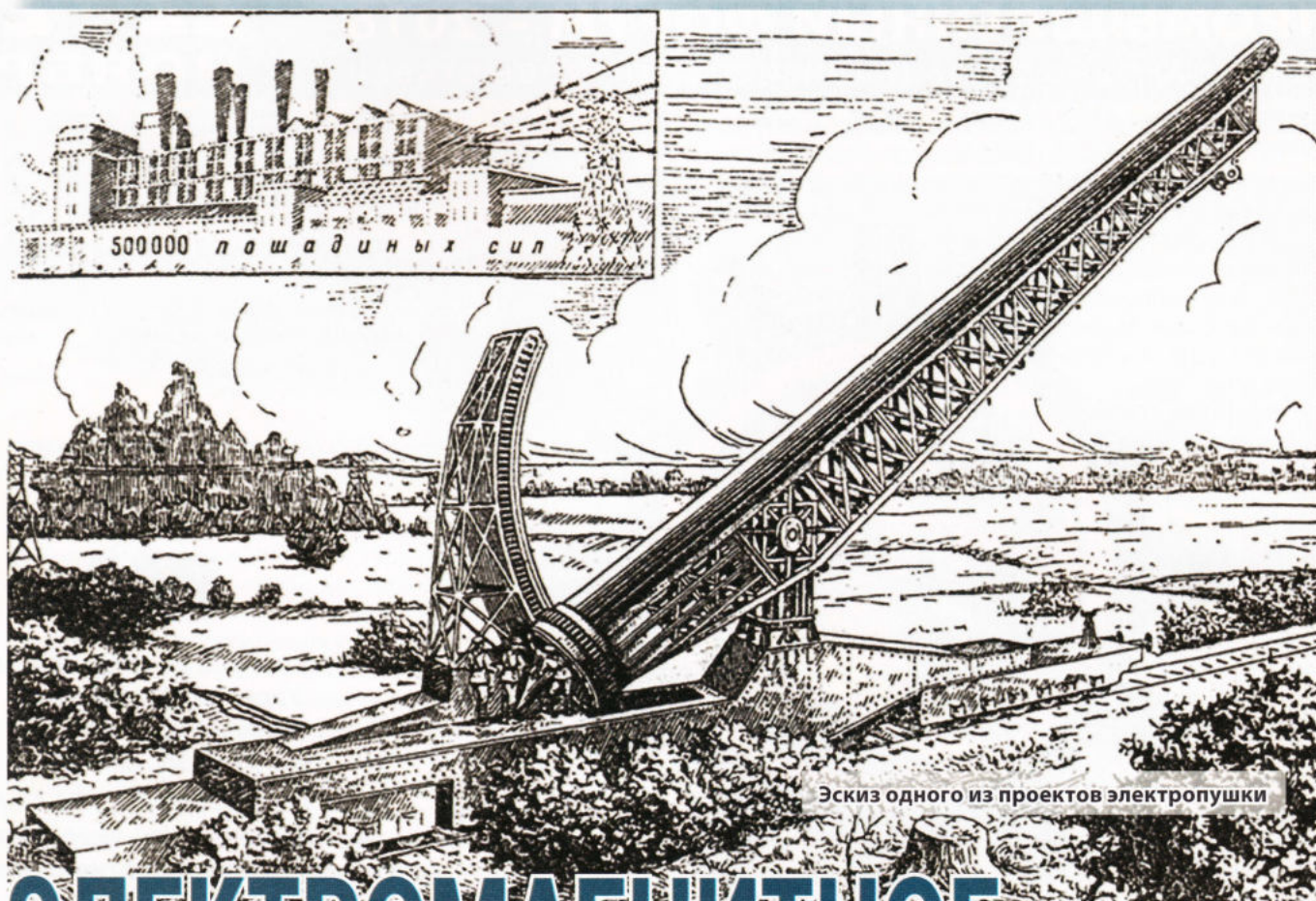




Эскиз одного из проектов электропушки

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ БАЛЛИСТИЧЕСКОЕ ОРУЖИЕ

Часть 1

При создании баллистического (метательного) оружия люди использовали разные источники энергии: упругие канаты, порох, сжатый воздух, пар, и даже пытались применить для метания снарядов «центробежные» метательные машины. И, наконец, они обратили внимание на использование для этих целей электричества.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ПУШКА ГАУССА

