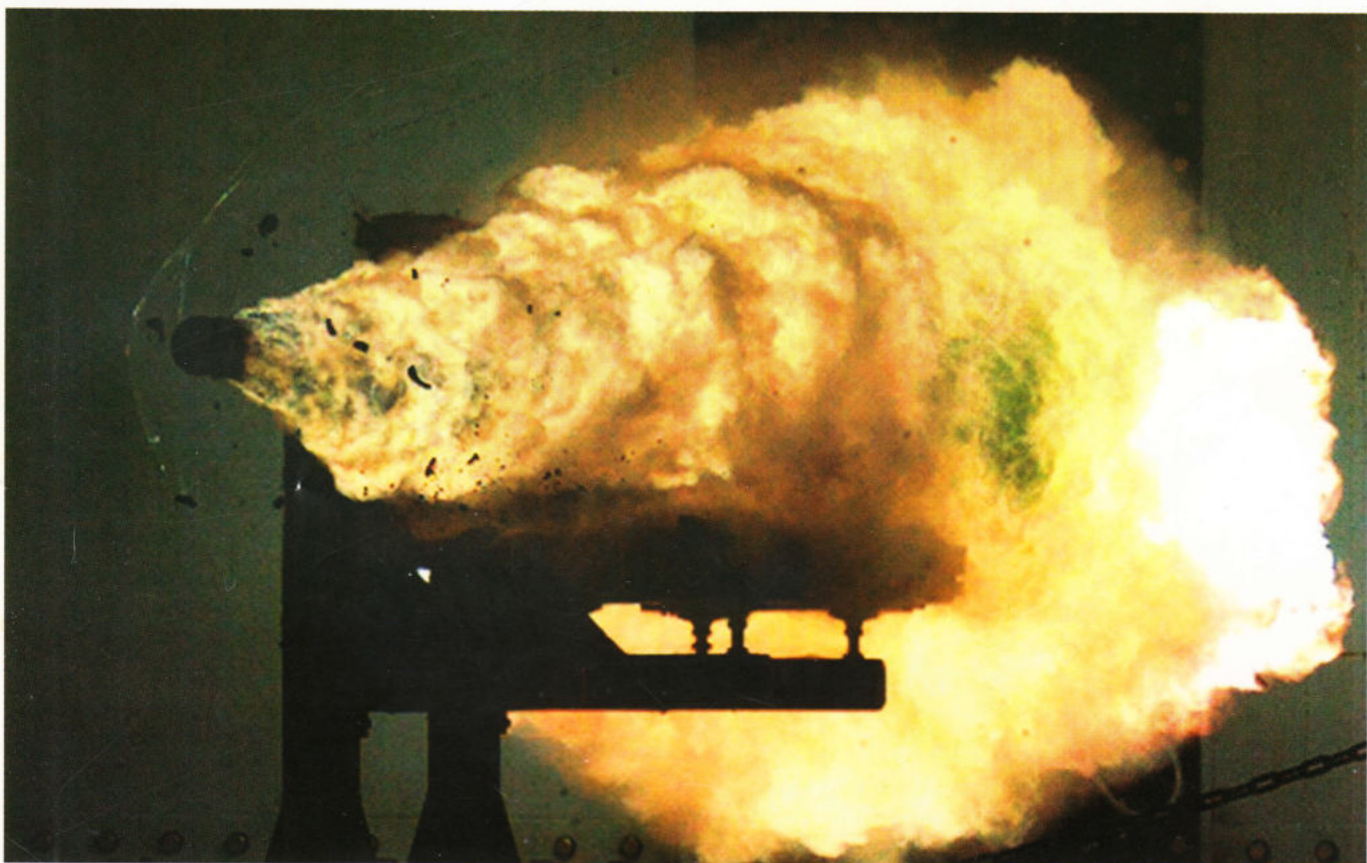


# ЕЛЕКТРОМАГНІТНА БАЛІСТИЧНА ЗБРОЯ



**Створюючи балістичну (метальну) зброю, люди використовували різні способи й матеріали: пружні канати, порох, стиснене повітря, пару і навіть намагалися застосувати для метання снарядів "відцентрові" металльні машини. І, нарешті, вони звернули увагу на можливість використання для цих цілей електрики.**



