

## Кинетическое оружие будущего

### Плазморельсовые системы комбинированного действия

#### Приложение к роману “Завтра Горизонт” и к книге “Космософия”

Автор: Artem Кохе

[www.rigid.tech](http://www.rigid.tech)

---

В этом приложении я предложу концепт проект оружия и принципов кинетических систем нового поколения, которые, как я считаю, придет на смену существующего.

При этом хочу обратить внимание, что несмотря на то, что описание в основном будет строиться на примере оружия, я буду рассматривать инженерную систему и концепцию, а не конкретное применение.

Начну с того, что уже известно. А именно – с рельсотрона. При этом несмотря на то, что начинаю я с рельсотрона, речь в итоге пойдет не о рельсотроне, а о концептуально новой системе. Просто с чего-то нужно начать. И лучше начать с чего-то понятного. Но обо всем по порядку.

Рельсотрон работает на силе Ампера, которая действует на основе правила левой руки. Идея в том, что если ток протекает по руке в направлении от запястья к пальцам, то магнитная сила будет действовать в направлении большого пальца (перпендикулярно направлению протекания тока).

Но я сразу тут вмешаюсь, и скажу, что школьное объяснение не верно и вызывает путаницу. Фактическое направление движения тока соответствует фактическому направлению движения электронов, и происходит от минуса к плюсу. Уже давно нужно переписать учебники и поменять местами руки во всех правилах, что на них основаны. Так как именно так ток принимается в электронике.

Отсюда направление силы Ампера по принципу левой руки определяется как движение тока от пальцев к запястью. Либо от запястья к пальцам по принципу правой руки.

Но это в контексте классического рельсотрона не особо важно. Главное, это то, что если между двух рельс расположить подвижную перемычку, и подать на рельсы напряжение, где на одну рельсу подать плюс, а на вторую – минус, то перемычка будет двигаться перпендикулярно направлению протекания через нее электрического тока.

При этом на какой рельсе находится плюс, а на какой минус не важно. Так как если сменить полярность, изменится и направление тока, и направление линий магнитной индукции, из-за чего направление силы Ампера не изменится. Так как что бы оно изменилось, нужно что бы изменилось только что-то одно из этого.

И таким образом в классическом рельсотроне перемычка будет двигаться всегда от источника тока. То-есть от того места, куда подключены провода к рельсам. Из-за чего силовые кабели всегда размещаются у основания ствола, там, где у обычного оружия затвор.

Сила, действующая на снаряд, для рельсотрона считается по формуле:

$$F = IL \frac{\mu_o I}{2\pi d} = I^2 L \frac{\mu_o}{2\pi d} \propto I^2$$

$$F = IL \frac{\mu_o I}{2\pi d} = I^2 L \frac{\mu_o}{2\pi d} \propto I^2$$

Где  $I$  – сила тока, а остальные части зависят от конструкции или константы, и не сильно нас интересуют на текущем этапе, из-за чего сила, действующая на снаряд, сводится к силе тока в квадрате. И отсюда в первую очередь нужна сила тока, что происходил разгон.

Но это в идеальных системах. А в реальных с силой тока есть одна серьезная проблема. А именно – чем она выше, тем больше падение напряжения и потери на тепло. В добавок при нагреве еще больше растет сопротивление и падение напряжения вместе с ним. И в итоге это может привести к тому, что из-за падения напряжения система не может развить достаточный ток, что бы хоть немного этого тока дошло до снаряда. И отсюда приходится повышать напряжение, так как формула тока по закону Ома:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{U}{R}$$

И тогда силу, действующую на снаряд, можно выразить как:

$$F \propto \frac{U^2}{R^2}$$

$$F \propto \frac{U^2}{R^2}$$

Из чего получается, что повышение напряжения будет напрямую влиять на силу тока и больше энергии будет уходить в полезную работу, а меньше – в нагрев направляющих.

И отсюда нужно повышать напряжение на сколько это возможно. Но это в теории, а на практике все вообще не так. Потому что если большой ток вызывает, по сути, одну единственную проблему, которая выражается в падении напряжения, и, как следствие, нагреве, то большое напряжение – кучу проблем.

Первая – если повысить напряжение до тысяч вольт – это может привести к пробое (образованию разряда) между рельсами. Усугубляется это еще и тем, что этот пробой разный при разных условиях. Например, во влажном воздухе он случится намного раньше, чем в засушливом.

В добавок чем выше напряжение, тем больше шанс утечки на землю или куда-то еще.

Так же большое напряжение создает мощное электромагнитное поле, что выражается в мощном электромагнитном импульсе, который, во-первых, вызывает потери энергии, а во-вторых, еще и

вышибает всю электронику в округе. В том числе и ту, что используется для работы пушки. Не говоря уже о том, что такая электромагнитная вспышка демаскирует стрелка и выстрел.

Плюс при большом напряжении эти электромагнитные потери могут быть на сколько большими, что превысят потери от нагрева при большом токе.

В добавок высокое напряжение вызывает повышенную деградацию направляющих и снаряда из-за электроэрозии. Молния буквально “выбивает” атомы материала, из которых они состоят, и рельсы просто испаряются.

Плюс сильное электромагнитное поле приводит к тому, что рельсы отталкиваются друг от друга, что меняет зазоры, допуски и вот это вот все.

Также не нужно забывать о самоиндукции, вызванной электромагнитными полями, которая, если от нее не защищаться, может убить силовую электронику, что управляет выстрелом, а если защищаться – то это дополнительные компоненты и дополнительные потери на них.

В добавок высокое напряжение вызывает ионизацию окружающего воздуха с коронными разрядами, что, во-первых, приводит к потерям, а во-вторых, сияет красивым сиянием и демаскирует оружие. Особенно в глазах радиоэлектронных детекторов, обнаруживающих электромагнитное излучение.

Плюс высокое напряжение требует очень сложной и громоздкой электроники. Так как обычные транзисторы просто пробиваются при напряжении выше пары тысяч вольт. И это, не говоря о том, что если что-то пойдет не так, и человек случайно окажется не в том месте и не в то время, то он получит мощнейший удар током.

И того большое напряжение – большие проблемы. И нельзя просто взять и подать сотню тысяч вольт на рельсы.

Отсюда приходится всегда балансировать между напряжением и током. И даже так направляющих хватает в лучшем случае на пару десятков выстрелов, а КПД рельсотрона редко превышает 20%.

Но давайте пока забудем на напряжение и ток, и представим, что у нас все работает на базе текущих концепций и технологий, и посчитаем, что получится по энергии. Причем сразу рассчитаем необходимый источник энергии, так как без него все остальное бессмысленно.

В качестве источника я предлагаю взять самый эффективный и энергоемкий на текущий момент конденсатор, а именно – ионистор.

Да, можно сказать, что ионистор проигрывает в удельной токоотдаче (токоотдаче относительно емкости) алюминиевым и танталовым конденсаторам, и танталовые быстрее разрядятся, и это будет верно. У них действительно в 1000 раз выше удельная токоотдача, чем у ионисторов (удельная токоотдача считается в амперах на фарады). Но если взять удельную емкость ионисторов, которая в 1000 и более раз превосходит удельную емкость танталовых (считается в фарадах на грамм), то получится, что токоотдача на грамм у них одинаковая.

И того, что танталовый, что алюминиевый конденсатор успеет полностью разрядиться за выстрел, а ионистор нет. Но по размеру и по весу конденсаторная сборка будет одинаковая. И единственная разница в них в том, что ионисторы максимум на 2.7 вольт бывают (ионисторы на большее напряжение – это просто последовательно подключенные ионисторы в общем корпусе), в то время как другие могут быть и на 600, на и 1200 вольт.

Отсюда если нужно большое напряжение, то рациональнее выбрать другие типы конденсаторов, так как собирать пару тысяч ионисторов последовательно, это довольно дурацкая затея, особенно

учитывая, что при последовательном соединении работает принцип “меньше меньшего”, что означает что качество всей сборки, ее токоотдача и ее емкость определяется самым слабым конденсатором. А когда их тысячи, шанс, что хотя бы один будет бракованный, резко увеличивается.

Но мне высокое напряжение не нужно, отсюда я беру ионисторы, так как у них выше емкость, что означает что больше энергии будет помещаться “на борту”.

Почему мне не нужно большое напряжение – узнаете дальше. Но спойлер – ионистор тоже не подходит, по крайней мере стандартный, и придется изобретать особый, но об этом позже.

А пока предлагаю рассчитать количество ионисторов, нужное для выстрела снарядом, чья энергия аналогична пуле .338 калибра.

Энергия такой пули в пределах 6000 джоулей. КПД рельсотрона возьму 20% (среднее). И тогда суммарная требуемая энергия будет  $E=6000/0.2=30000$  Дж.

Конденсатор нет смысла разряжать в ноль, отсюда я предположу (возьму от балды), что он разряжается от 2.7 до 1.4 вольта, и в этих пределах его емкость составляет 30кДж энергии.

Энергия конденсатора считается по формуле:

$$E = \frac{C(U_B^2 - U_H^2)}{2}$$

$$E = \frac{C(U_B^2 - U_H^2)}{2}$$

Где  $U_B$  и  $U_H$  – Напряжение в заряженном и разряженном состоянии. Тогда емкость будет:

$$C = \frac{2 * E}{U_B^2 - U_H^2} = \frac{2 * 30000}{2.7^2 - 1.4^2} = 11259 \text{ Ф}$$

Это не так и много, и 4 стандартных ионистора на 3000F размером 60х60х135 миллиметров, обеспечат нужный запас энергии для совершения одного выстрела. И это достаточно мощный выстрел, так как .338 калибр считается снайперским и способен пробивать легко бронированные цели. Но только просто взять 4 ионистора не получится, так как у них есть ограничение по скорости разрядки.

Если представить, что снаряд разгоняется в стволе до 1000 метров в секунду, и длина ствола составляет 50 см (как у типовой винтовки 338 калибра), то снаряд находится в стволе в течении 1 миллисекунды.

Ионисторы подобные же из-за внутреннего сопротивления отдают токи где-то в районе 5000 ампер, что конечно же достаточно для большинства задач, от запуска автомобиля, до сварки, но только при таком токе ионистор на 3000 фарад разрядится полностью за 1.4 секунды где-то (из-за своего внутреннего сопротивления).

Отсюда типовой ионистор не подходит, и нужен конденсатор, способный разряжаться на свой рабочий объем за 1 миллисекунду, а это в полторы тысячи раз быстрее, чем может разряжаться ионистор. Плюс при такой скорости разрядки ток у него будет не 5000 ампер, а миллионы ампер. Из-за этого придется делать сборки с очень низким сопротивлением и разрабатывать свой собственный конденсатор.

Сделать его можно из тонких пластин, соединенных последовательно. При этом вся пластина будет по совместительству контактом. То-есть это как многослойный сэндвич из тонких пластин, собранных между собой просто плоскостями. Такая конструкция позволит конденсатору переваривать огромный ток, при этом будучи компактным. При этом такие конденсаторы можно легко сделать на нужное напряжение, просто увеличивая или уменьшая количество слоев (только нужно добавить встроенную систему балансировки).

Что касается конденсаторов, что доступны на текущий момент, то для совершения такого выстрела нужно делать сборку, которая займет объем 0.3 кубических метра (это как средняя стиральная машина или газовая плита). При этом за один выстрел конденсаторы разряжаться не будут, и в такой сборке будет энергии на 50-100 выстрелов. Но это если мы говорим о реальном оружии. Для игрушки хватит и нескольких конденсаторов, с которыми энергия снаряда будет 28-32 джоулей. Это как хороший пневмат. И по банкам стрелять можно будет в свое удовольствие из рельсотрона.

Так же уже сейчас разрабатываются графеновые конденсаторы, которые имеют удельную емкость 200-300 ватт на килограмм, что сопоставимо с литиевыми батареями. И некоторые экспериментальные данные говорят, что эти конденсаторы способны разряжаться за 1-10 миллисекунд на полную емкость работая в импульсном режиме и выдавая заряд порциями в течении микросекунд. А это означает, что одного такого конденсатора типоразмера 21700 (емкость около 20вт\*ч), хватит для выстрела с энергией снаряда под 5кДж.

Ну а заряжать конденсаторы можно от обычной высокотоковой батареи. В добавок ее можно менять вместе с кассетой со снарядами.

Сегодня батарея Li-NMC формата 21700 на 3.7 вольта 5000Ач позволит сделать полтора выстрела с дульной энергией в 6000 джоулей (с учетом всех потерь). Но уже сейчас есть кремний-углеродные батареи (Si-C), потенциальная удельная емкость которых может превысить NMC батареи в 10-12 раз (теоретически). То-есть одна Si-C батарейка формата 21700 позволит сделать 15-20 выстрелов с энергией снаряда равной 338 калибру, при учете, что КПД системы будет на уровне 20%.

Но это в реалиях на момент написания этих строчек. Если же учесть ближайшее будущее и те технологии, которые уже есть в лабораториях (то-есть это не воображаемое будущее, а вполне себе осязаемое), то для совершения одного такого выстрела хватит конденсатора размером как 4 спичечных коробка. И для зарядки этих конденсаторов на 30 выстрелов хватит батареи аналогичного размера (разница в том, что у конденсаторов маленькая емкость, но большая токоотдача, а у батареи большая емкость, но она выдает малый ток).

Это что касается источников энергии доступных на текущий момент и в ближайшей перспективе.

\*\*\*

### **Новая концепция**

Но только это все ерунда, так как реальный рельсотрон хоть и работает, но делает это крайне плохо. И потенциала у этой технологии нет и не будет, потому что система обладает критическими недостатками, главный из которых заключается в том, что направляющих хватает на пару десятков

выстрелов со значительным снижением точности при каждом последующем из-за температурной деформации и деградации.

Важно, я сейчас говорю об ограничениях рельсотрона как ускорителя, а не кинетических баллистических систем как оружия в принципе. А то набегут сейчас свидетели сопротивления воздуха и силы Кориолиса, разбирающиеся в ответе, и начнут о числах Маха рассказывать.

И даже если предположить, что новые материалы позволят увеличить стойкость направляющих до сотен выстрелов, это мало что изменит. Так как точность начнет сильно падать уже после 30 выстрелов. И это, не говоря уже о всех других проблемах, которые связаны с большим напряжением и большим током, что я описал.

Так что конечно же эта концепция не сводится к тому, что я просто посчитал емкость ионисторов для того, что бы сделать выстрел аналогичный .338 калибру. Конечно же у меня есть еще что предложить, помимо этого.

Если бы я проектировал винтовку, то в первую очередь постарался бы исключить контакт снаряда с рельсами, так как в месте контакта возникает искрообразование, что будет приводить и к деградации рельс.

Сделать это можно, если использовать дуговой разряд. Например, разместить керамические антифрикционные прокладки на направляющих и пропускать ток через плазменный слой между рельсами и контактной площадкой снаряда.

Это уменьшит деградацию, связанную с искровыми разрядами, но возникнет дуговой разряд, который тоже неплохо испаряет направляющие. Что бы решить эту проблему, можно сделать не проставки из керамики, а сами направляющие, покрыв керамикой токопроводящие шины. И тогда даже если произойдет деградация шин, на качестве направляющих это не скажется.