Идея использования электрической энергии для стрельбы не является изобретением последних десятилетий. Принцип метания снаряда с помощью катушечной электромагнитной пушки был изобретен в 1895 г. австрийским инженером, представителем венской школы пионеров космонавтики Францем Оскаром Лео-Эльдером фон Гефтом. Будучи еще студентом, Гефт «заболел» космонавтикой. Под влиянием романа Жюль Верна «С Земли на Луну» он начал с проекта пушки, с помощью которой можно запускать космические корабли на Луну. Гефт понимал, что огромные ускорения порохового орудия запрещают применять вариант французского фантаста, и предложил электрическую пушку: в соленоиде-стволе при протекании электрического тока возникает магнитное поле, которое разгоняет ферромагнитный снаряд, «втягивая» его вовнутрь соленоида, при этом снаряд разгоняется более плавно. Проект Гефта так и остался проектом — реализовать его на практике тогда не представлялось возможным. Впоследствии такое устройство было названо пушкой Гаусса (Gauss gun) по имени немецкого ученого Карла Фридриха Гаусса, заложившего основы математической теории электромагнетизма.

В 1901 г. профессор физики университета Осло Кристиан Олаф Берхард Биркеланд получил патент Норвегии № 11201 на «новый метод выстреливания снарядов с помощью электромагнитных сил» (на электромагнитную пушку Гаусса). Эта пушка предназначалась для стрельбы по наземным целям. В том же году Биркеланд построил свою первую пушку Гаусса с длиной ствола 1 м. При помощи этой пушки ему удалось в 1901–1902 гг. разогнать снаряд массой 500 г до скорости 50 м/с. Расчетная дальность стрельбы при этом была не более 1 000 м (результат достаточно слабый даже для начала XX в.). С помощью второй большой пушки (калибр 65 мм, длина ствола 3 м), построенной в 1903 г., Биркеланд разогнал снаряд до скорости примерно 100 м/с, при этом снаряд пробивал насквозь деревянную доску толщиной 5 дюймов (12,7 см) (стрельба происходила в помещении). В настоящее время эта пушка (рис. 1) выставлена в музее Университета Осло. Следует сказать, что созданием этой пушки Биркеланд занялся в целях получения значительных финансовых средств, необходимых ему для проведения научных исследований в области такого явления, как северное сияние. Стремясь продать свое изобретение, Биркеланд устроил для общественности и заинтересованных лиц демонстрацию

этой пушки в действии в университете Осло. Увы, испытания не удались, поскольку короткое электрическое замыкание в пушке вызвало пожар и выход ее из строя. После возникшего переполоха уже никто не хотел приобретать ни пушку, ни патент. Пушку можно было бы отремонтировать, но Биркеланд отказался от дальнейшего проведения работ в этом направлении и совместно с инженером Эйде занялся производством искусственных минеральных удобрений, принесших ему средства, необходимые для научных исследований.

В 1915 г. русские инженеры Н. Подольский и М. Ямпольский создали проект сверхдальнобойной пушки (магнито-фугального орудия) с дальностью стрельбы 300 км. Длина ствола пушки планировалась около 50 м, начальная скорость снаряда 915 м/с. Дальше проекта дело не пошло. Проект был отклонен Артиллерийским комитетом Главного артиллерийского управления Российской императорской армии, посчитавшим, что время для подобных проектов еще не пришло. Одна из причин отказа — сложность создания мощной передвижной электростанции, которая всегда бы находилась рядом с пушкой.

Какова же должна была быть мощность такой электростанции? Для метания, например, снаряда из 76-миллиметровой огнестрельной пушки затрачивается огромная энергия в 113 000 кгм, т. е. 250 000 л. с. Именно такая энергия необходима для стрельбы из 76-миллиметровой неогнестрельной пушки (например, электрической) для метания снаряда на такое же расстояние. Но при этом неизбежны существенные потери энергии, составляющие не менее 50 %. Следовательно, мощность электрической пушки составляла бы никак не менее 500 000 л. с., а это мощность огромной электростанции. Кроме того, для сообщения снаряду этой огромной энергии в ничтожно малый промежуток времени нужен ток огромной силы, который практически равен току короткого замыкания. Для увеличения времени действия тока необходимо удлинять ствол электрического орудия, иначе не разогнать снаряд до необходимой скорости. В этом случае длина ствола может составить 100 и более метров.