Юрій ЧЕРНИХОВ,

доцент Державного  
інституту післядипломної  
освіти в промисловості,  
м. Дніпропетровськ

Ідея використання електричної енергії для стрільби не є винаходом останніх десятиліть. Принцип метання снаряда за допомогою котушкової електромагнітної гармати був винайдений у 1895 р. австрійським інженером, представником віденської школи піонерів космонавтики Францем Оскаром Лео-Ельдером фон Гефтом. Ще будучи студентом, Гефт "захворів" космонавтикою. Під впливом роману Жуль Верна "Із Землі на Місяць" він почав проектувати гармату, за допомогою якої можна запускати космічні кораблі на Місяць. Гефт розумів, що величезні прискорення порохової гармати забороняють застосовувати варіант французького фантаста і запропонував електричну гармату: у соленоїд-стволі під час проходження електричного струму виникає магнітне поле, яке розганяє феромагнітний снаряд, "втягуючи" його всередину соленоїда, при цьому снаряд розганяється більш плавно. Згодом такий пристрій було названо гарматою Гаусса — іменем німецького вченого Карла Фрідріха Гаусса, який заклав основи математичної теорії електромагнетизму.

У 1901 р. професор фізики університету Осло Крістіан Олаф Берхард Біркеланд отримав патент Норвегії на електромагнітну гармату Гаусса, призначену для стрільби по наземних цілях. У тому ж році Біркеланд побудував гармату Гаусса калібром 6,5 см і довжиною ствола 4 м. За допомогою цієї гармати йому вдалося розігнати снаряд до швидкості 100 м/сек. і кинути його на відстань до 1 км (результат досить слабкий). Слід сказати, що створенням цієї гармати Біркеланд зайнявся з метою отримання значних фінансових коштів, необхідних йому для проведення наукових досліджень у галузі такого явища, як північне сяйво. Прагнучи продати свій винахід, Біркеланд влаштував для громадськості демонстрацію цієї гармати в дії в університеті Осло. На жаль, випробування не вдалося, оскільки коротке електричне замикання в гарматі призвело до пожежі та виходу її з ладу. Гармату можна було б відремонтувати, але Біркеланд відмовився від подальшого проведення робіт в цьому напрямку і разом з інженером Ейде зайнявся виробництвом штучних мінеральних добрив, які принесли йому кошти, необхідні для наукових досліджень.

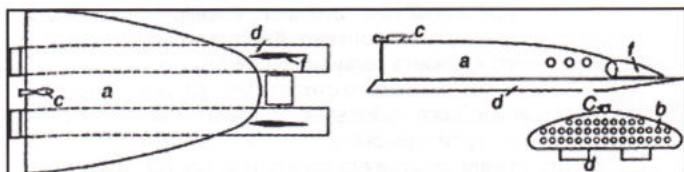
У 1915 р. російські інженери Н. Подольський і М. Ямпольський створили проект наддалекобійної гармати з дальністю стрільби 300 км. Довжина ствола гармати планувалася близько 50 м, початкова швидкість снаряда 915 м/сек. Далі проекту справа не пішла. Проект було відхилено артилерійським комітетом Головного артилерійського управління російської армії, яке вважало, що час для подібних проектів ще не настав. Одна з причин відмови — складність створення потужної пересувної електростанції, яка завжди б знаходилася поряд з гарматою.