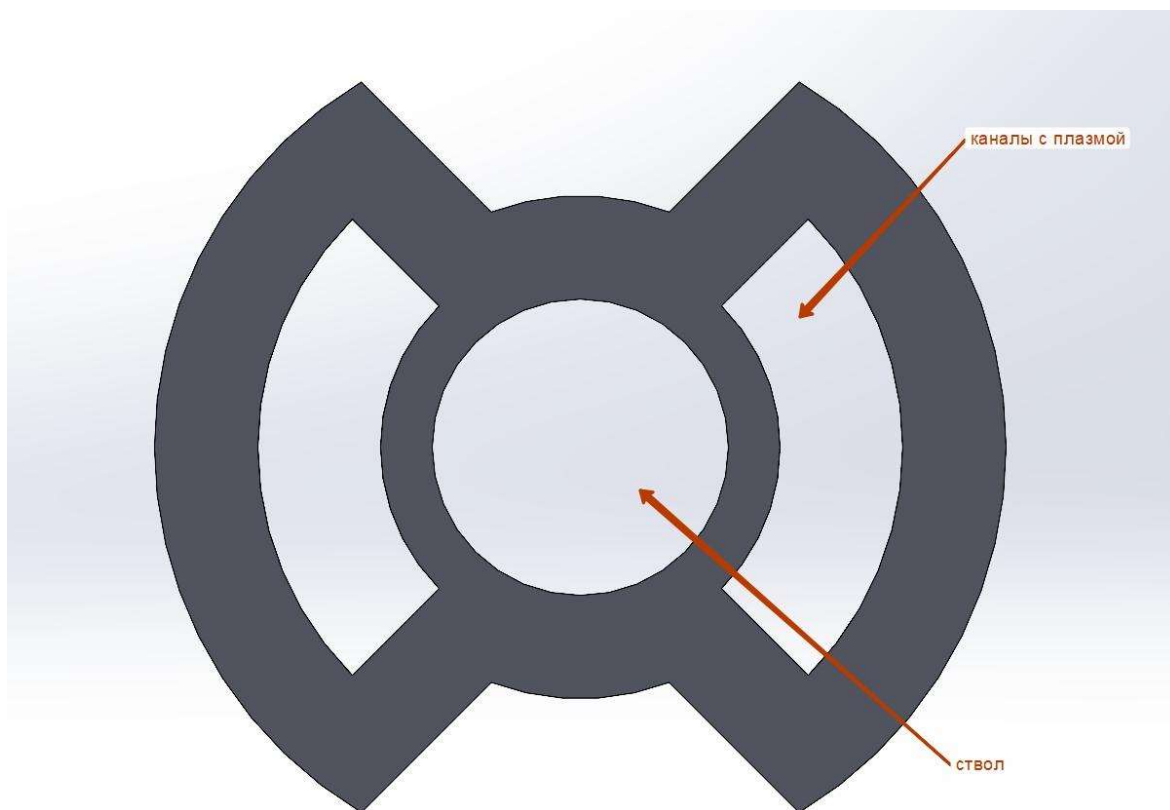
Плюс можно смоделировать направляющую и шину таким образом, что бы дуга проходила в строго заданном месте, а не где ей вздумается. Но даже так направляющая будет подвержена деградации, связанной с температурными деформациями. То-есть ее будет выгибать и вести, как при сварке ведет металл.

Отсюда можно вообще отказаться от куска металла в качестве контактной шины и сделать направляющие из керамики с полостями внутри, в которые залить жидкий металл, что от разряда максимум испаряется, а не деформируется и изгибается.

Но это все полумеры. Отсюда следующее решение, которое я собираюсь предложить, это отказаться от “физических” рельс. При этом оставив направляющие. Логика крайне простая – если нечему деградировать, то ничего деградировать и не будет.

Идея такая. Ствол делается в виде цельной детали, что представляет собой трубку, вокруг которой две трубки с плазмой, что выступают в качестве рельс, так как плазма неплохо проводит электрический ток (падение напряжения в зависимости от плазмы в среднем от 1-2 до 20-30 вольт на метр).

Ствол имеет приблизительно вот такую форму (очень условная схема). Это одна цельная керамическая деталь, где по бокам каналы с плазмой, в центре снаряд.



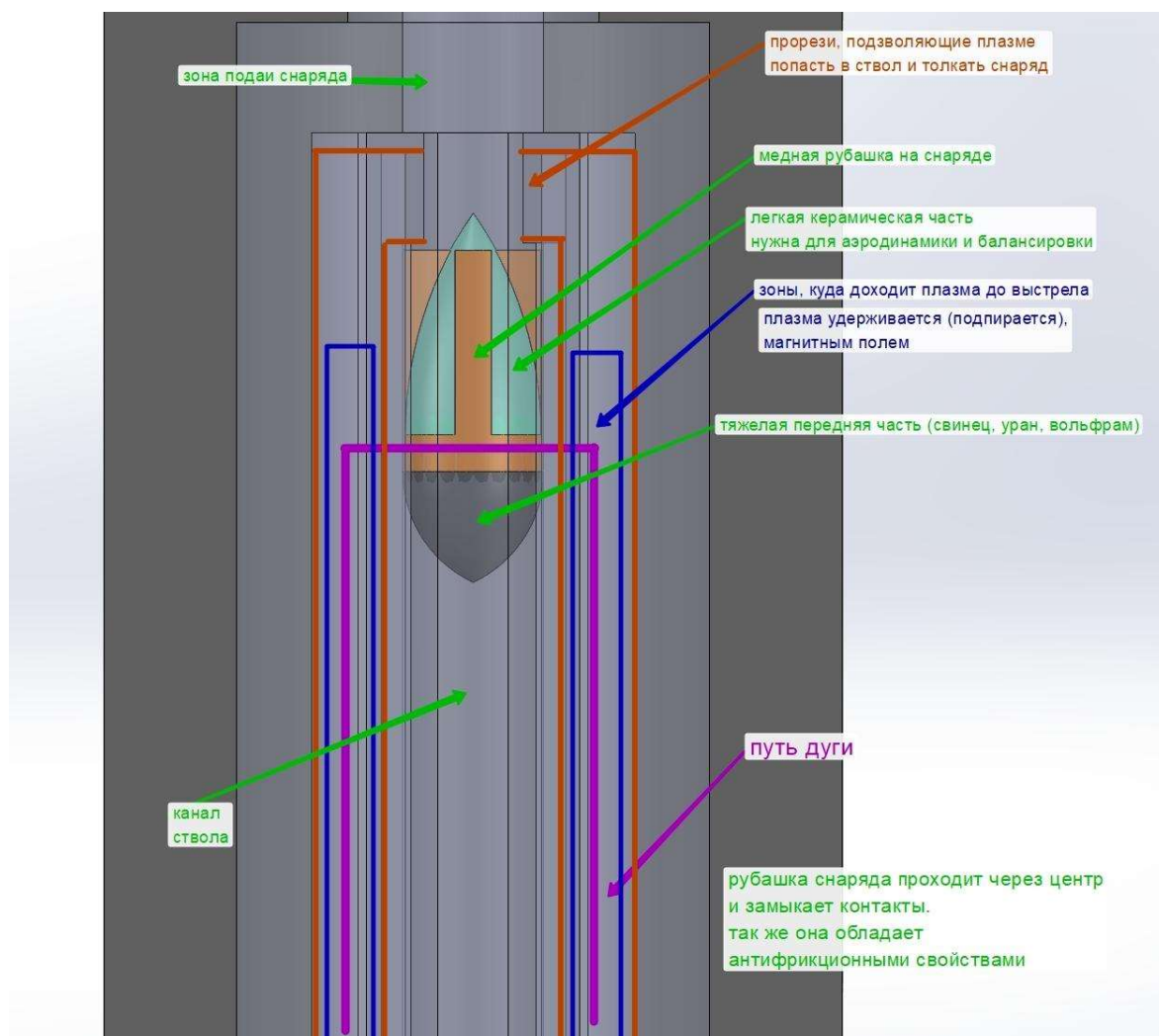
Плазма не деградирует от электрического разряда (у нее нет электроэрозионной деградации), и таким образом можно пропускать через нее большой ток и напряжение, не боясь, что она будет “изнашиваться”. Причем, когда я говорю большой ток и напряжение, я имею в виду сколько угодно большой ток и напряжение (но при особенно больших токах нарушается стабильность плазменного канала и для его стабилизации нужны дополнительные действия).

В тоге идея такая, что между плазмой и снарядом происходит электродуговой разряд, который и замыкает цепь. Сам же ствол сделан из диэлектрика, и он хоть и деградирует от проходящего через него дугового разряда, но в основном это связано с нагревом от дуги. В добавок дуга не будет надолго задерживаться в одном месте, так как снаряд, разгоняясь, движется по стволу, двигая точку прохождения дуги вместе с собой. И отсюда можно подобрать такой состав, что бы он деградировал минимально.

Дополнительно ствол можно сделать композитным с армирующими волокнами, чтобы повысить его прочность и термостойкость.

Более того, каналы плазмы будут иметь отверстия за снарядом. Но при этом плазмы перед выстрелом там не будет, так как иначе дуга пройдет через нее. То-есть плазма удерживается (подпирается) магнитными полями в плазменных каналах (по своей сути эти плазменные каналы ничем не отличаются от газоразрядных ламп, таких как неоновые лампы и т.д.).

На картинке снаряд в стволе, вид сверху в разрезе.



Отверстия нужны для того, что, если подать через плазму электрический ток, она неизбежно нагреется, из-за чего у нее увеличится давление.

Что бы давление не разорвало плазменные каналы (а оно может быть несколько десятков тысяч бар, зависит от параметров разряда и плазмы), плазма должна куда-то деваться. И это “куда-то” — не просто куда-нибудь, а в зону за снарядом, благодаря чему давление плазмы воздействует на снаряд и разгоняет его подобно тому, как сжатый воздух разгоняет пульку в пневматической винтовке.

То-есть получается такой “плазменный поршень”, который разгоняет снаряд, и винтовка работает по комбинированной схеме, где с одной стороны на снаряд действует сила Ампера, а с другой — давление плазмы.

При этом в начале и в конце ствола находятся два электромагнита (катушки).

Задний (стартовый) не пускает плазму в ствол раньше времени, что бы заряд прошел не через плазму, а через снаряд. Он же удерживает снаряд на начальной позиции, не давая выпасть.

Передний же магнит “ловит” плазму, что толкает снаряд и стремится вылететь из ствола вслед за ним по инерции, после чего направляет назад в каналы.

Конечно же это не позволит полностью исключить потери плазмы. Но она будет автоматически пополняется после каждого выстрела. Если плазма на основе газа (ксенон, аргон, например), то



пополнять ее можно из баллончика. Если на основе других элементов (натрий, например), то получать методом испарения прямо в плазменных каналах.

---

Работать это будет так:

Есть три независимых и гальванически развязанных системы. Первая удерживает газ в ионизированном состоянии. В этой системе ток проходит от электрода в передней части трубки, к электроду в задней части трубки. То-есть просто классическая плазменная лампа в количестве двух штук.

Они включаются (зажигаются) когда оружие снимается с предохранителя. Ну это в теории. На практике же это зависит от того, как быстро будет ионизироваться и “разгораться” такая лампа. Но мы же придумываем систему будущего, где технологию сделали эффективной, и плазма стабилизируется за миллисекунды.

При этом, когда “лампа” не активна, винтовка не может выстрелить никак и не при каких условиях, так как превращается в рельсотрон, у которого украли рельсы. Это дает дополнительную степень защиты от случайных срабатываний (но снижает надежность).

Непосредственно за разгон снаряда отвечает вторая система.

Вторая система – высокотоковая, на сравнительно небольшое напряжение (от десятков до сотен вольт). В каждом плазменном канале стоит по одному электроду в передней части, и они напрямую подключены к конденсаторам без каких-либо транзисторов или чего-то еще (что бы уменьшить сопротивление, потери, количество компонентов и размер системы, а так же увеличить надежность). Но при этом несмотря на то, что конденсаторы заряжены и электроды под напряжением, выстрела не произойдет, пока не случится замыкание между плазменными каналами.

Замыкание может случиться либо при помощи дуги, что проходит через снаряд, либо при помощи смешения плазмы в задней части ствола (когда задача стрелять без снаряда, просто сгустком плазмы, зачем и как это делать расскажу позже).

И третья система, это высоковольтная “спусковая” система, которая создает дугу через снаряд. Она подает высоковольтный импульсный разряд в десятки киловольт, создавая тем самым дуговой канал, по которому пройдет низковольтный высокотоковый разряд.

Так как низковольтный разряд сам по себе пройти не может (не хватает напряжения преодолеть слой диэлектрика), он пойдет только когда появится дуга, то есть сработает высоковольтная система. Из-за чего нет системы управления низковольтным зарядом. То-есть получается так называемый плазменный выключатель непосредственно в плазменном канале ствола, без дополнительных коммутирующих устройств.

Принцип его работы такой же как в сварочном аппарате, где есть блок розжига, который зажигает дугу пробоем (HF-розжиг), а после по этой дуге уже идет нужный ток с низким напряжением.

После, когда дуга пропадает (снаряд покидает ствол и она естественным образом разрывается), конденсаторы снова начинают заряжаться автоматически без какого-либо управляющего механизма, вроде транзисторов. При этом рабочие конденсаторы подключены только ко второй системе. Две других работают от батареи (через гальваническую развязку, разумеется).

При этом стоит учитывать, что дуга может перепрыгнуть на плазму. Из-за чего лучше сделать так, что бы низковольтная дуга могла проходить через плазму только в случае, когда есть прокладывающая ей путь высоковольтная (как в плазменном выключателе).

Низкое напряжение на разгонной системе уменьшит электромагнитные потери, ЭМИ импульс, сильно упростит схемотехнику, и в добавок убережет от удара током. Низковольтный высокоточный разряд не опасен для человека, потому что максимум может вызвать ожог.

При этом высоковольтный спусковой разряд – это электрошокер по своей сути, который, даже если ударит, не будет летальным, так как там высокое напряжение, но маленький ток.

Помимо этих трех могут быть дополнительные вспомогательные системы. Но эти основные.

---

Да, можно предположить, что заряд пойдет не по кратчайшему пути, а по пути меньшего сопротивления. Но кратчайший путь и будет путем меньшего сопротивления, так как в начале выстрела плазма в ствол не попадает из-за подпора магнитом, что создает путь меньшего сопротивления именно через дугу, которая пройдет через снаряд (так как там просто меньше расстояния для пробоя).

Ну а дальше, когда дуга уже натянута, путь наименьшего сопротивления будет по этой самой дуге, так как сопротивление дуги ниже, чем плазмы, из-за более высокой степени ионизации первой. Плюс путь через снаряд будет еще и короче, чем через плазму.

При этом дуга будет прерываться, когда снаряд покидает ствол. То-есть конденсатор не обязательно будет тратить всю энергию при каждом выстреле.

Сделать прерывание дуги можно двумя вариантами. В первом как в сварочном аппарате, где первичная дуга розжига подается только кратковременно, а после высокоточная низковольтная дуга удерживаться за счет плазменного канала, созданного первичной дугой.

И во втором как в плазменном выключателе, где вторичная дуга проходит по каналу, проложенному первичной дугой, только в тот момент, когда активна первичная дуга. При этом сам канал может выступать таким плазменным выключателем.

Первый вариант более простой, но не гарантирует разрыв дуги после того, как снаряд покинет ствол, так как дуга может перекинуться на плазму и быть активной до тех пор, пока не разрядится конденсатор до напряжения ниже напряжения пробоя.

При этом в первом варианте нужен довольно большое напряжение вторичной системы, так как ему придется преодолевать не только плазменные каналы, но и два слоя диэлектрика ствола. А это несколько миллиметров.

Отсюда лучше использовать второй вариант, где вторичная дуга будет работать только тогда, когда есть слабая первичная, что прокладывает ионизированный канал. В такой системе вторичная дуга будет автоматически разрываться без первичной, так как она просто не сможет преодолеть несколько миллиметров диэлектрика на стенках ствола. При этом в системе, скорей всего, будет еще несколько зон пробоя, созданных для других целей. Но о них чуть дальше.

В добавок во второй системе можно использовать импульсный режим, что позволит многократно увеличить мощность системы. Как вы помните, я говорил, что графеновый конденсатор разряжается на полную емкость за миллисекунду только в импульсном режиме.