В 1916 г. французский изобретатель Андре Луи Октав Фашон-Виллеппле создал модель электромагнитной пушки. Используя в качестве ствола цепочку катушек-соленоидов, на которые последо-



Франц Оскар Лео-Эльдер фон Гефт

вательно подавалось напряжение, его действующая модель успешно разогнала снаряд массой 50 г до скорости 200 м/с. По сравнению с настоящими артиллерийскими установками результат получился достаточно скромным, но продемонстрировал принципиально новую возможность создания оружия, в котором снаряд разгоняется без помощи пороховых газов. Однако на этом все остановилось, поскольку создать полноразмерный экземпляр не представлялось возможным из-за огромных технических сложностей предстоящих работ и их высокой стоимости. На рис. 2 показан эскиз этой непостроенной электромагнитной пушки.

Далее выяснилось, что при прохождении ферромагнитного снаряда через соленоид на его концах образуются полюса, симметричные полюсам соленоида, из-за чего после прохождения центра соленоида снаряд, в соответствии с законом магнитных по-

люсов, начинает тормозиться. Это повлекло за собой изменение временной диаграммы тока в соленоиде, а именно: в момент подхода снаряда к центру соленоида питание переключается на следующий соленоид.

В 30-е гг. XX в. немецкий конструктор и пропагандист межпланетных полетов Макс Валье предложил оригинальную идею кольцевого электроускорителя, целиком состоящего из соленоидов (своего рода предок современного адронного коллайдера), в котором снаряд теоретически мог разогнаться до огромных скоростей. Затем переключением «стрелки» снаряд должен был

направляться в трубу определенной длины, расположенную по касательной относительно основного кольца электроускорителя. Из этой трубы-ствола снаряд вылетал бы как из пушки. Так можно было бы запускать спутники Земли. Однако на то время уровень науки и техники не позволял изготовить такой электроускоритель-пушку.

В 1934 г. американский изобретатель Вирджил Ригсби из Сан-Антонио, Техас, изготовил два работающих электромагнитных пулемета и получил патент США № 1959737 на автоматическую электрическую пушку.

Первая модель получала энергию от обычного автомобильного аккумулятора и с использованием 17 электромагнитов разгоняла пули по 33-дюймовому стволу. Имеющийся в составе управляемый распределитель переключал напряжение питания с предыдущей катушки электромагнита на последующую катушку (по ходу



Профессор Кристиан Олаф Берхард Биркеланд



Рис. 1. Электромагнитная пушка Биркеланда образца 1903 г. в музее Университета Осло

движения пули) таким образом, чтобы вытягивающее магнитное поле всегда обгоняло пулю.

Вторая модель пулемета (рис. 3) выстреливала пули 22 калибра со скоростью 121 м/с. Заявленная скорострельность пулемета составляла 600 выстр./мин, правда, на демонстрации пулемет стрелял со скоростью 7 выстр./мин. Причиной такой стрельбы, вероятно, была недостаточная мощность источника питания. Американские военные к электромагнитному пулемету остались равнодушны.

В 20-е и 30-е гг. прошлого столетия в СССР разработкой новых видов артиллерийского вооружения занималась КОСАРТОП — Комиссия особых артиллерийских опытов, причем в ее планах был проект создания электрического орудия на постоянном токе. Восторженным сторонником нового артиллерийского вооружения был Михаил Николаевич Тухачевский, впоследствии, с 1935 г., маршал Советского Союза. Однако расчеты, сделанные специалистами, показали, что такое орудие создать можно, но оно будет иметь очень большие размеры, а главное потребует так много электроэнергии, что рядом с ним придется иметь собственную электростанцию. Вскоре КОСАР-

ОП была распущена, и работы по созданию электрического орудия прекратились.

Во время Второй мировой войны в Японии разработали и построили пушку Гаусса, с помощью которой разогнали снаряд до скорости 335 м/с. По окончании войны американские ученые исследовали эту установку: снаряд массой 86 г удалось разогнать только до скорости 200 м/с. В результате выполненных исследований определились достоинства и недостатки пушки Гаусса.