У 1916 р. французький винахідник Андре Луї Октав Фашон-Віллемпле створив модель електро-

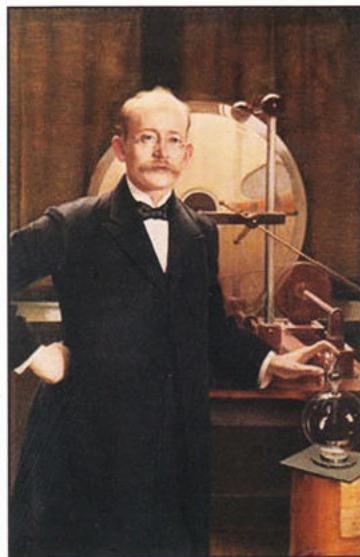
магнітної гармати. Використовуючи як ствол ланцюжок котушок-соленоїдів, на які послідовно подавалася напруга, його діюча модель успішно розігнала снаряд масою 50 г до швидкості 200 м/сек. Порівняно зі справжніми артилерійськими установками результат вийшов досить скромним, але продемонстрував принципово нову можливість створення зброї, в якій снаряд розганяється без допомоги порохових газів. Проте на цьому все зупинилося, оскільки створити повнорозмірний примірник не представлялося можливим через величезні технічні складнощі майбутніх робіт та їхню високу вартість.

Далі з'ясувалося, що під час проходження феромагнітного снаряда через соленоїд на його кінцях утворюються полюси, що симетричні полюсам соленоїда, внаслідок чого після проходження центра соленоїда снаряд згідно із законом магнітних полюсів починає гальмуватися. Це спричинило за собою зміну тимчасової діаграми струму в соленоїді, а саме: у момент підходу снаряда до центра соленоїда живлення перемикається на наступний соленоїд.

У 30-ті роки XX століття німецький конструктор і пропагандист міжпланетних польотів Макс



Гармата Франца фон Гефта.



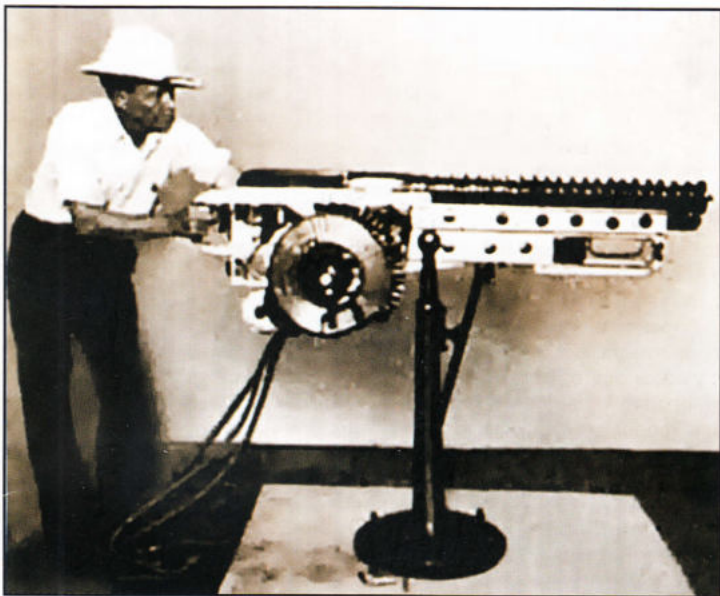
Крістіан Біркеланд.

Валле запропонував оригінальну ідею кільцевого електроприскорювача, що цілком складався із соленоїдів (свого роду попередник сучасного Адронного колайдера), в якому снаряд теоретично міг розганятися до великих швидкостей. Потім перемиканням "стрілки" снаряд повинен був направлятися в трубу певної довжини, розташовану по дотичній відносно основного кільця електроприскорювача. З цієї труби-стволу снаряд вилітає, мов з гармати. Так можна було б запускати супутники Землі. Однак на той період часу рівень науки й техніки не дозволяв виготовити такий електроприскорювач-гармату.