И это не считая того, что в импульсном режиме можно точнее управлять системой, и даже добавлять или убавлять ток на разных этапах разгона (подключать больше или меньше конденсаторов, если сделать несколько разных управляющих разрядов). Не говоря уже о том, что в зависимости от количества и продолжительности импульсов можно легко регулировать силу выстрела и энергию пули.

И учитывая все эти преимущества, логично использовать именно второй вариант управления.

Хотя если использовать первый вариант, и дуга не разорвется, а пойдет через плазму, это не будет прям сильно критично.

Потенциально это может привести к деградации электродов или конденсаторов из-за длительного нагрева, или приведет к нарушению удержания плазмы, из-за чего для следующего выстрела понадобится восстанавливать плазму. Но другого разрушения скорей всего не произойдет, так как по мере нагрева плазма просто будет расширяться и вылетать из ствола, пока ее сопротивление не вырастет до того, что падение тока будет больше напряжения конденсаторов, и на этом процесс прекратится (меньше давление плазмы – выше сопротивление).

---

И смотрите что получается. Сначала, в момент старта снаряда, разряд проходит через весь плазменный канал, так как снаряд в противоположной стороне от электродов. Из-за чего падение напряжения максимальное, и плазма нагревается сильнее всего, и начинает оказывать давление на снаряд, разгоняя его не так за счет силы Ампера, как за счет давления газа (плазменного поршня).

Но по мере разгона плазма уже не так активно толкает снаряд, когда он разогнался просто потому, что не успевает его догнать. То-есть с ростом скорости снаряда эффективность плазменного поршня снижается.

Но только когда снаряд начинает двигаться по стволу, расстояние, по которому идет ток, уменьшается. В добавок в плазме на этот момент уже есть устойчивый дуговой канал, который сильно снижает сопротивление канала. Из-за чего падение напряжения уменьшается, и все больше тока тратиться на силу Ампера и меньше на нагрев плазмы.

И отсюда большое напряжение конденсаторов не нужно, и можно создать низковольтную систему, где напряжение главной силовой части сотни или даже десятки вольт. Что, в свою очередь, позволит избежать проблем, связанных с большим напряжением.

Можно ли при этом сделать систему на большое напряжение? Да. Но подобрать его так, что бы не было самопроизвольного пробоя.

---

Но при этом важно заметить, что если использовать низкое напряжение на второй системе, то много энергии уйдет в тепло. Но это не проблема для комбинированной схемы, так как увеличение тепла выражается в увеличении давления, которое используется для разгона снаряда.

По при этом с уменьшением напряжения уменьшаются потери на жесткое электромагнитное излучение, что в итоге может привести к увеличению суммарного коэффициента полезного действия такой системы до 60% и даже выше.

При этом можно примерно посчитать сколько уйдет в тепло, и, как следствие, во сколько раз увеличится давление плазмы.

Допустим используется аргоновая плазма. Падение напряжения для аргона где-то 10 вольт на 50 сантиметров плазмы. Если подаваемая энергия 30 кДж (как нужно для совершения выстрела с энергией пули 6 кДж и КПД системы 20%), и напряжение источника 80 вольт, то потери на тепло составят:

$$30 \text{ кДж} * \frac{20 \text{ В}}{80 \text{ В}} = 7.5 \text{ кДж}$$

$$30 \text{ кДж} * \frac{20 \text{ В}}{80 \text{ В}} = 7.5 \text{ кДж}$$

7.5 кДж это 25% от 30 кДж, то есть в классической системе потери на тепло составят 25%. Но в предлагаемой мной концепции эта энергия перейдет в давление. И тогда это будут не потери, а перераспределение энергии между давлением плазмы и силой Ампера. При этом непосредственно на потери в виде тепла уйдет всего несколько процентов энергии (электромагнитным излучением пока пренебрегаю).

При этом я взял 20В в числителе, так как 50 см плазмы это только один плазменный канал (если длина ствола 50см). Соответственно два канала – 100см.

Для того, что бы выяснить давление, которое получится в итоге, возьму, что плазма удерживается при нормальном давлении (атмосферном), так как при высоком или низком давлении ее удерживать неудобно из-за того, что она в не герметичных каналах с магнитным подпором.

Температура плазмы пусть будет чуть выше комнатной (400\*К).

Время, пока снаряд находится в стволе – 1 миллисекунда (0.001 секунды).

Отсюда энергия в 8кДж за 1мс высвобождается в плазму.

Объем плазмы возьму 18 кубических сантиметров (такой объем плазменных каналов на основе схемы, что я приложил выше, при обозначенной длине ствола и калибре).

При таких условиях 8 кДж за 1мс нагреют плазму до температуры чуть ниже полумиллиона градусов кельвина (460000 градусов), и ее давление при нагреве увеличится приблизительно до 1160 бар.

Это сопоставимо с давлением в стволе у большинства типовых винтовок под стандартные патроны (.308, .338, .50), давление же в патроннике у них в 5 раз выше. Но в предлагаемой мной системе не нужно достигать такого же давления в патроннике, как у них. Так как у обычной винтовки всю работу по разгону выполняет давление, тут же давление нужно только для того, что бы помочь на старте, где оно эффективно работает, а дальше уже разгоном будет заниматься сила Ампера.

Если же начальное давление будет не 1 бар, а, скажем, 20 бар, то в итоге можно получить то же самое давление в 1160 бар в стволе, но при меньшей температуре. То есть молекул будет больше, но их скорость меньше.

Работает это на основе той логики, что если мы сообщаем 8 кДж энергии, то в итоге работа будет такой же, так как 8 кДж – это 8 кДж, а от начальных условий отличается распределение работы. Но можно играть параметрами, получая то, что нужно из учета прочности и термостойкости конструкции.

При этом если использовать более высокое начальное давление, как следствие, более высокую плотность плазмы, то меньше потерь будет на свечение. Отсюда предпочтительней выбирать как можно более высокое начальное давление плазмы.

Можно, конечно, получить давление при выстреле хоть 20000 бар, как у современных артиллерийских систем. Но чем выше давление, тем больше нагрузка на конструкцию. И для ручных систем такое давление избыточно и опасно, так как оно может разрушить винтовку. Плюс чем выше давление, тем мощнее нужен затвор. Без давления затвор не нужен вообще.

При этом, конечно, можно запереть плазму в плазменных каналах и использовать только силу Ампера, но это не только снизит КПД (так как энергия, что переходит в тепло, будет теряться), но и так же сильно увеличит требования к прочности конструкции, ведь в плазменных каналах давление будет несколько тысяч бар. Плюс после каждого выстрела надо будет, что бы происходило остывание. Ведь температура из плазмы никуда не будет деваться, и если пропустить еще раз разряд, то она только увеличится.

Так что использование чисто силы Ампера с закрытыми плазменными рельсами – это не лучшая идея. По крайней мере до тех пор, пока не появится преобразовывать температурное движение молекул в ЭДС и проводить рекуперацию тепловой энергии в электрическую между выстрелами.

Еще один вариант, это сделать плазменные каналы, открытые в задней части не с перетеканием в ствол, а просто с выбросом плазмы назад, когда снаряд движется вперед, и подобрать плазму и напряжение так, чтобы минимум энергии уходило в тепло.

Это, конечно, не подходит для ручного оружия, так как вылет плазмы со стороны затвора сожжет стрелка, но это позволит создать безоткатную систему. То-есть систему, у которой вообще нет отдачи. Так как импульс снаряда, что движется вперед, будет равен импульсу плазмы, что движется назад.

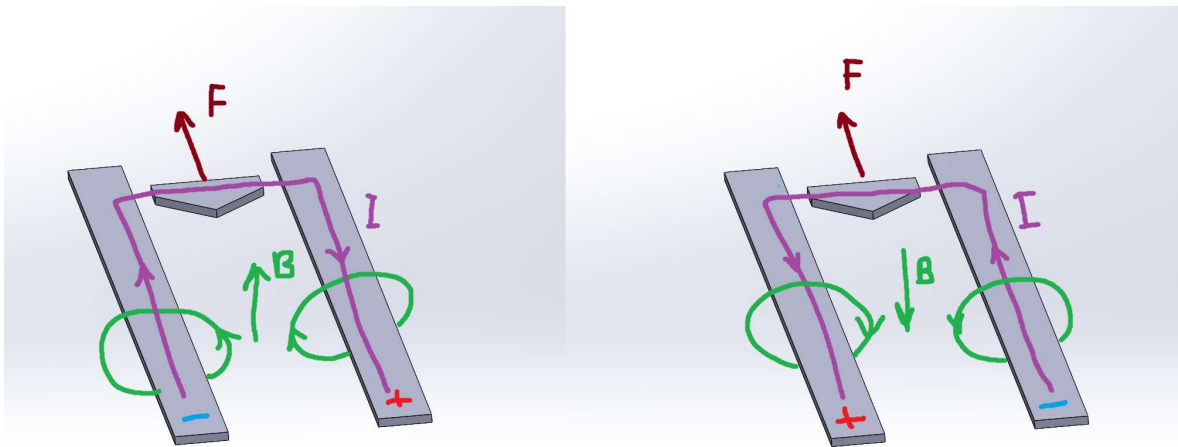
Такие системы могут быть актуальны для авиации, где не будет проблем от того, что плазма вырывается назад при выстреле. Особенно эта схема актуальна для скорострельных систем, которые могут замедлять летающий аппарат или влиять на его положение за счет отдачи.

---

Назвать концепцию предлагаю: Плазмо-Рельсовая (PlasmaRail). То-есть “плазморельсовая винтовка” (PlasmaRail gun) или “плазморельсовая система”. Хотя точнее ее будет назвать “винтовка на плазменных струнах” или “плазмострунная винтовка” (PlasmaString Rifle). Почему так расскажу чуть дальше.

### **Принцип работы**

В классическом варианте рельсотрона на снаряд действует сила Ампера. Для наглядности изобразил такую картинку.



Из-за чего заряд подается с задней части рельс (со стороны затвора), так как на схеме видно, что направление силы ампера будет от источника тока. Причем, как видно, смена полярности ситуацию не меняет, так как при смене полярности меняется не только направление тока  $I$ , но и направление линий магнитной индукции  $B$ , из-за чего направление силы Ампера  $F$  остается неизменным.

И это большая проблема. Так как в моем случае заряд нужно обязательно с передней части каналов, что бы он проходит через всю плазму. Потому что если подавать заряд с задней части, то может возникнуть проблема, где, когда плазма поступит в канал ствола, заряд пойдет через нее, а не будет “пробивать” на снаряд, и в таком случае основную работу будет выполнять расширяющаяся плазма (давление плазмы), а не сила Ампера. Но так как длина дуги там небольшая, то нагрев плазмы будет не эффективным, из-за чего не будет ее расширения.

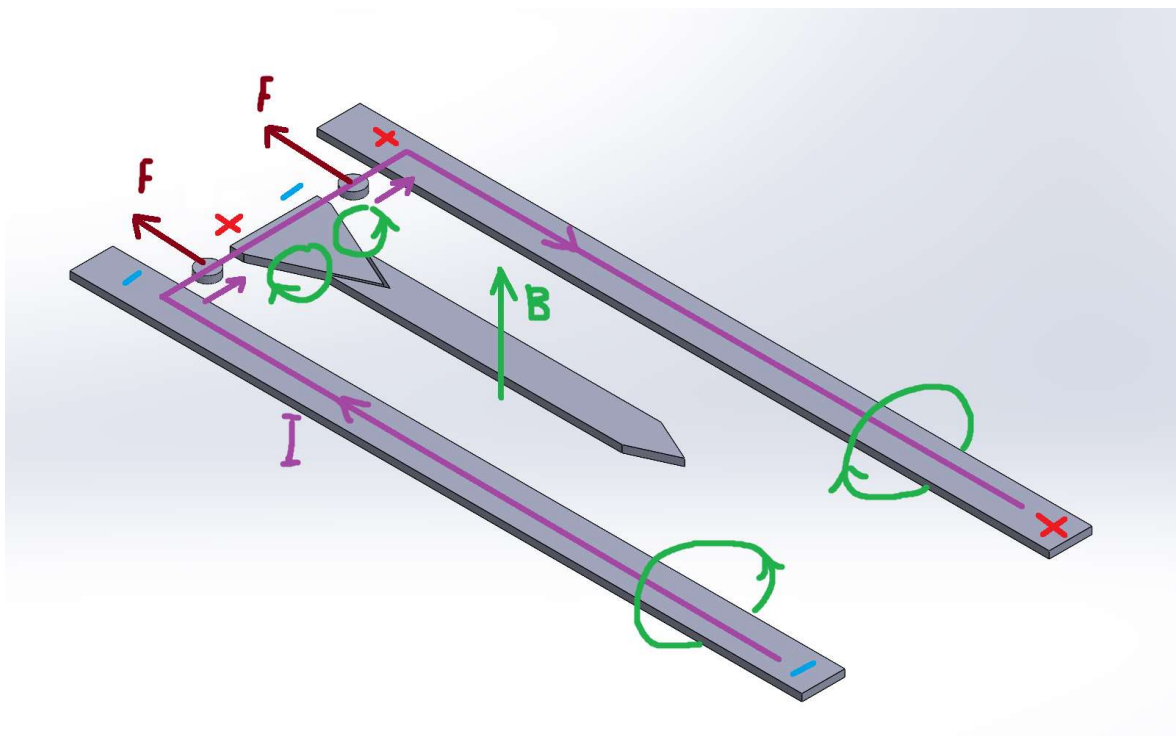
---

Но я говорил, что у меня получается система, работающая на кардинально другом принципе, отличном от принципов классического рельсотрона. И рельсотрон я брал только в качестве основы, что бы на чем-то объяснять.

Смысл в том, что плазма – это не жесткий рельс, а подвижный токопроводящий газ. И если пропустить через нее электрический разряд, то ее частицы начнут двигаться под действием силы Лоренца.

И в предлагаемой мной концепции не снаряд будет разгоняться силой Ампера, а плазма силой Лоренца. Снаряд же в этой схеме будет являться “рельсом”. И фактически получится электромагнитный импульсный двигатель, где частицы плазмы выбрасываются в направлении “назад”.

Но так как снаряд не закреплен, а плазма “закреплена” (заперта в трубе), то двигаться будет именно снаряд. Что бы это понять предлагаю посмотреть на картинку. Я нарисовал центральную часть большой, что бы ее было проще воспринять как рельс.



Представьте, что плазма — это линия, и в то же время кругляшка рядом с центральной частью (снарядом), это частица плазмы, которая находится между общей кучей плазмы и снарядом.

И если рассмотреть систему по частям, то получится, что на частицу плазмы действует сила Лоренца, и толкает ее в направлении, противоположном движению снаряда, при условии, что мы подаем ток с передней части. Причем это происходит в обеих плазменных каналах, так как направление сил в них одинаковое.

И тогда частица плазмы полетит назад под действием силы Лоренца, а снаряд вперед под действием импульса.

Понятно, что эта частица быстро вылетит из зоны дуги. Но на ее место встанет другая, и так по непрерывному циклу, до тех пор, пока либо не закончится вся плазма, либо снаряд не вылетит из ствола и не разорвется дуга.

Но плазма не закончится, так как частицы будут возвращаться в нее под действием давления, облетая зону, где проходит дуга, так как если частицы постоянно будут улетать в одном направлении, то возникнет зона пониженного давления в том месте, откуда они улетают, что приведет к перетеканию плазмы в направлении этой зоны. И тем самым будет постоянное закручивание плазмы и ее возврат в зону с меньшим давлением (в переднюю часть).

При этом в передней части все равно давление будет ниже в момент выстрела (будет неравномерность давления), иначе не будет перетекания.

Более того, в предлагаемом мной концепте в ее “классическом” варианте нельзя будет подать заряд с задней части, так как тогда плазма полетит вперед, а снаряд назад. То-есть заряд можно подавать только с передней части (в не классическом можно, но об этом позже).