Пушка Гаусса в качестве оружия обладает преимуществами, которыми не обладают другие виды оружия, в том числе стрелковое, а именно: отсутствие гильз, возможность бесшумного выстрела, если скорость снаряда не превышает скорости звука; относительно малая отдача, равная импульсу вылетевшего снаряда, отсутствие дополнительного импульса от пороховых газов или движущихся частей оружия, теоретически большая надежность и износоустойчивость, а также возможность использования в любых условиях, в том числе и в космическом пространстве. Однако, несмотря на кажущуюся простоту пушки Гаусса и перечисленные выше преимущества, использование ее в качестве орудия сопряжено с серьезными трудностями.

Во-первых, это большой расход энергии и, соответственно, низкий КПД установки. Лишь от 1 до 7 % заряда конденсатора переходит в кинетическую энергию снаряда. Частично этот недостаток можно компенсировать использованием многоступенчатой системы разгона снаряда, но в любом случае КПД не превышает 25 %.

Во-вторых, это большие вес и габариты установки при ее низкой эффективности. Следует отметить, что в первой половине XX в. параллельно с развитием теории и практики пушки Гаусса развивалось и другое направление в создании электромагнитного баллистического оружия, использующее силу, возникающую при взаимодействии магнитного поля и электрического тока (силу Ампера).

ПАТЕНТ № 1370200 АНДРЕ ФАШОН-ВИЛЛЕПЛЕ

31 июля 1917 г. уже упоминавшийся ранее французский изобретатель Фашон-Виллепле подал в патентное ведомство США заявку на «Электрическую пушку или аппарат для продвижения вперед снарядов» и 1 марта 1921 г. получил на это устройство патент № 1370200. Конструктивно пушка представляла собой два параллельных медных рельса, помещенных внутри ствола из немагнитного материала. Ствол проходил через центры нескольких одинаковых электромагнитных блоков (ЭМБ), размещенных вдоль него с определенным интервалом. Каждый такой блок представлял собой Ш-образный сердечник, набранный из листов электротехнической стали, замкнутый перемычкой из того же материала, с обмотками, размещенными на крайних стержнях. Центральный стержень имел зазор в центре блока, в который и помещался ствол пушки. Оперенный снаряд помещался на рельсы. При включении



Рис. 2. Эскиз непостроенной пушки Фашон-Виллепле

аппарата ток от положительного полюса источника постоянного напряжения питания проходил через левый рельс, снаряд (слева направо), правый рельс, контакт включения ЭМБ, замкнутый крылом снаряда, катушки ЭМБ и возвращался к отрицательному полюсу источника питания. При этом в среднем стержне ЭМБ вектор магнитной индукции имеет направление сверху вниз. Взаимодействие этого магнитного потока и электрического тока, протекающего через снаряд, создает силу, приложенную к снаряду и направленную от нас, — силу Ампера (в соответствии с правилом левой руки). Под действием этой силы снаряд и получает ускорение. После вылета снаряда из первого ЭМБ его контакт включения выключается, а при подлете снаряда ко второму ЭМБ, контакт включения этого блока крылом снаряда включается, создается очередной импульс силы и т. д.

Во время Второй мировой войны в нацистской Германии идея Фашон-Виллепле была подхвачена Иохимом Ханслером, сотрудником министерства вооружений. В 1944 г. он спроектировал и изготовил 10-мм пушку LM-2. Во время ее испытаний 10-граммовый алюминиевый «снаряд» удалось разогнать до скорости 1,08 км/с. На основе этой разработки Люфтваффе было подготовлено техническое задание на электрическую зенитную пушку. Начальную скорость снаряда, содержащего 0,5 кг взрывчатки, требовалось обеспечить 2,0 км/с, скорость стрельбы при этом должна была быть 6–12 выстр./мин. В серию данная пушка пойти не успела — под ударами союзников Германия терпела сокрушительное поражение. Впоследствии опытный образец и проектная документация попали в руки американских военных. По результатам проведенных ими испытаний в 1947 г. было сделано заключение: для нормального функционирования пушки требовалась энергия, которой можно было осветить половину Чикаго.

Полученные результаты испытаний пушек Гаусса и Ханслера привели к тому, что в 1957 г. ученые — участники симпозиума по сверхскоростным ударам, проводимого ВВС США, пришли к следующему заключению: «... маловероятно, что в ближайшем будущем техника электромагнитных пушек будет успешна».