У 1934 р. американський винахідник Вірджил Рігсбі із Сан-Антоніо, Техас, виготовив два працюючі електромагнітні кулемети й отримав патент США за №1959737 на автоматичну електричну гармату.

Перша модель отримувала енергію від звичайного автомобільного акумулятора і з використанням 17 електромагнітів розганяла кулі по 33-дюймовому стволу. Наявний у складі керуваний розподільник перемикав напругу живлення з попередньої котушки електромагніта на іншу котушку (за ходом руху кулі) таким чином, щоб магнітне поле, що витягалось, завжди обганяло кулю.

Друга модель кулемета вистрілювала кулі 22-го калібру зі швидкістю 121 м/сек. Заявлена скорострільність кулемета становила 600 по-



Кулемет Вірджіла Пігсбі.

стр./хв., правда, під час демонстрації кулемет стріляв зі швидкістю 7 постр./хв. Причиною такої стрільби, ймовірно, була недостатня потужність джерела живлення. Американські військові до електромагнітного кулемета залишилися байдужими.

У 20-ті та 30-ті роки минулого століття у СРСР розробкою нових видів артилерійського озброєння займалася КОСАРТДОС — Комісія особливих артилерійських дослідів, причому в її планах був проект створення електричної гармати на постійному струмі. Захопленим прихильником нового артилерійського озброєння був Михайло Миколайович Тухачевський, згодом, з 1935 р., маршал Радянського Союзу. Однак розрахунки, зроблені фахівцями, показали, що таку гармату створити можна, але вона буде мати дуже великі розміри, а головне — споживати так багато електроенергії, що поряд з нею доведеться мати власну електростанцію. Незабаром КОСАРТДОС було розпущено, і роботи зі створення електричної гармати припинено.

Під час Другої світової війни в Японії розробили і побудували гармату Гаусса, за допомогою якої розігнали снаряд до швидкості 335 м/сек. Після закінчення війни американські вчені досліджували цю установку: снаряд масою 86 г удався розігнати тільки до швидкості 200 м/сек. У результаті виконаних досліджень визначилися достоїнства й недоліки гармати Гаусса. Гармата Гаусса як зброя має переваги, які не мають інші види зброї, у тому числі стрілецька, а саме: відсутність гільз, можливість безшумного пострілу, якщо швидкості снаряда не перевищує швидкості звуку; відносно мала віддача, рівна імпульсу вилетів снаряда, відсутність додаткового імпульсу від порохових газів або рухомих частин зброї, теоретично більша надійність і зносостійкість, а також можливість використання в будь-яких умовах, у тому числі й у космічному просторі. Однак, незважаючи на уявну простоту гармати Гаусса й перераховані вище переваги, використання її як гармати пов'язане із серйозними труднощами.

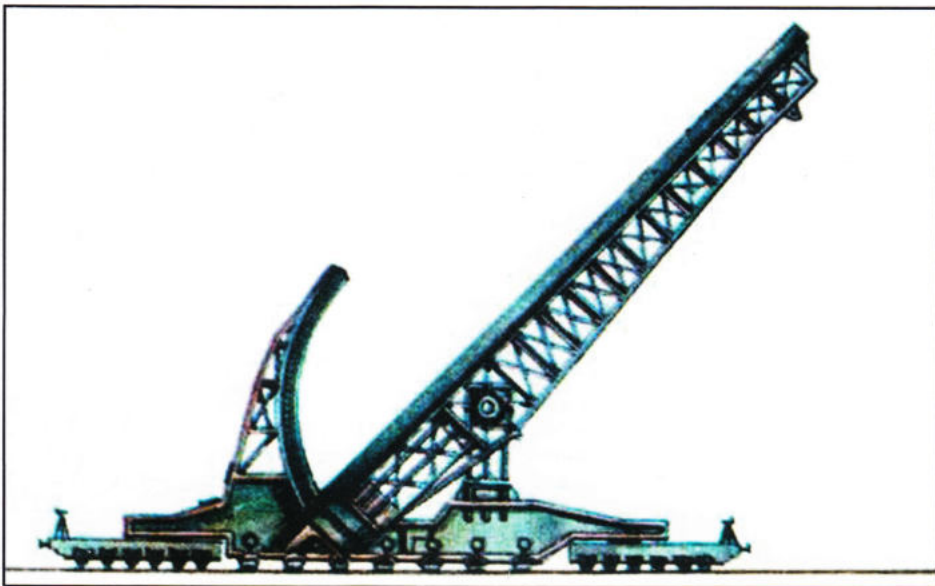
По-перше, це великі витрати енергії і відповідно низький ККД установки. Лише від 1% до 7% заряду конденсатора переходить у кінетичну енергію снаряда. Частково цей недолік можна компенсувати використанням багатоступеневої системи розгону снаряда, але в будь-якому разі ККД не перевищує 25%.