---

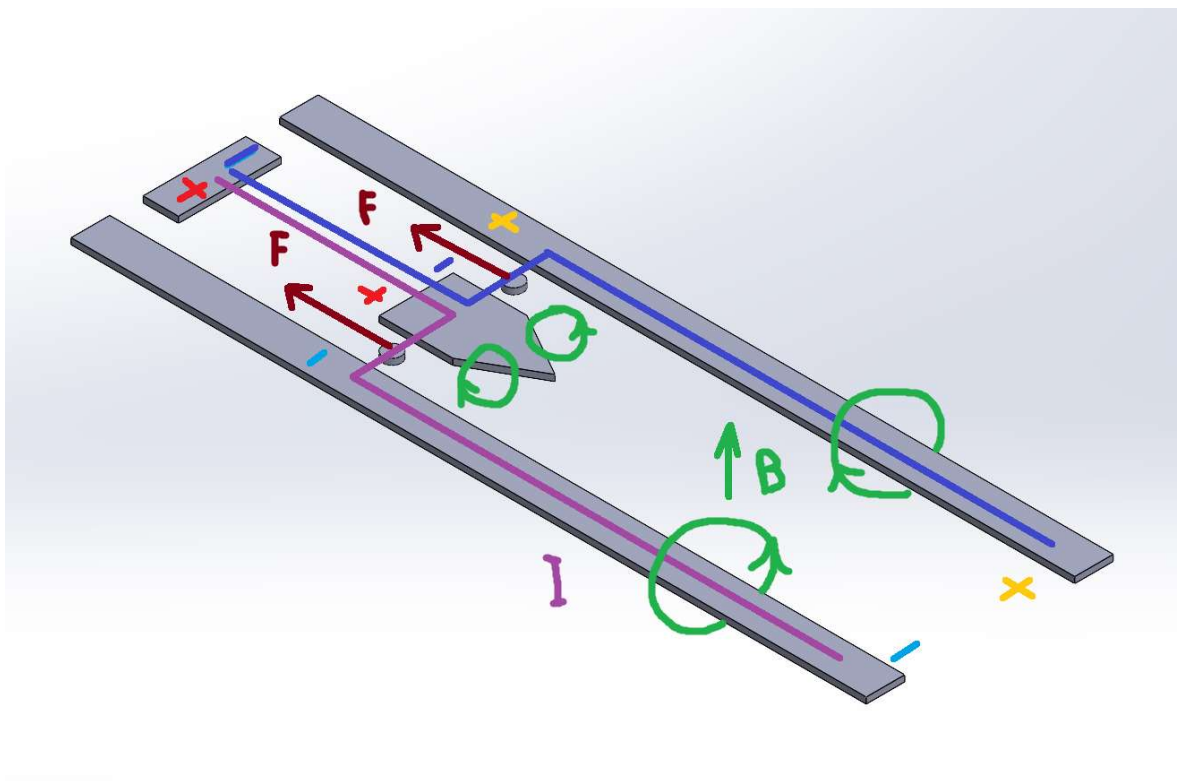
Да, стоит учесть диэлектрик ствола, который тоже будет выступать как своего рода рельса, если он будет ионизироваться. И это будет снижать КПД (чем меньше у него удельное сопротивление относительно удельного сопротивления плазмы и снаряда, тем ниже будет максимально возможный КПД системы). Но я предполагаю, что влияние этого будет незначительное, и по большей части его можно принять за вакуум.

-----

При этом как вы помните, я говорил за импульсное управление дугой.

Но проблема такого управления в том, что при повторном импульсе дуга может пойти не через снаряд, а через плазму в задней части ствола, так как по этому пути просто будет меньше сопротивление. Зачем ей пробивать диэлектрик ствола, если можно пойти по плазме?

И отсюда можно использовать альтернативный метод разгона снаряда. Такой, как на картинке ниже. Если пропустить заряд через снаряд и в затвор, то получится вот что:

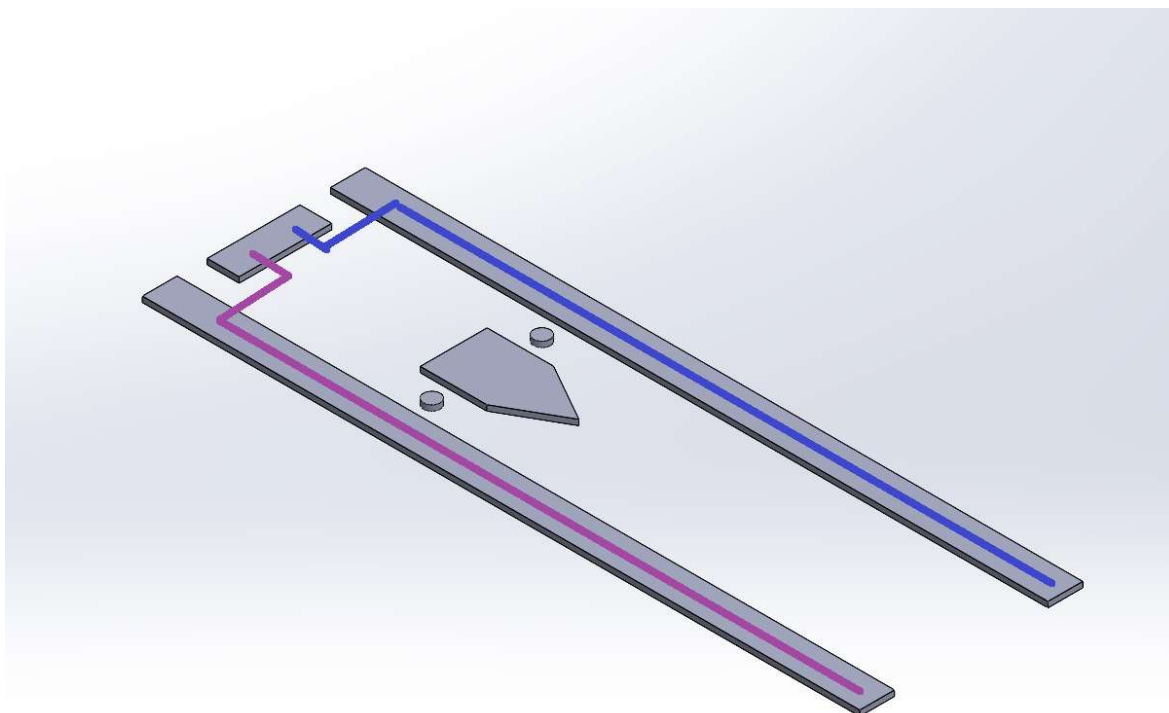


Обратите внимание, сила Лоренца все еще будет действовать на частицу плазмы точно так же, как и в предыдущем случае, из-за чего все еще будет происходить разгон снаряда за счет закона сохранения импульса. Так же в плазменном канале будут происходить все те же процессы, что и раньше.

Только в этом случае обязательно нужно два независимых (гальванически развязанных) разряда. А конденсатор будет длинный, где один его контакт на конце ствола, а второй в затворе. Вернее два не соединенных между собой конденсатора.

При этом все так же может получиться неприятная ситуация, где при повторном импульсе дуга предпочтет пойти вот так:

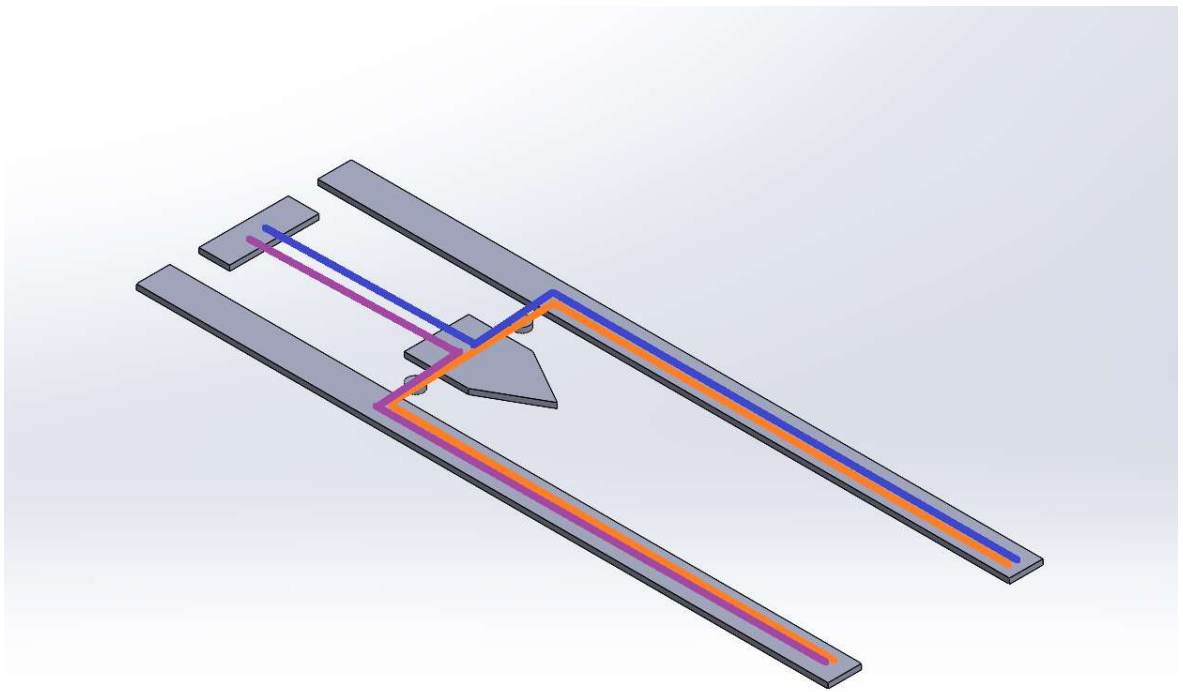




Что бы такого не произошло, проще всего не использовать перепускные отверстия и сделать плазменные каналы герметичными. Но только в этом случае эта схема работать не будет, и нужно возвращаться к “классической”. И это не плохое решение, которое имеет смысл в базовых системах, но только в таком варианте снижается КПД и теряется “гибридность”. Отсюда нужно проработать другое решение.

И таким решением может быть комбинирование схем.

Можно пропустить вторую дугу, которая будет проходить через снаряд как в классической схеме. Вот так:



Эту вторую дугу можно сделать постоянной, которая не будет разрываться и всегда будет проходить через снаряд на протяжении всего выстрела (ее мощность регулировать токоограничивающим резистором).

Но так же ее можно сделать и импульсной, подобрав такой сдвиг разрядов по времени, что бы коммутирующий (оранжевый) начинался раньше, чем отключатся два силовых, и заканчивался позже, чем они включатся (что бы происходило частичное наложение фаз). И тогда будет удерживаться стабильный плазменный канал через снаряд.

Но на самом деле третий разряд можно не использовать, и просто запускать основные разряды в импульсном режиме со сменой полярности на каждом импульсе и частичным наложением фаз так, что бы плазменный канал никогда не разрывался. Только смена полярности — это не затвор со стволом местами поменять, а правый ствол с левым. То-есть голубой минус с желтым плюсом поменять местами. Так как если поменять голубой минус с красным плюсом, и желтый плюс с синим минусом, изменится направление силы Лоренца.

Так же есть другие способы как запускать разряды в нужном направлении, например, такие, как искровой лазерный пробой. Но об этом будет позднее.

Если вы все не поняли, как вообще может несколько дуговых разрядов проходить по одному пути, то объясню. Это можно сделать если сделать гальваническую развязку. То-есть если взять условно две батарейки, не соединенных между собой, и от каждой из них взять ток, то даже если его пустить с плюса одной на минус другой, замыкания не будет. Максимальное возможное взаимодействие между такими разрядами — через электрические и магнитные поля.

Но это взаимодействие больше похоже на то, как волны на воде воздействуют друг на друга: одно поле не блокирует другое, а формируется сложная волновая картина. В результате в конкретной точке поле может отсутствовать, но в целом оно сохраняется.

Более того, развязанные заряды могут идти по одному и тому же пути. Например, если заряды идут в одном направлении, то они будут притягиваться друг к другу, если в разных, то отталкиваться.

В схеме выше они будут отталкиваться (что бы сила Лоренца действовала в одном направлении на частицы плазмы с обеих сторон от снаряда, заряды должны идти в разном направлении).

Это конечно может вызвать сложности в удержании плазмы и разрядов, но заряды можно подавать в импульсном режиме по очереди с очень высокой частотой, и тогда они не будут действовать друг на друга, или другим способом решать проблемы с нестабильностью плазмы. В общем варианты решения существуют.

---

Но что это дает такая схема и какой в ней смысл в отличие от классической?

Во-первых, частично меняет компоновку модулей (что может быть как хорошо, так и плохо, зависит от системы).

Во-вторых, при таком варианте каждому разряду нужно пройти один участок с диэлектриком, а не два. Это делает пробой более контролируемым.

А в-третьих, можно использовать не просто давление плазмы, а давление магнитного поля плазмы для разгона снаряда. Так как при такой схеме, если быстро переключать разряды, меняя к тому же их полярность, то плазма по линии заряда будет сжиматься в радиальном направлении (принцип Z-pinch'a). И так как давлению некуда деваться, оно будет распространяться вдоль линии заряда. Тем самым между затвором и снарядом получится "плазменная пружина", которая будет толкать снаряд вперед.

Плазменная пружина основана тоже на давлении плазмы, как и плазменный поршень. Только отличие в том, что форму пружине предает магнитное сжатие за счет проходящего через нее разряда, а не за счет внешних магнитных сил или за счет геометрии сосуда. То-есть усилие плазменной пружины действует по линии разряда.

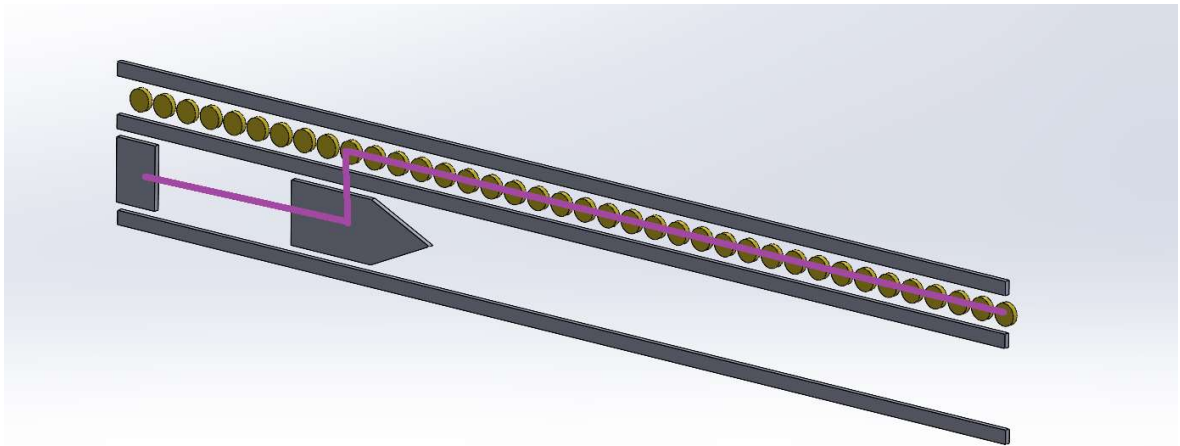
В добавок в этой схеме снаряд – это угловой элемент, и сила Ампера на него будет действовать не только в направлении оси, но и в боковом направлении. И отсюда если полярность на зарядах не менять, то снаряд будет смещаться в боковом направлении, но если система работает в импульсном режиме с чередованием полярности, то снаряд будет удерживаться в центре ствола без каких-либо механических направляющих, исключительно за счет силы Ампера (на магнитном подвесе).