Тем не менее, несмотря на отсутствие серьезных практических результатов, удовлетворяющих требованиям военных, многие ученые и инженеры не согласились с этими выводами и продолжили исследования в области создания электромагнитного баллистического оружия.

ШИННЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ УСКОРИТЕЛИ ПЛАЗМЫ

Следующий шаг в развитии электромагнитного баллистического оружия был сделан в результате создания шинных электромагнитных ускорителей плазмы. Греческое слово *plasma* обозначает не-



Профессор Уинстон Х. Бостик

что вылепленное. Термин «плазма» в физике был введен в 1924 г. американским ученым Ирвингом Лангмюром, изучавшим свойства ионизированного газа в связи с работами по новым источникам света.

В 1954–1956 гг. в США профессор Уинстон Х. Бостик, работая в Ливерморской национальной лаборатории им Э. Лоуренса, входящей в состав Калифорнийского университета, изучал «запакрованные» в магнитное поле плазмы, полученные с помощью специальной «плазменной» пушки. Эта «пушка» состояла из стеклянного закрытого цилиндра диаметром четыре дюйма, внутри которого были установлены параллельно два электрода из титана, насыщенного тяжелым водородом. Воздух из сосуда был удален. В состав устройства также входил источник внешнего постоянного магнитного поля,

вектор индукции магнитного потока которого имел направление перпендикулярное плоскости электродов. Один из этих электродов был подключен через циклический выключатель к одному полюсу высоковольтного многоамперного источника постоянного тока, а второй электрод — к другому полюсу этого же источника. При включении циклического выключателя в зазоре между электродами возникает пульсирующая электрическая дуга, сила тока в которой достигает нескольких тысяч ампер; продолжительность каждой пульсации примерно 0,5 мкс. При этом с обоих электродов как бы испаряются ионы дейтерия и электроны. Образовавшийся сгусток плазмы, замыкает электрический контур между электродами и под действием пондеромоторной силы разгоняется и стекает с концов электродов, преобразуясь при этом в кольцо — торонд плазмы, так называемый плазмод; это кольцо выталкивается впе-

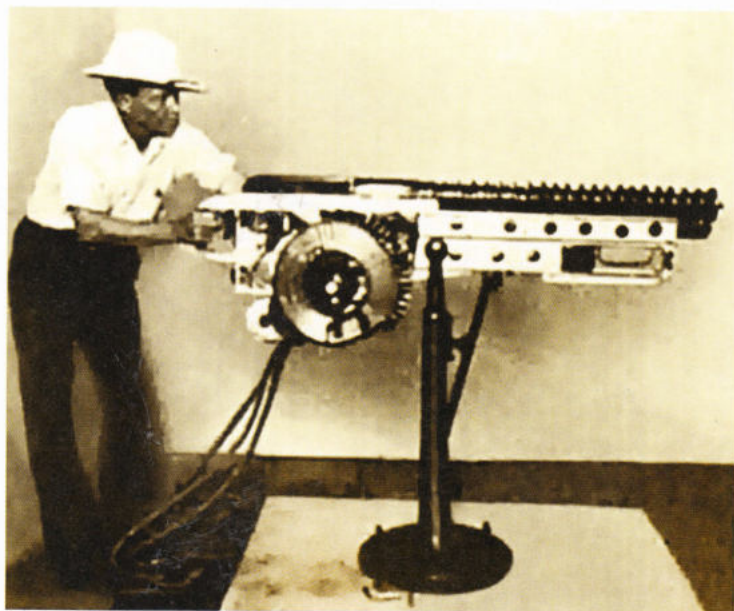


Рис. 3. Пулемет В. Ригсби

ред со скоростью, достигающей 200 км/с.

Исторической справедливости ради следует отметить, что в Советском Союзе еще в 1941–1942 гг. в блокадном Ленинграде профессор Георгий Ильич Бабат создал высокочастотный трансформатор, вторичной обмоткой которого служили не витки проволоки, а кольцо ионизированного газа, плазмод. В начале 1957 г. в СССР молодой ученый Алексей Иванович Морозов опубликовал в журнале экспериментальной и теоретической физики, ЖЭТФ, статью «Об ускорении плазмы магнитным полем», теоретически рассмотрев в ней процесс ускорения магнитным полем струи плазмы, по которой протекает ток в вакууме, а спустя полгода в этом же журнале была опубликована статья академика АН СССР Льва Андреевича Арцимовича и его сотрудников «Электродинамическое ускорение сгустков плазмы», в которой они предлагают использовать собственное магнитное поле электродов для разгона плазмы. В выполненном ими эксперименте электрический контур состоял из конденсаторной батареи 75 мкФ, подключенной через шаровой разрядник к массивным медным электродам («рельсам»). Последние были помещены в стеклянную цилиндрическую камеру, находящуюся под непрерывной откачкой. Предварительно поперек «рельсов» была положена тонкая металлическая проволочка. Вакуум в разрядной камере в момент времени, предшествующий эксперименту, составлял $1-2 \times 10^{-6}$ мм рт. ст.