По-друге, це велика вага й габарити установки при її низькій

ефективності. Слід зазначити, що в першій половині ХХ століття, паралельно з розвитком теорії і практики гармати Гаусса, розвивався й інший напрямок створення електромагнітної балістичної зброї, що використовує силу, яка виникає під час взаємодії магнітного поля й електричного струму (силу Ампера).

31 липня 1917 р. вже згадуваний раніше французький винахідник Фашон-Віллемпле подав у патентне відомство США заявку на "Електричну гармату або апарат для просування вперед снарядів" і 1 березня 1921 р. отримав на цей пристрій патент за №1370200. Конструктивно гармата являла собою дві паралельні мідні рейки, які були поміщені всередині ствола з немагнітного матеріалу. Ствол проходив через центри декількох однакових електромагнітних блоків ЕМБ, розташованих уздовж нього з певним інтервалом. Кожен такий блок являв собою Ш-подібний сердечник, набраний з листів електротехнічної сталі, замкнутий перемичкою з того ж матеріалу, з обмотками, розміщеними на крайніх стержнях. Центральний стержень мав зазор у центрі блоку, в який і містився ствол гармати. Оперений снаряд поміщався на рейки. При включенні апарату струм від позитивного полюса джерела постійної напруги живлення проходив через ліву рейку, снаряд (зліва направо), праву рейку, контакт включення ЕМБ, замкнений крилом снаряда, котушки ЕМБ і повертався до негативного полюса джерела живлення. При цьому в середньому стрижні ЕМБ вектор магнітної індукції має напрямок зверху вниз. Взаємодія цього магнітного потоку й електричного струму, що протікає через снаряд, створює силу, прикладену до снаряда, і спрямовану від нас, силу Ампера (згідно з правилом лівої руки). Під дією цієї сили снаряд і отримує прискорення. Після вильоту снаряда з першого ЕМБ його контакт включення вимикається, а при підльоті снаряда до другого ЕМБ контакт включення цього блоку крилом снаряда включається, створюється імпульс сили і т. ін.

Під час Другої світової війни в нацистській Німеччині ідея Фашон-Віллемпле була підхоплена Іохімом Ханслером, співробітни-



Гармата Фашон-Віллемпле.

ком Міністерства озброєнь. У 1944 р. він розробив і виготовив 10-мм гармату LM-2. Під час випробувань останньої 10-грамовий алюмінієвий "снаряд" удавалося розігнати до швидкості 1,08 км/сек. На основі цієї розробки Люфтваффе було підготовлено технічне завдання на електричну зенітну гармату. Початкову швидкість снаряда, який містить 0,5 кг вибухівки, потрібно забезпечити 2 км/сек., скорострільність при цьому мала бути 6 — 12 постр./хв. У серію ця гармата піти не встигла — під ударами союзників Німеччина зазнала нищівної поразки. Згодом дослідний зразок і проектна документація потрапили в руки американських військових. За результатами проведених ними випробувань у 1947 р. було зроблено висновок: для нормального функціонування гармати була потрібна енергія, якою можна було

освітити половину Чикаго. Отримані результати випробувань гармат Гаусса й Ханслера призвели до того, що в 1957 році вчені — учасники симпозиуму з надшвидкісних ударів, проведеному ВПС США, дійшли наступного висновку: "...малоймовірно, що в найближчому майбутньому техніка електромагнітних гармат буде успішною".