Более того, подавая импульсы разной силы или разной частоты, можно отклонять снаряд от центра ствола в ту или иную сторону. И если сделать не два плазменных канала, а хотя бы три, то можно управлять направлением снаряда в момент разгона. То-есть если сделать на конце ствола расходящийся конус, то в последние миллиметры траектории можно отклонить снаряд и направить куда нужно (правда частоты нужны в мегагерцы и выше).

И если подружить эту систему с "умным" прицелом, то можно получить самонаведение в пределах нескольких угловых минут или даже градусов. Это помимо того, что из-за электронного спуска в такой системе выстрел может происходить только в момент, когда прицел решает, что его стоит производить (то есть можно предотвратить возможность стрелять по своим или когда ствол смотрит не туда).

Схему я назвал “плазморельсовая система с плазменной пружиной”. И потенциально эта система будет лучше, чем классическая плазморельсовая, из-за возможности корректировать направление выстрела и отсутствия привязки точности к качеству физических направляющих.

В добавок потенциально в схеме с плазменной пружиной можно использовать только один плазменный канал, расположив его сверху или снизу ствола (в вертикальной плоскости). Схема условно вот такая:



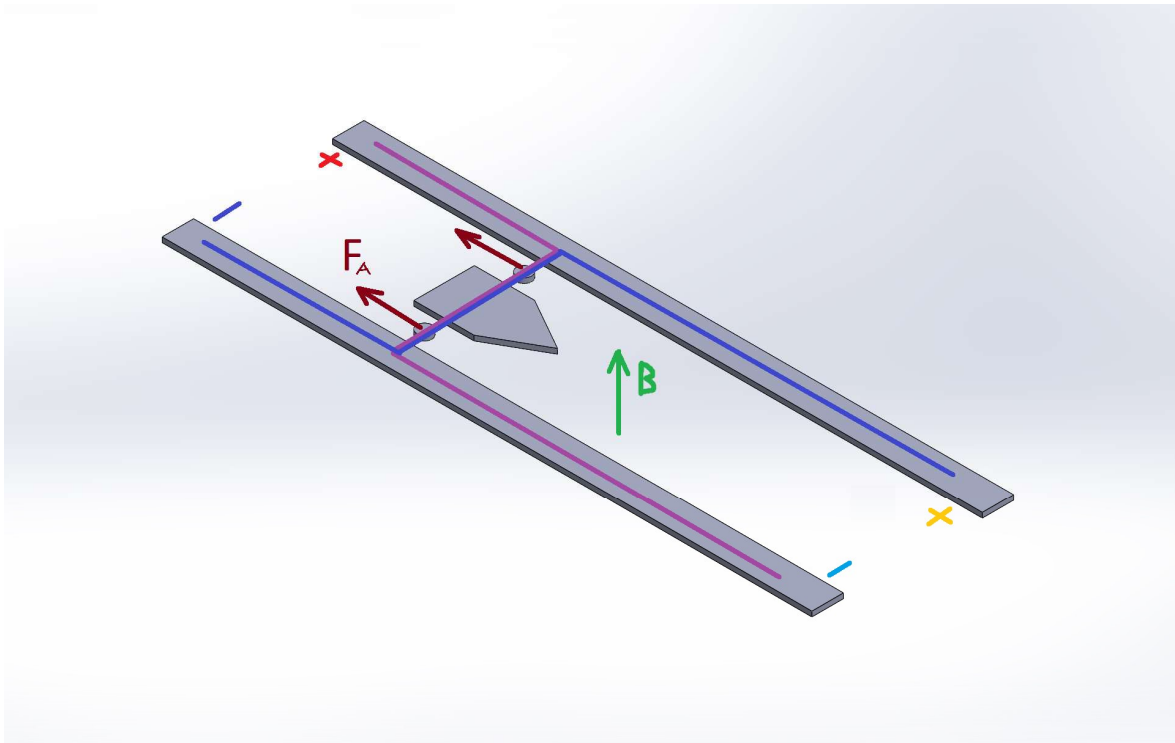
Да, в этом случае будет перекося сил, из-за чего обязательно нужен будет жесткий ствол, который будет удерживать и направлять снаряд. Но для небольших систем, таких как пистолеты или винтовки, этот вариант может быть оптимальным из-за габаритов и простоты.

Так же в схеме с плазменной пружиной сила Ампера, действующая на снаряд, будет направлена под углом к оси. Что в схеме с двумя плазменными каналами позволит стабилизировать снаряд, а в схеме с одним прижимать его к стенке ствола.

При этом плазменный канал можно располагать как сверху ствола, так и снизу. Так как что бы поменять направление движения снаряда, достаточно сменить полярность между стволом и затвором.

---

Но и это еще не все. Систему можно сделать вот так:



Как вы видите, и при таком варианте система по-прежнему будет работать. Но в отличие от классической схемы у этой есть ряд особенностей.

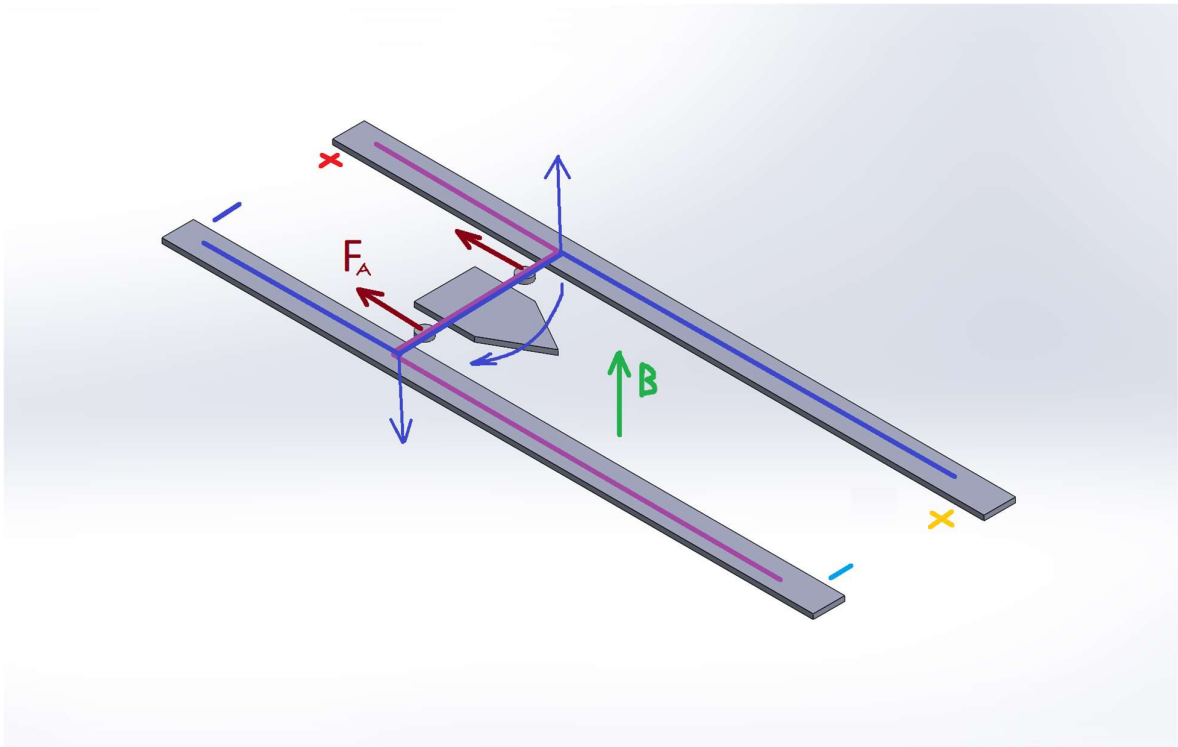
Смысл в том, что при такой перекрестной конструкции если подавать разряды строго одновременно, то снаряд будет магнитно нейтральным, так как в том месте, где разряды проходят встречным курсом, электромагнитные и электростатические силы уравниваются друг друга. В это же время плазменные каналы будут создавать магнитное поле.

Это, в свою очередь, позволит использовать магнитное удержание и торможение плазмы, без влияния на снаряд. То-есть можно использовать внешнее магнитное поле, в том числе и статическое (на базе постоянных магнитов). В добавок снаряд, пролетая мимо заряженных частиц плазмы, не будет взаимодействовать с ними при помощи магнитного поля.

При этом в классической схеме тоже можно пустить два встречных разряда. Но там они сделают магнитно нейтральным не только снаряд, но и плазму в каналах, что исключит возможность для ее дополнительной стабилизации и удержания при помощи магнитных полей в момент выстрела.

В добавок в этой схеме можно будет управлять наклоном снаряда.

Так как если рассмотреть угловые частицы плазмы, то сила Лоренца будет действовать на них в противоположном направлении, из-за чего дуга пойдет под углом, и возникнет вращающий момент на снаряде за счет импульса.



То-есть в схеме с плазменной пружиной можно смещать снаряд параллельно оси, а в этой его можно наклонять относительно точки, через которую проходит центр дуги.

Если что, синие стрелки не перпендикулярно плоскости, а в той же плоскости, в которой лежит путь разряда, просто под 45 градусов. А то кажется, что они перпендикулярны.

И если комбинировать разные системы, то можно как угодно управлять положением снаряда при разгоне, не используя при этом физические направляющие.

А если учесть еще то, что заряды могут отталкиваться или притягиваться друг к другу, то это дает еще больше возможностей. Например, можно закручивать снаряд вокруг своей оси, что позволит делать "подруливающие" снаряды. Так как в зависимости от того, с какой силой и в какую сторону его закрутить, он будет отклоняться от линии прицеливания в ту или иную сторону (эффект Магнуса). Конечно отклонение от траектории будет метры на километре, но не стоит забывать, что на примере оружия я рассматриваю инженерную систему, оружие на базе инженерной системы.

-----

Еще в перекрестной схеме и в схеме с плазменной пружиной есть приятный бонус, который заключается в том, что если я допустил ошибку в своих умозаключениях, и снаряд будет разгоняться все же за счет силы Ампера, а не за счет импульса из-за разгона плазмы, то что бы снаряд разогнался в нужном направлении достаточно будет просто поменять полярность (продольную).

При этом во всех схемах, где два плазменных канала расположены горизонтально, нужно обязательно использовать встречные или чередующиеся импульсные разряды. Так как иначе, из-за того, что частицы плазмы движутся в направлении заряда, движение плазмы в каналах будет разнонаправленным.

Это в итоге приведет к тому, что в одном канале частицы плазмы в проводящем канале будут двигаться вперед, а в другом, соответственно, назад. Что изменит плотность плазмы зоне

прохождения заряда. Это, в свою очередь, приведет к перекосу сопротивлений, и, как следствие, токов. А это приведет к перекосу сил, действующих на снаряд и перекосу самого снаряда.

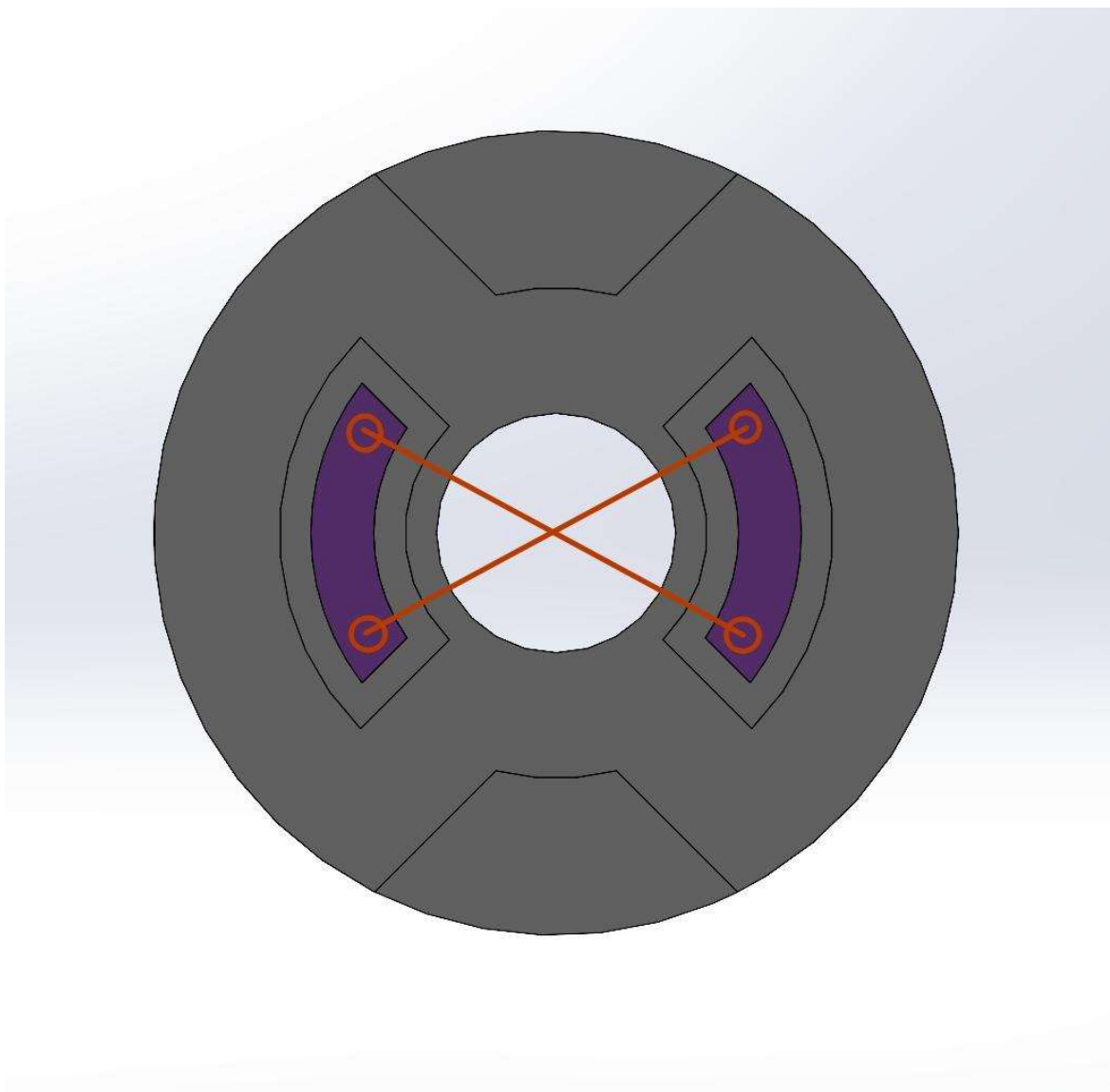
Отсюда если используется только один разряд, то плазменные каналы стоит располагать вертикально. Что бы даже если снаряд перекосит, это произошло в вертикальной плоскости.

Что касается одновременной подачи встречных разрядов, то это имеет смысл, так как в таком случае “плазменные рельсы” не будут притягиваться или отталкиваться друг от друга.

При этом проводимость и сопротивление плазмы нужно будет считать в динамике, так как с каждым новым импульсом она будет сжиматься все сильнее, из-за чего у нее будет уменьшаться сопротивление (выше плотность и давление – меньше расстояние свободного пробега электронов). Но в этом так же есть плюс, так как не будет возникать градиента сопротивления, из-за того, что дрейф плазмы выравнивает давление по участку, где проходит разряд.

---

В добавок предлагаю посмотреть на плазменные каналы, которые я нарисовал на схеме ствола. Они имеют форму сегментов окружности. Это не лучшая форма, если задача сделать стабильную дугу. Но сделав их подобным образом можно пропускать через один канал сразу по две дуги, вот так:



Это позволит получить стабилизацию снаряда по двум осям.

Пропустить так разряды можно, если заранее проложить для них путь при помощи лазера.