При подаче напряжения 30 кВ на «рельсы» проволочка взрывалась, образовавшаяся плазма продолжала перемирать «рельсы», и в контуре протекал большой ток.



Академик Л. А. Арцимович

проводник или снаряд, скользящий по рельсам). Максимальная скорость движения плазмы на расстоянии 30 см от начального положения проволочки, полученная из обработки сверхскоростных фотографических измерений, составила 120 км/с. Собственно говоря, это как раз та схема ускорителя, которую сейчас принято называть рельсотроном, в английской терминологии — railgun, принцип действия которого показан на рис. 4, где 1 — рельс, 2 — снаряд, 3 — сила, 4 — магнитное поле, 5 — электрический ток.

Однако длительное время речь не шла о том, чтобы поставить на рельсы снаряд и сделать из рельсотрона оружие. Для реализации этой идеи нужно было решить ряд задач:

- ✓ создать низкоомный малоиндуктивный источник постоянного напряжения питания максимально возможной мощности;

- ✓ разработать требования к длительности и форме разгонного импульса тока и ко всей системе рельсотрона в целом, обеспечивающие эффективное ускорение снаряда и высокий КПД преобразования электромагнитной энергии в кинетическую энергию снаряда, и реализовать их;
- ✓ разработать такую пару «рельсы — снаряд», которая, обладая максимальной электрической проводимостью, сможет выдержать тепловой удар, возникающий при выстреле, от протекания тока и трения снаряда о рельсы;

- ✓ разработать такую конструкцию рельсотрона, которая выдерживала бы воздействие на рельсы сил Ампера, связанных с протеканием через них гигантского тока (под действием этих сил рельсы стремятся «разбежаться» друг от друга).

Главным, конечно, было отсутствие необходимого источника питания, и такой источник появился. Но об этом в окончании статьи.



(Окончание следует)

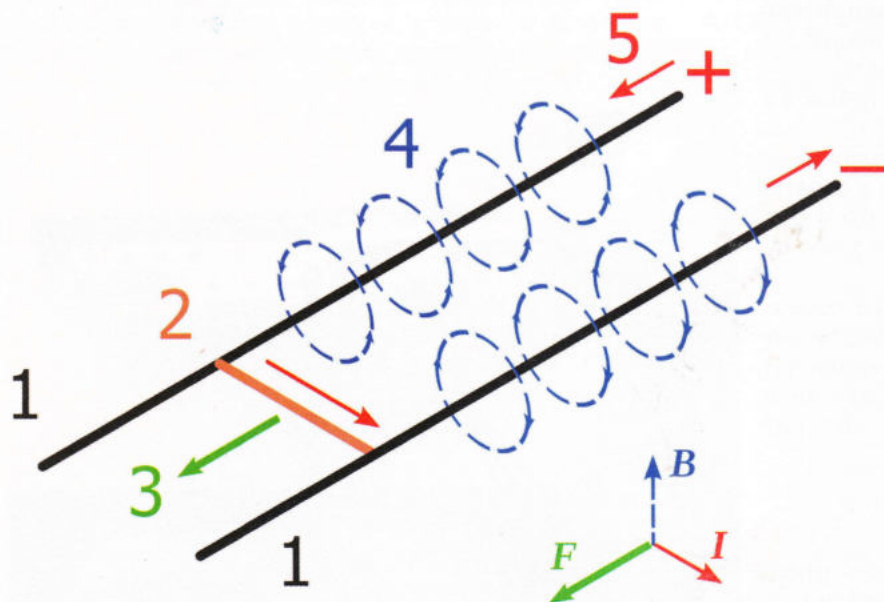


Рис. 4. Схема, иллюстрирующая принцип действия рельсотрона