Тим не менш, незважаючи на відсутність серйозних практичних результатів, які задовольняють вимогам військових, багато вчених та інженерів не погодилися з цими висновками і продовжили дослідження галузі створення електромагнітної балістичної зброї.

Наступний крок у розвитку електромагнітної балістичної зброї було зроблено в результаті створення шинних електромагнітних прискорювачів плазми. Грецьке слово "plasma" означає "щось виліплене".

У 1954—1956 рр. у США професор Уїнстон Х. Бостік, працюючи в Ліверморській національній лабораторії імені Е. Лоуренса, що входить до складу Каліфорнійського університету, вивчав "запалювані" в магнітне поле плазми, отримані за допомогою спеціальної "плазмової" гармати. Ця "гармата" складалася зі скляного закритого циліндра діаметром чотири дюйми, всередині якого були встановлені паралельно два електроди з титану, насиченого важким воднем. Повітря з посудини було видалене. До складу пристрою також входило джерело зовнішнього постійного магнітного поля, вектор індукції магнітного потоку якого мав напрям, перпендикулярний площині електродів. Один з цих електродів було підключено через циклічний вимикач до одного полюса високовольтного багатоамперного джерела постійного струму, а другий електрод — до іншого полюса цього ж джерела. Під час включення циклічного вимикача в зазорі між електродами виникає пульсуюча електрична дуга, сила струму в якій досягає декількох тисяч ампер; тривалість кожної пульсації приблизно 0,5 мкс. При цьому з обох електродів як би випаровуються іони дейтерію й електрони. Згусток плазми, що утворився, замикав електричний контур між електродами і під дією пондеромоторної сили розганяється і стікає з кінців електродів, перетворюючись при цьому в кільце — тороїд плазми, так званий плазмод; це кільце виштовхується вперед зі швидкістю, що досягає 200 км/сек.

Історичної справедливості заради слід зазначити, що в Радянському Союзі ще в 1941—1942 рр. у блокадному Ленінграді професор Георгій Ілліч Бабат створив високочастотний трансформатор, вторинною обмоткою якого слугували не витки дроту, а кільце іонізованого газу, плазмод. На початку 1957 р. у СРСР молодий учений Олексій Іванович Морозов опублікував у журналі експериментальної та теоретичної фізики, статтю "Про прискорення плазми магнітним полем", теоретично розглянувши в ній процес прискорення магнітним полем струменя плазми, по якому протікає струм у вакуумі, а через півроку в цьому ж журналі було опубліковано статтю академіка АН СРСР Льва Андрійовича Арцимовича і його співробітників "Електродинамічне прискорення згустків плазми", в якій вони пропонують використовувати власне магнітне поле електродів для розгону плазми. У виконаному ними експерименті електричний контур складався з конденсаторної батареї 75 мкФ, підключеної через кульовий розрядник до масивних мідних електродів ("рейок"). Останні були поміщені у скляну циліндричну камеру, що знаходиться під безперервною відкачкою. По-

передньо поперек "рейок" був покладений тонкий металевий дріт. Вакуум у розрядній камері в момент часу, що передувє експерименту, становив  $1 - 2 \times 10^6$  мм рт. ст.

Під час подання напруги 30 кВ на "рейки" дріт вибухав, плазма, що утворилася, продовжувала перемикаєти "рейки", і в контурі протікав великий струм.