----

При этом сечение ствола совсем не обязательно должно быть круглым. Тут нет никаких нарезов и вращения пули, из-за чего делать ствол можно хоть прямоугольным, хоть шестиугольным, хоть треугольным. Хотя, конечно, нарезы сделать можно, и тогда давление плазмы будет закручивать снаряд. Но только не понятно, зачем.

Так же, если не использовать удержание снаряда в стволе при помощи зарядов, можно сделать ствол конусный расширяющийся, что бы по мере разгона снаряда меньше контакта было со стенками ствола, так как по мере прохождения снаряда по стволу все меньше в его разгоне будет принимать роль давление плазмы и все больше сила Ампера. А значит герметизация ствола не нужна на последней трети движения снаряда.

При этом снаряд будет удерживаться в канале ствола давлением газа (на газовом подвесе), так как часть плазмы будет неизбежно просачиваться через зазоры вокруг снаряда.



\*\*\*

И конечно же возникает вопрос, как вообще такую большую мощность можно получить в маленьком размере. Но такую мощность можно пропустить через плазму, если ее сжать. То-есть если просто пропускать разряд через плазму, то она разлетится от нагрева, ее сопротивление вырастет, и либо разряд прервется, либо его мощность упадет. Но если использовать пинч-эффект, то получится сжать плазму, и в зоне разряда она будет под высоким давлением, из-за чего у нее будет высокая проводимость, что позволит пропускать огромные мощности за короткое время.

При этом что бы создать пинч-эффект, нужно использовать ступенчатый алгоритм. Сперва сделать лазерный пробой плазмы, что бы разряд шел куда надо, а не куда придется (как это сделать в компактной системе расскажу позже). После пропустить импульс средней мощности, а уже потом можно пропускать рабочий разряд. Это позволит в небольшом размере (при диаметре плазменного канала в несколько мм, например) пропускать мега амперы и даже больше.

Давление плазмы считается по формуле:

$$P \approx \frac{\mu_0 I^2}{8\pi r^2}$$
$$P \approx \frac{\mu_0 I^2}{8\pi r^2}$$

Где P – давление плазмы, I – сила тока, r – радиус разряда,  $\mu_0$  – магнитная проницаемость вакуума (константа),  $\pi$  – это пи.

И того давление плазмы сводиться к:

$$P \propto \frac{I^2}{r^2}$$
$$P \propto \frac{I^2}{r^2}$$

При этом:

$$I = \frac{U}{R}$$
$$I = \frac{U}{R}$$

И отсюда можно считать сопротивление плазмы в зависимости от давления, силы тока, напряжения, и так далее.

Сопротивление плазмы при этом:

$$R = \frac{\rho L}{\pi r^2}$$

$$R = \frac{\rho L}{\pi r^2}$$

Где  $\rho$  – удельное сопротивление плазмы (омы\*метры),  $L$  – длина плазменного канала, а в знаменателе площадь поперечного сечения дуги, где  $r$  – радиус дуги.

Напряжение при этом получается:

$$U = I * \frac{\rho L}{\pi r^2}$$

$$U = I * \frac{\rho L}{\pi r^2}$$

Как считать температуру плазмы я уже показывал, но напишу еще раз. Мощность нагрева считается по формуле:

$$E = W * t = I^2 R * t$$

$$E = W * t = I^2 R * t$$

Где,  $E$  – энергия разряда,  $W$  – мощность разряда,  $I$  – сила тока,  $R$  – сопротивление плазмы (считается из предыдущей формулы),  $t$  – время разряда.

То-есть нагрев зависит от энергии, которая теряется в плазме из-за падения напряжения.

И температура получается из уравнения:

$$\frac{2}{3} nkT = \frac{W * t}{V}$$

$$\frac{2}{3} nkT = \frac{W * t}{V}$$

Где  $n$  – концентрация частиц в плазме,  $k$  – постоянная Больцмана ( $1.38 * 10^{-23}$  Дж/К),  $T$  – температура плазмы (К),  $W$  – мощность, выделяемая в плазме (потери),  $t$  – время разряда,  $V$  – объем плазменного канала ( $V = \pi r^2 L$ ).

При этом  $W * t = E$ . И тогда температура будет:

$$T = \frac{2 * E}{3nkV} = \frac{2tI^2 R}{3nkV}$$

$$T = \frac{2 * E}{3nkV} = \frac{2tI^2 R}{3nkV}$$

И если исходя из сопротивления плазмы подобрать напряжение, продолжительность импульса и силу тока, можно получить состояние, где плазма в зоне прохождения разряда сжимается до давления более 1000 бар, и ее температура растёт до 100 000 градусов.

И при таких параметрах происходит сверх ионизация плазмы, и она переходит в состояние квази-сверх-проводимости (“квази” потому, что сопротивление у нее все еще остается, просто очень низкое, то есть это не абсолютный сверхпроводник).

То-есть плазма становится неким высокотемпературным сверхпроводником, при этом ведет она себя подобно жидкому металлу, и называется это “квазиметаллическая плазма”.

Но на самом деле скорей всего температура не будет такой большой, и плазма войдет в самостабилизирующийся режим. Связано это с тем, что когда у нее падает температура ниже 20-30 тысяч градусов, то при таком давлении у нее начинает стремительно увеличиваться сопротивление, так как электроны начинают сталкиваться с атомами. Из-за чего у нее растут потери, что, в свою очередь, вызывает нагрев, и она снова входит в состояние квазисверхпроводимости, потери уменьшаются, и она начинает остывать, после чего все повторяется.

И в итоге она входит в “линейный самостабилизирующийся режим”. Управлять этим режимом можно при помощи тока, напряжения и продолжительности импульса. То-есть чем выше напряжение, тем ниже будет ее температура, чем выше ток, тем выше температура, и, как следствие, меньше сопротивление.

При этом управлять этим режимом нужно, так как если сделать очень большую температуру плазмы, то можно получить так называемое тормозное излучение, которое может быть в рентген и даже гамма диапазоне. А такое излучение не желательно.

Но управлять, как вы видите, этим можно, так как все параметры между собой связаны и завязаны друг на друга. Конкретные расчеты пока приводить не буду, может быть добавлю в будущих редакциях. Самому считать лень, а когнитивный протез (ИИ) пока туповат.

В добавок не обязательно ограничиваться только двумя разрядами. Можно сделать 3 и более плазменных каналов. И если каналов, например, 4, то при той же энергии выстрела диаметр дуги или протекающий ток в каждом из плазменных каналов будет в 2 раза меньше, чем при двух каналах. Отсюда можно еще и таким образом добиваться нужного состояния плазменного канала.

---

При этом магнитные поля и давление могут быть на сколько высокие, что плазма становится более плотной, чем металл. При этом силы отталкивания между частицами будут на сколько большими, что ее модуль упругости может превышать модуль упругости металлов, а дрейф частиц замедлится, из-за чего она приобретает свойства твердого тела. И если стабилизировать ее при помощи дополнительных операций, таких как лазерный пробой, что бы разряд проходил в точно заданной зоне, то можно получить фактически жесткую направляющую в виде “натянутой”

плазменной струны. Из-за чего я назвал плазму в этом состоянии – “жесткая плазма” (rigid plasma). Хотя можно так же назвать “квазижесткая плазма”.

И подобное состояние плазменных “рельс” дает возможность пропускать огромную энергию в компактном размере.

Конечно есть определенные ограничения, но связаны они по большей с температурой. Так как в определенный момент ядра атомов начнут распадаться на нуклоны, в результате чего нейтроны просто улетят, и получится протонная плазма. Хотя не факт, что в этом случае сопротивление вырастет. Но до того, как это произойдет, будет сильное тормозное излучение в жестком спектре, вместе с которым возрастут потери.

При дальнейшем увеличении плотности энергии, и, как следствие, нагрева, случится распад протонов на кварк-глюонную плазму (при  $10^{15} \text{ К}$ ), и что будет в этом случае еще плохо изучено.

Но до того, как эти состояния наступят для плазмы, скорее всего рассыпется сам снаряд. Так как перегрузка, действующая на него, будет такой, что он превратиться в наэлектризованную пыль (как этого избежать будет дальше).

Но, тем не менее, пистолет с энергией пули как у танка при таких режимах работы “плазменных струн” – это осуществимая концепция. И отсюда название, которое можно применить, это “плазмо-струнная система” или “система на жесткой плазме”. Но это название актуально только для тех типов систем, где используется пинч-эффект со сжатием плазменного канала до состояния “жесткой плазмы”.

---

Но что касается этого состояния, то тут, возможно, перестанет работать ускорение снаряда за счет импульса от движения частиц плазмы под действием сила Лоренца, и на снаряд будет действовать сила Ампера. И тогда снаряд начнет разгоняться в направлении затвора.

Отсюда что бы разгонять его в нужном направлении, нужно будет использовать перекрестную схему подачи зарядов, поменяв полярность между стволом и затвором (что бы изменить направление силы Ампера). Но здесь нужно тестировать.

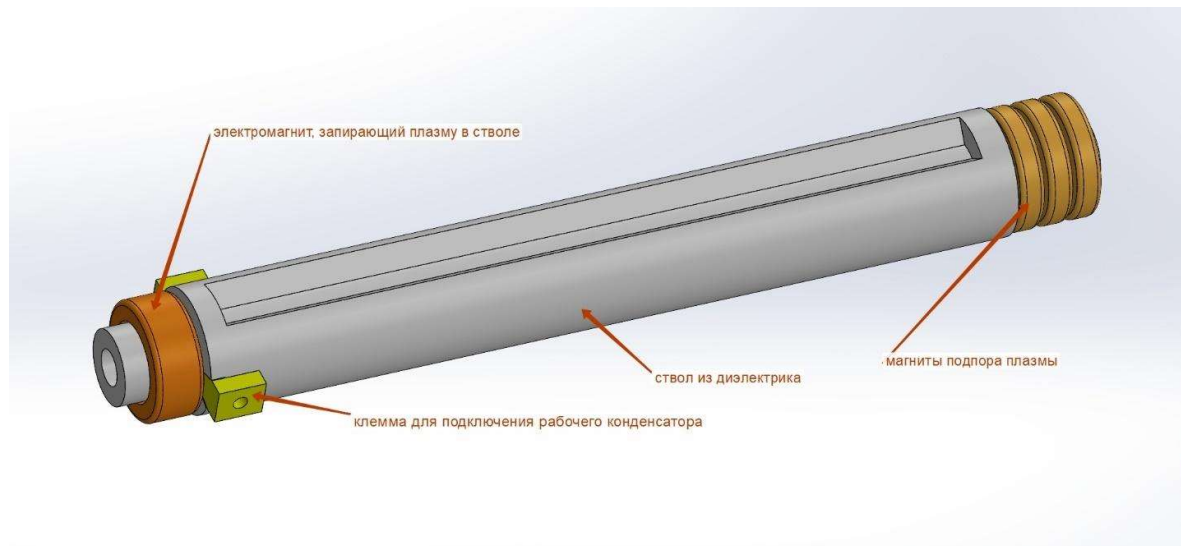
---

Саму плазму удерживать при этом между выстрелами не должно быть сложно. Например, в газоразрядных лампах она удерживается довольно легко, просто подачей небольшого тока. Можно сделать что бы и плазменные каналы винтовки в режиме ожидания просто “светились” внутри, расходуя немного миллиампер, что бы плазма была в стабильном состоянии. А после просто в момент выстрела подавать “молнию” в эту уже готовую плазму. То-есть конструкцию не нужно усложнять всякими сложными системами вроде магнитных полей, удерживающих плазму и так далее.

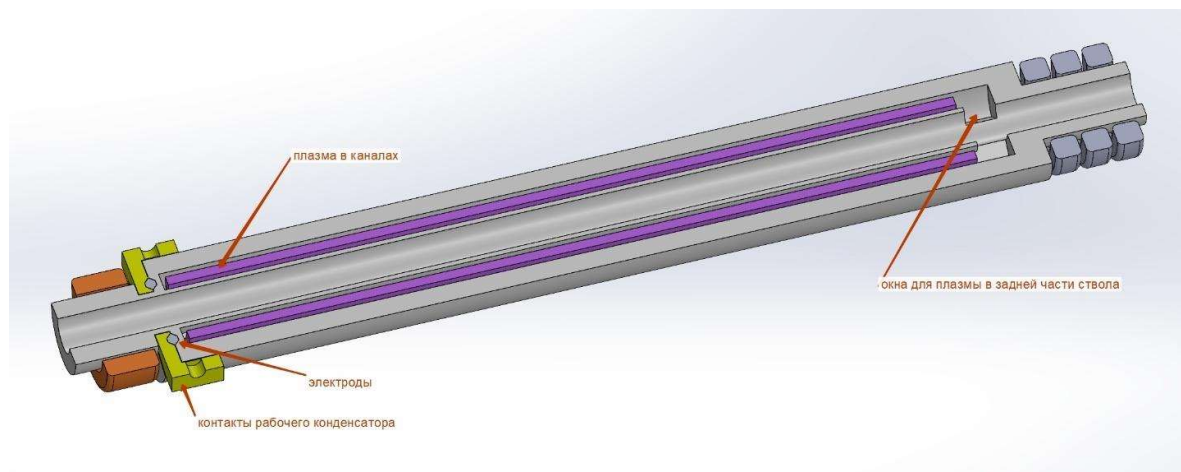
Пример – ксеноновые, натриевые, неоновые лампы. Там плазма стабильно удерживается, при этом расход энергии на удержание небольшой. Плюс эти виды плазмы безопасны. Особенно аргон и ксенон. Если попадут в окружающее пространство – ничего страшного. Это не пары ртути, как в лампах дневного света.

## Конструкция

Если брать максимально упрощенно, то ствол может выглядеть приблизительно вот так:



Для классической схемы разрядов в разрезе ствол может выглядеть вот так:

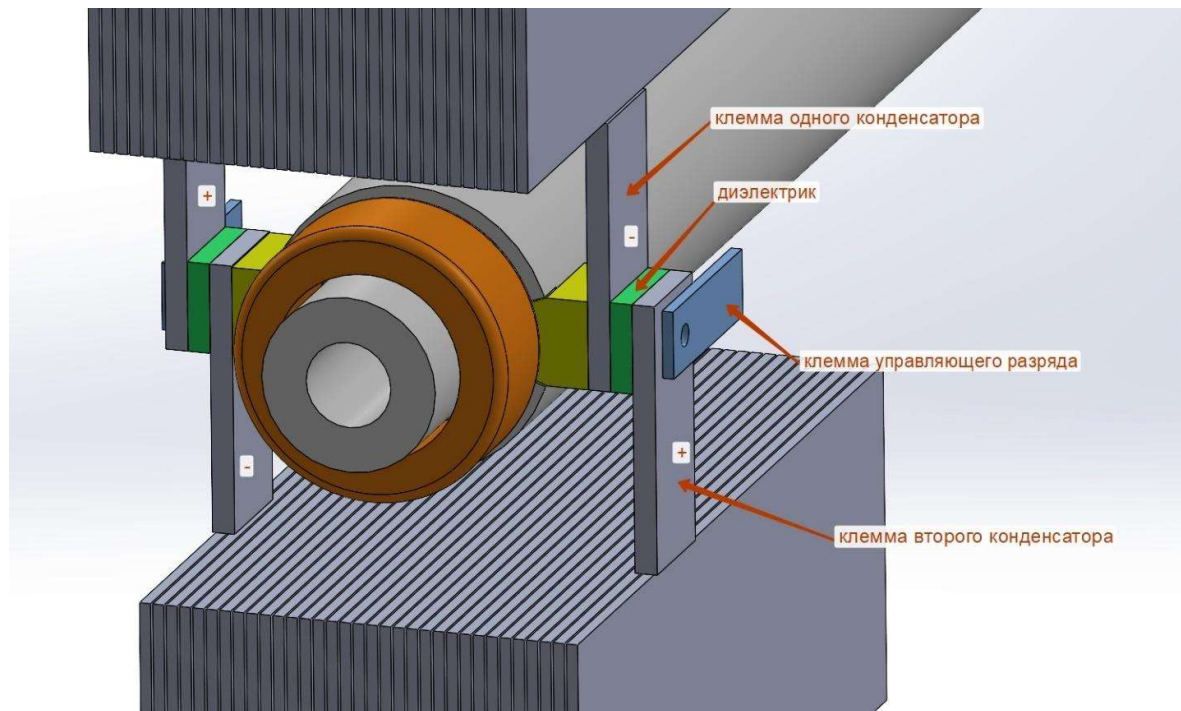


При этом если использовать схему с двумя разрядами, идущими через затвор, или крест-накрест, то с подключением конденсаторов не возникнет никаких проблем, и можно просто прикрутить их к клеммам, но если использовать классическую схему со встречными разрядами, или использовать двойные встречные разряды, то подключение двух конденсаторов с разной полярностью к одной и той же паре клемм приведет к короткому замыканию между конденсаторами.

