216e025.jpg), [dostęp: 25.02.2019].
- Idzik J., *Ołowiany grad: zarys historii rozwoju artylerii do czasów przednapoleońskich*, „Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis Studia de Securitate et Educatione Civili” 2018, t. 8, nr 224.
- Knapczyk H., Raczyński Z., *Działo elektromagnetyczne bronią przyszłości*, „Problemy Techniki Uzbrojenia” 2009, r. 38, z. 109.
- Louth J., Bronk J., *Science, Technology and the Generation of the Military Instrument*, “The RUSI Journal” 2015, vol. 160, no. 2.
- Mcnab I.R., *Launch to space with an electromagnetic railgun*, “IEEE Transaction of Magnetics” 2003, vol. 39, no. 1.
- Schmidt E.M., *Comparison of the recoil of conventional and electromagnetic cannon*, „Shock and Vibration” 2001, vol. 8.
- Sharoin A.H., Bacon L. D., *The Future Combat System*, „ARMOR” 1997, wrzesień–październik.
- Tzeng J., *Electromagnetic and Conventional Guns Comparison from a Mechanics and Material Perspective*, “Materials and Manufacturing Processes” 2012, vol. 27, no. 8.
- Whitelegg I., Bucknall R.W.G., Thorp B.T., *On electric warship power system performance when meeting the energy requirements of electromagnetic railguns*, “Journal of Marine Engineering & Technology” 2015, vol. 14, no. 2.
- Wong W., *Emerging Military Technologies: A Guide to the Issues*, Santa Barbara, Denver, Oxford 2013.

## **An electromagnetic weapon as a significant step in the development of artillery**

### **Abstract**

The aim of the article is to characterize the main determinants of the functioning of modern artillery and the challenges of the future, especially the development of electromagnetic weapons. Needs and imperfections associated with the development of artillery have been pointed out. In the following, the specific features of electromagnetic weapons are discussed, the method of its operation and the possibilities of its application are presented.

**Słowa kluczowe:** broń elektromagnetyczna, artyleria, uzbrojenie, przyszłość wojskowości

**Keywords:** electromagnetic weapon, artillery, armament, future of the military

### **Jakub Idzik**

– absolwent studiów z bezpieczeństwa narodowego na Uniwersytecie Pedagogicznym im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie, interesuje się uzbrojeniem, sposobami prowadzenia wojny, a także nowymi technologiami, komunikowaniem masowym oraz możliwościami wykorzystania analizy zawartości w naukach o bezpieczeństwie. Uczestnik krajowych i międzynarodowych konferencji naukowych, autor i współautor artykułów naukowych, członek komitetu redakcyjnego czasopisma „Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis. Studia de Securitate”. E-mail: jakub.idzik96@gmail.com.