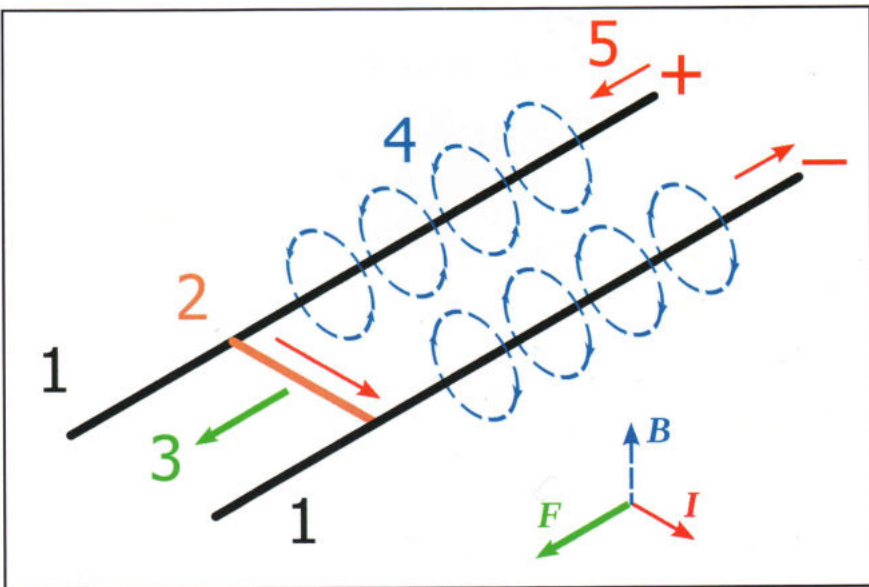
Як відомо, напрямок ліній магнітного поля визначається за Правилем правого буравчика: якщо струм тече в напрямку від спостерігача, лінії поля направлені за годинниковою стрілкою. В результаті між рейками створюється спільне однонаправлене магнітне поле, вектор індукції магнітного потоку якого спрямований перпендикулярно площині, в якій знаходяться рейки. На струм, що протікає через плазму і знаходиться в цьому полі, діє сила Ампера, напрямок якої визначається правилом лівої руки: якщо розташувати руку за напрямком течії струму так, щоб лінії магнітного поля входили в долоню, великий палець вкаже напрям сили. В результаті плазма розженеться вздовж рейок (так само розганявся б і металевий провідник або снаряд, що ковзає по рейках). Максимальна швидкість руху плазми на відстані 30 см від початкового положення дроту, отримана з обробки надшвидкісних фотографічних вимірювань, склала 120 км/сек. Власне кажучи, це якраз та схема прискорювача, яку зараз прийнято називати рейкотроном, в англійській термінології — railgun. Однак тривалий час не йшлося про те, щоб поставити на рейки снаряд і зробити з рейкотрона зброю. Для реалізації цієї ідеї потрібно було вирішити низку завдань:

— створити низькоомне малоіндуктивне джерело постійної напруги живлення максимально можливої потужності;

— розробити вимоги до тривалості та форми розгінного імпульсу струму і до всієї системи рейкотрона в цілому, що забезпе-



Лев Арцимович.



Рейкотрон: 1 — рейка, 2 — снаряд, 3 — сила, 4 — магнітне поле, 5 — електричний струм.

чують ефективне прискорення снаряда та високий ККД перетворення електромагнітної енергії в кінетичну енергію снаряда, і реалізувати їх;

— розробити таку пару "рейки — снаряд", яка, маючи максимальну електричну провідність, зможе витримати тепловий удар, що виникає під час пострілу, від протікання струму і тертя снаряда об рейки;

— розробити таку конструкцію рейкотрона, яка витримувала б вплив на рейки сил Ампера, пов'язаних з протіканням через них гігантського струму (під дією цих сил рейки прагнуть "розбігтися" одна від одної).

Головним, звичайно, була відсутність необхідного джерела живлення, і таке джерело з'явилося. Але про це — у продовженні статті.

Далі буде.