Отсюда для того, что бы подключить два конденсатора навстречу друг другу, нужно использовать дополнительный разрядник. Реализовать его можно если не крепить конденсаторы напрямую к контактам болтами, а оставить небольшие промежутки между клеммами.

Сделать это можно при помощи небольшого слоя диэлектрика, достаточной толщины. После чего использовать управляющий разряд, что бы он пробивал не только плазму в каналах, но и этот диэлектрик.

И тогда конденсаторы не будут замыкаться между собой, так как их контакты изолированы диэлектриком, но будут одновременно отдавать два разряда с разным знаком. Упрощенно такая конструкция будет выглядеть вот так:



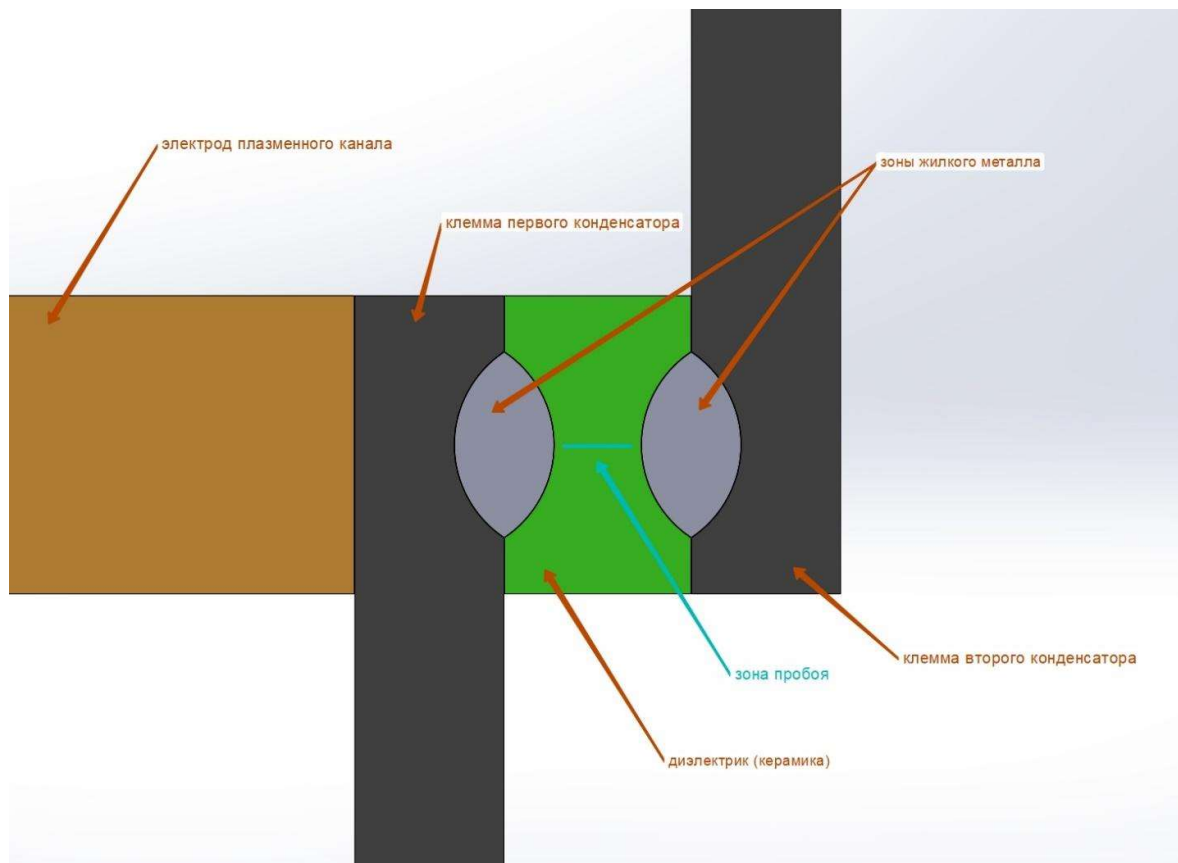
Ну только я тут нарисовал толстый диэлектрик, но его толщина зависит от напряжения конденсаторов, и он может быть меньше миллиметра.

Учитывая при этом, что этот диэлектрик может деградировать со временем, эффективней сделать его в виде газонаполненной разрядной камеры или пористой керамики с газом в порах.

Но минус дополнительного разрядника в том, что из-за пробоя и дуги будут деградировать электроды не только внутри плазменных каналов, но там, где находится этот диэлектрик.

Что бы этого избежать, можно покрыть их жидким металлом, тогда пробой будет происходить между электродами из жидкого металла, который будет самовосстанавливаться между выстрелами.

То-есть в диэлектрике и в контакте делается выемка, в которую помещается жидкий металл.  
Условно вот так:



Аналогичным принципом можно сделать электрод в плазменном канале. В корпусе ствола сделать выемку, к которой прислонить главный электрод, и в эту выемку добавить жидкий металл. Тогда дуга заряда будет проходить через жидкий металл и контакты не будут деградировать.

Более того, клеммы должны быть из множества тонких изолированных проводников или пластин. Это необходимо для того, что бы уменьшить скин-эффект, возникающий при высоких частотах. Отсюда проводники нужно будет как-то сваривать на концах.

Но если на конце проводника жидкий металл, то этого делать не нужно. Достаточно просто опустить концы в этот жидкий металл, и он будет сам создавать контакт. В добавок он не будет растекаться из-за поверхностного натяжения, так как не прилипнет к изолирующему лаку, которым покрыты пластины, а прилипнет только к металлу проводника.

При этом, когда я говорю про жидкий металл, то это не значит прям “совсем жидкий металл”, такой, как ртуть или галлий. Это может быть свинцово-оловянный припой, который в обычных условиях твердый, но в момент прохождения разряда ненадолго расплавляется, но не имея возможности растекаться, после снова застывает.

---

Ствол я изобразил укороченным, что бы не рисовать длинную палку. Но в случае с винтовкой он будет, само собой, длинней. Это пример конструкции для пистолета. Который будет выглядеть условно вот так:



Именно этот концепт арт мне понравился на фоне многих, так как здесь в передней части хорошо виден выраженный конденсатор, и в то же время имеется съемный магазин в рукояти. Только, конечно же на оружии не будет светомузыки, так как очевидно, что это выстрел в ногу маскировке.

При этом если взять графеновые конденсаторы, которые уже есть в лабораториях (емкость 200-300Вт/кг, полная разрядка за 1-10мс в импульсном режиме), и представить, что мы используем их, то эта конструкция под стволом вместит в себя энергии на пару десятков выстрелов по 1 кДж каждый, если КПД системы 20%. Для сравнения это энергия пули калибра .357 Magnum выпущенной из Desert Eagle. Привожу для примера именно этот пистолет, так как многие видели его в культовых компьютерных играх и фильмах.



Кассета со снарядами само собой обязательна. И в случае с пистолетом логичнее всего ее располагать в рукояти. В добавок такой магазин будет вмещать больше снарядов, так как мощность обычного (химического) боеприпаса обусловлена количеством пороха в гильзе, из-за чего патроны крупные. Тут же пульки могут быть размера 22LR, а гильзы вообще нет, так как источник энергии – это конденсатор, а не порох в гильзе. Из-за чего в один магазин их влезет сотня. При этом дульная энергия может быть даже больше, чем Desert Eagle на magnum, и скорость пули может быть такой, что она будет, фактически, взрываться при контакте с целью.

Винтовка условно может выглядеть вот так, если это классическая схема с двумя плазменными каналами:



Вот вариант для асимметричной схемы с одним плазменным каналом по схеме с плазменной пружиной:

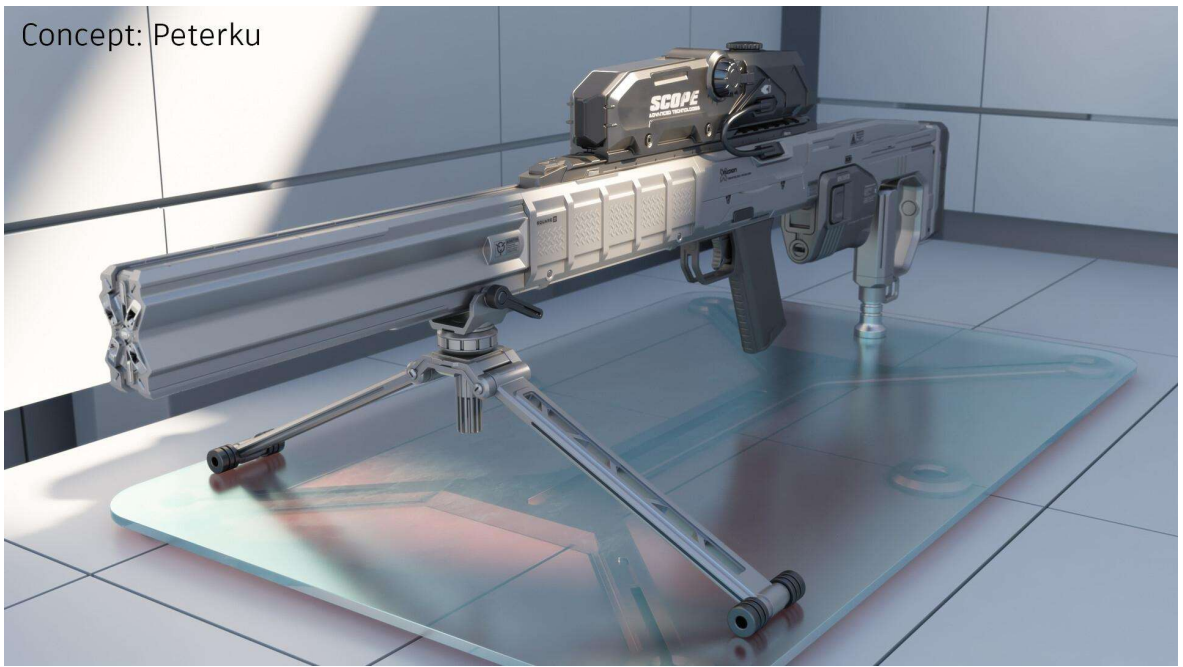


Concept: Peterku

Или вот два варианта в компоновке булл-пап с четырьмя плазменными каналами, для быстрых снарядов на электростатическом подвесе:



Concept: Peterku



Concept: Peterku



Но хоть эти примеры и крутые, это лишь условные изображения. Тут не нарисован конденсатор на некоторых и есть другие несоответствия с концепцией. В будущем возможно нарисую свои примеры.

Конечно, можно разместить конденсатор и в прикладе, но тогда будет больше потерь из-за сопротивления проводников. Да и в любом случае куда-то нужно цеплять еще батарею, электронику, систему подачи боеприпасов, затвор, и так далее. Так что в прикладе тоже будет что разместить.

Только понятно что в будущем не нужно будет глазом смотреть в прицельные приспособления. Так как основным прицельным приспособлением будет камера, которая, вероятнее всего, будет расположена на краю ствола. Причем под стволом.

Подобное расположение обусловлено тем, что над теплым стволом будет оптическое искажение из-за тепловых потоков, идущих вверх (искажение как над включенной плитой).

Картинка с такой камеры будет передаваться на шлем. Из-за чего можно будет стрелять вообще без вкладки, и не высываясь из укрытия. Классические же прицельные приспособления будут максимум в качестве запасных.

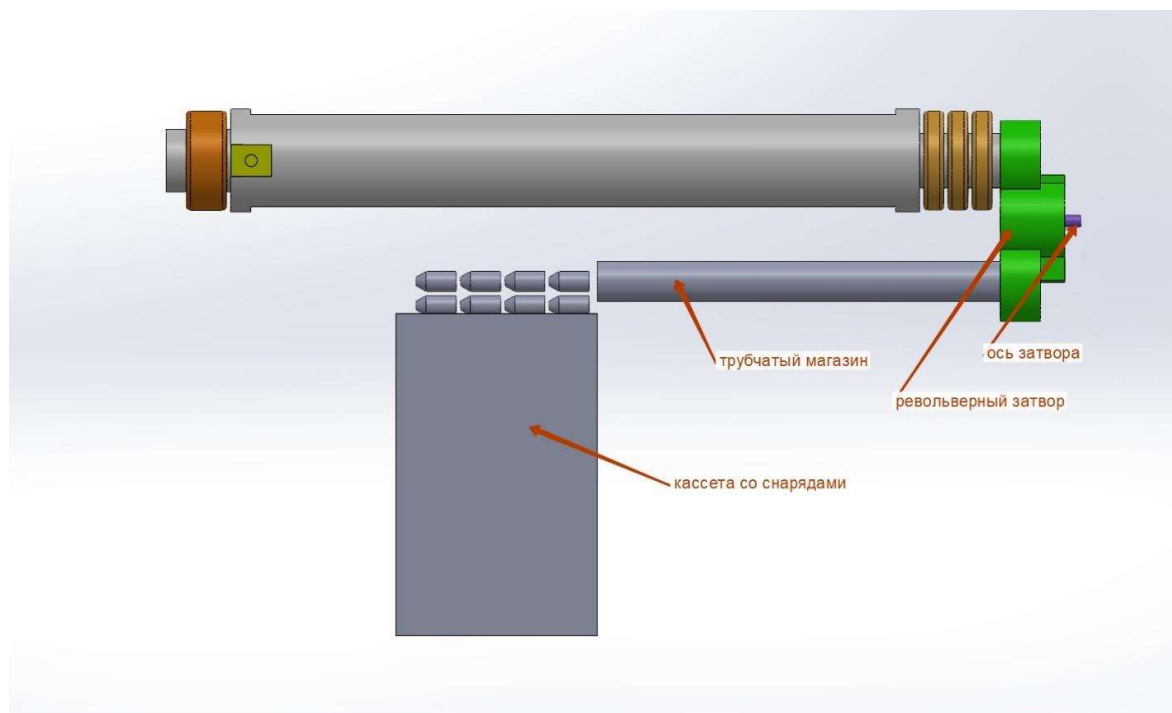
---

Что касается затвора, то его можно сделать барабанного типа. Например, взять барабан на два – три слота, и сделать его не съемным, а просто вращающимся. И пока один его слот напротив ствола, во второй, пустой слот, подается снаряд из кассеты. Подаваться он может продольно (параллельно линии ствола).

Снаряды перед подачей в барабан, могут находиться в трубке, которая находится в ложе (трубка как магазин у дробовика под стволом).

В добавок сама эта трубка может быть съемным магазином, либо к ней может присоединяться отдельная кассета со снарядами. При этом наличие трубки позволит сделать точку присоединения кассеты максимально удобной, не жертвуя длиной ствола.

Это может быть скомпоновано, например, вот так:



Что касается самого механизма запираания затвора, то он не то, что бы сильно нужен. Так как давление плазмы не большое. Сам барабан с оси никуда не денется, и можно просто подпереть его стенкой с минимальным зазором.

Но вообще форма и тип затвора большой роли не играет. Можно и скользящий делать, и какой угодно. На пистолетах, например, удобней будет скользящий (классический), на пружине. Который будет откатываться назад под давлением плазмы, а после захватывать новый снаряд из магазина, установленного в рукоять, и подавать в ствол.

Но конечное же поле боя будущего, это поле боя дронов. И подобные оружейные системы будут устанавливаться в первую очередь на дроны, а персональное оружие будет скорее символом статуса, чем имеющее реальную боевую ценность (как сабля на флоте в свое время). Бегать же по чужим посадкам с пушками наперевес будут только глупые и отсталые мартышки из какой-то параша.

### **Потери и способы их преобразования**

Конечно же в таких системах нельзя не сказать о КПД и потерях.

Как я уже сказал, современный рельсотрон на обычных рельсах имеет КПД около 20%. Остальное уходит в тепло и ЭМИ (по большей части). В случае же с плазмой потери распределяются по-другому.

В плазме происходят потери на нагрев, электромагнитное излучение разных спектров, потери на нейтральные атомы (это на те атомы, что не являются ионами) и на эмиссию вторичных электронов. Но, кроме этого, распределение этих потерь совсем другое.

Рассмотрим в произвольном порядке.

\*\*\*

Следующий тип потерь, это тепловые потери и производные от них.

Тепловые потери всегда самые значимые, так как вся энергия в конечном итоге переходит в тепло. И задача сделать так, что бы она переходила в тепло после того, как выполнит полезную работу, а не до того.

Отсюда в концепции планируется использовать тепло для создания плазменного поршня. Но только часть энергии будет выполнять работу по увеличению давления плазмы, которое, в свою очередь, будет выполнять работу по разгону снаряда. Остальная же будет в виде потерь.

Плюс тепло приводит не только к потерям энергии, но и вызывает нагрев всей системы, что может привести к деградации материалов или даже их разрушению. И отсюда тепло не только желательно, но и обязательно нужно эффективно отводить или, еще лучше, рекуперировать в электрическую энергию.

Сделать это на сегодняшний момент можно при помощи термоэлектрических элементов (таких, как модули Пельтье и т.д.). Если отделить горячую зону от холодной (внешней) при помощи термоэлектрических полупроводников, это позволит запастись частью тепла снова в электроэнергию.

При этом высокого нагрева и, как следствие, деградации, бояться не стоит, так как, во-первых, это только кажется, что мощность огромная и потери огромные. И это действительно так и есть. 30кДж за 1мс – это огромная мощность (мощность – это количество энергии за единицу времени). И если бы это было устройство с непрерывной работой, то это было бы устройство с мощностью 100 МВт в час.

Но если учесть, что устройство работает промежутками, то 30 кДж — это чуть больше 8 Вт. И если КПД системы 50%, то лишь 4-5 Ватт уйдет в тепло, которое будет размазано ровным слоем по всему стволу, обладающему ненулевой теплоемкостью. И это в итоге даст низкий удельный нагрев.

Плюс сам по себе электростатический разряд будет удерживать плазму в центре канала (пинч-эффект), что уменьшит теплопотери от столкновений частиц со стенками, из-за чего большинство потерь будет в виде электромагнитного излучения, которое можно использовать или собирать рекуперацией, что в итоге сильно уменьшит нагрев.

И таким образом если оружие делает 30 выстрелов за несколько секунд, то учитывая его теплоемкость, нагрев составит всего несколько десятков градусов. Из-за чего если это не какой-то пулемет, что производит несколько выстрелов в секунду, и за одну очередь выпускает сотни пуль, переживать о перегреве именно оружия не стоит.

Но, тем не менее, есть части, которые могут перегреваться и не успевать остывать. И к таким частям относиться плазма.

Связано это с тем, что плазма — это газ. И как у любого газа, у нее низкая теплопроводность. Из-за чего если делать выстрел за выстрелом, ее температура будет повышаться, и свойства будут меняться.

Но проблема в том, что свойства плазмы влияют на параметры выстрела. И что бы точность и кучность были высокими, нужно что бы каждый выстрел происходил в одинаковых условиях.

Отсюда плазму нужно как-то охлаждать.

В добавок при нагреве повышается давление, которое выполняет работу по разгону снаряда. Но только не все давление переходит в работу, и часть его теряется. Отсюда желательно сделать систему, которая бы смогла хотя бы частично рекуперировать энергию, запасенную в давлении, и возвращать ее назад в батарею.

И для этих целей можно использовать градиентное магнитное поле.

Заряженные частицы плазмы, двигаясь в градиентном (переменном) магнитном поле, будут с ним взаимодействовать, что в свою очередь будет возбуждать ЭДС в катушках, что создают это поле. При этом сами частицы будут замедляться, теряя энергию.

Если поток частиц будет упорядочен, в одном направлении, то наведенную ЭДС можно будет собирать и запасать в батарею (есть способы, например, через системы с двойными катушками). Если же движение будет хаотичным (тепловым), то частицы просто будут замедляться, и, тем самым, плазма будет остывать, в то время как обмотки электромагнитов будут нагреваться.

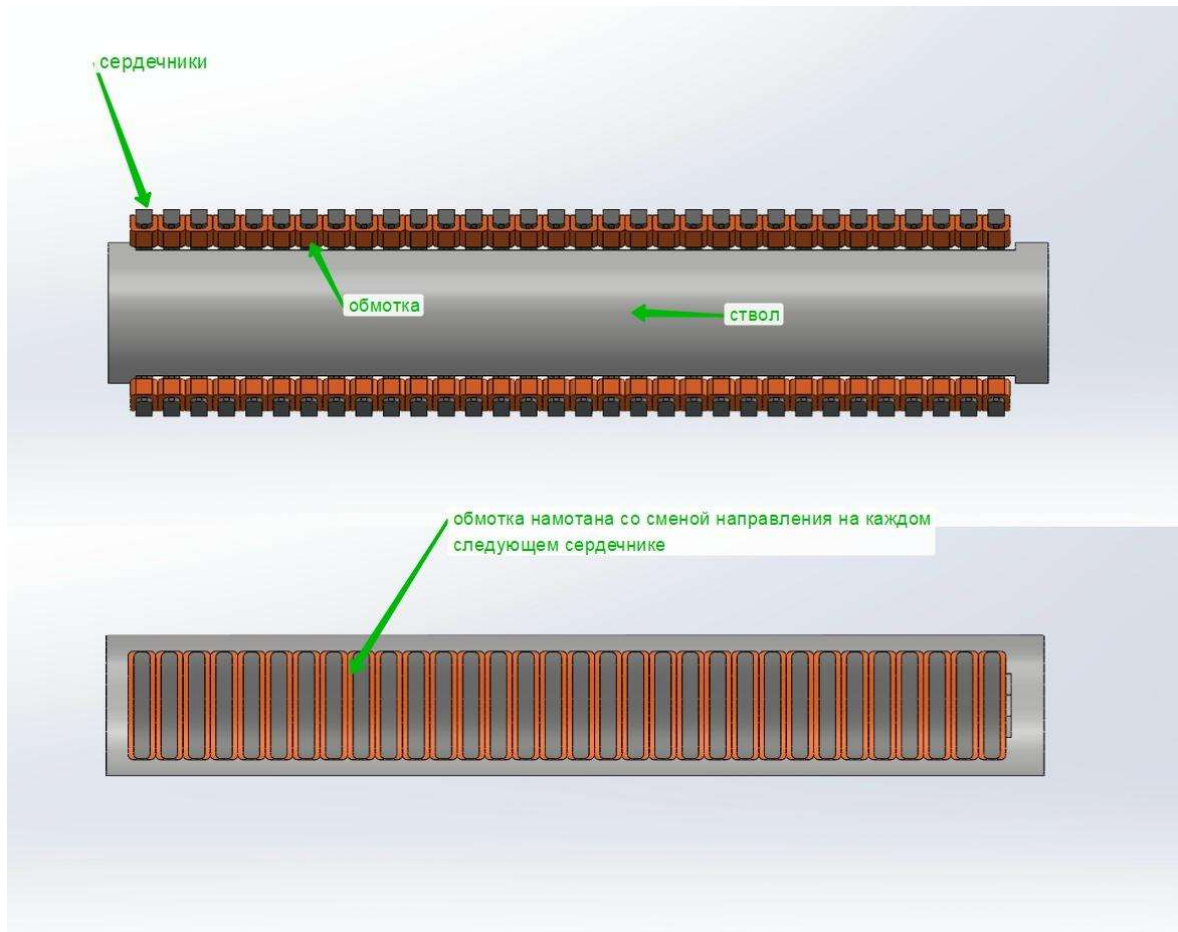
И хоть количество тепла не изменится, его будет проще отводить. Так как охлаждать обмотки намного проще, чем плазму.

При этом в первую очередь замедляться будут именно самые быстрые частицы, что уменьшит вероятность появления всяких неприятных видов излучения, таких как рентген или гамма.

Да, при движении заряженных частиц в магнитном поле возникает еще и синхротронное излучение, но серьезную проблему оно начинает представлять только когда скорости частиц близки к скорости света.

И таким образом если вдоль плазменных каналов создать магнитное поле, можно охлаждать плазму в каналах, и в дополнение к этому возвращать часть энергии, которая запасена в давлении плазмы.

Сделать такие магниты можно во так:



При этом еще и прижать это к стволу через теплопроводящий компаунд, и отбирает тепло не только от плазмы, но и от ствола.

На самом деле не обязательно делать именно так. Но смысл в том, что если просто намотать обмотку вокруг ствола, то линии магнитного поля будут параллельно направлению движения плазмы (она двигается воль каналов, а потом вдоль ствола), из-за чего плазма, что движется под давлением, не будет возбуждать наведенную ЭДС, и не получится рекуперировать часть энергии. Но катушка, намотанная вокруг ствола, все равно справиться с охлаждением плазмы.

В добавок такие катушки можно использовать для стабилизации и удержания плазмы. И если вы подумали сейчас, что это же нужны огромные токи, что бы удерживать плазму, то на самом деле нет. Энергию на работу электромагнитов, удерживающих плазму, можно получать непосредственно во время выстрела из электромагнитного импульса.

То-есть можно сделать так, что бы сила магнитного поля была пропорциональна силе выстрела без каких-либо источников тока и дополнительных систем управления. Но как это сделать, я расскажу дальше.

Так же если подача разрядов импульсная, то с каждым импульсом плазма будет “пульсировать”, так как при подаче разряда происходит ее сжатие, а после она под давлением разжимается. А если разряды при этом идут навстречу друг другу не одновременно, то плазма будет качаться из стороны в сторону, двигаясь в направлении разряда. Эти все движения в магнитном поле будут возбуждать ЭДС в обмотках магнитов, что позволит использовать рекуперацию, и часть энергии,

которая бы в итоге выделилась в виде тепла, возвращать назад в конденсаторы или батарею, или использовать для других нужд.

При этом можно так подобрать параметры катушек, что бы система работала в резонансном режиме, и что бы при прохождении разряда возбуждалась ЭДС в обмотках, и после это магнитное поле либо воздействовало на плазму, если это необходимо, либо использовалось для других целей.

Что касается прямого получения ЭДС из теплового (хаотичного) движения молекул, и, как следствие, рекуперации части тепловой энергии, то в теории это возможно, но на практике таких систем еще нет.

Если система крупная, то обмотки можно сделать полыми, и по ним пропустить жидкость, если небольшая, сердечники сделать в виде ребер, которые будут охлаждаться воздухом.

При этом что касается непосредственно торможения плазмы (охлаждения), то делать это можно вообще не подавая ток. Достаточно замкнуть концы обмотки, и движущиеся заряженные частицы плазмы будут возбуждать ЭДС в обмотках, это будет в свою очередь порождать магнитное поле, и частицы будут замедляться об него.

При этом если снаряд магнитно нейтральный, то обмотки можно держать всегда замкнутыми, если же у него есть магнитное поле из-за протекающего через него разряда, то замыкать обмотки нужно только между выстрелами, так как снаряд, двигаясь в магнитном поле, тоже будет возбуждать ЭДС в обмотках и тормозиться.

Но, тем не менее, замыкать обмотки и оставлять в пассивном режиме не лучший вариант. Так как магнитное поле можно использовать не только для охлаждения и удержания плазмы.

Если двигать магнитное поле вслед за снарядом, когда через него проходит дуга и у него появляется намагниченность, его можно дополнительно разгонять как в коилгане, из-за чего получится плазморельсовый гаусс, PlasmaRail CoilGun. Но только двигать сверхмощное магнитное поле нужны не менее мощные ключи (транзисторы, тиристоры).

Но на самом деле можно получить плазморельсовый коилган со статическим магнитным полем. Для этого нужно менять направление разрядов каждый раз, как снаряд проходит очередной участок магнитного поля. То-есть в такой схеме не внешние электромагниты будут менять свою магнитную полярность, а снаряд. И все, что нужно, что бы разгонять снаряд в магнитном поле катушек, это управлять разрядами, которыми и так надо управлять.

И это еще одна ключевая концепция системы, которая заключается в том, чтобы дополнительно использовать электромагнитный разгон.

И если условно на стволе расположено 20 таких магнитных участков, то для выстрела нужно подать 20 импульсов. И если снаряд разгоняется за 1мс, то это по 50 микросекунд на импульс. С текущим уровнем развития технологий это реально. Можно даже подавать наносекундные разряды, фактически ШИМ магнитных поля.

Более того, это не просто можно сделать, а нужно сделать, так как, как я говорил, система должна обязательно работать в импульсном режиме, что бы можно было быстро разряжать конденсаторы и удерживать плазму. Сложность тут только в том, что нужно подобрать такую частоту и продолжительность импульсов, что бы она совпадала одновременно с частотой смены магнитных полей.

При этом нужно учитывать, что скорость снаряда по мере движения по стволу будет увеличиваться, из-за чего частота смены магнитных полей будет меняться. И учитывая



необходимость удержания плазмы при помощи импульсов за счет пинч-эффекта, это потребует точной настройки параметров.

При этом магнитные поля не обязательно должны создаваться электромагнитом. Можно использовать и постоянные магниты, так как “ротором” в этом случае будет являться снаряд. Что, в свою очередь, упрощает систему.

И таким образом электромагнитное ускорение за счет внешних магнитных полей, это еще одна “сила” в предлагаемой мной гибридной схеме. При этом это “бонусная” сила, так как обмотки все равно стоит добавить как минимум для удержания и охлаждения плазмы, а так же для рекуперации части энергии, что запасена в давлении.

\*\*\*

В добавок нужно учесть потери на удержание плазмы и потери самой плазмы. Так как очевидно, что при каждом выстреле часть плазмы будет просто теряться.

Потери на нейтральные атомы (на ионизацию) уменьшаются по мере улучшения технологий удержания и создания плазмы. То-есть если в плазме все атомы являются ионами, то потерь на это не будет. Отсюда я могу предположить, что плазма идеально удерживается, не теряется, и этих потерь нет. А если они и есть, то на восстановление и поддержание плазмы тратиться энергия с батареи, а не с рабочего конденсатора, и расходуется между выстрелами, а не непосредственно во время них.

И если мы представим, что газ для плазмы поступает из баллончика, а не получается непосредственно в устройстве, то на поддержание плазмы будет расходоваться около 10 Ватт в час. Но так как “лампы” зажигаются только когда оружие снято с предохранителя, среднесуточное потребление энергии будет небольшим. Плюс если попробовать использовать для удержания плазмы другие методы, такие как разряды высокой частоты, то расходы на удержание плазмы можно сократить в несколько раз.

Потери на эмиссию вторичных электронов зависят от того, из чего сделаны стенки корпуса. То-есть здесь нужно подбирать такой материал, что бы эмиссия вторичных электронов была минимальной. Но эти потери незначительные, по сравнению с остальными.

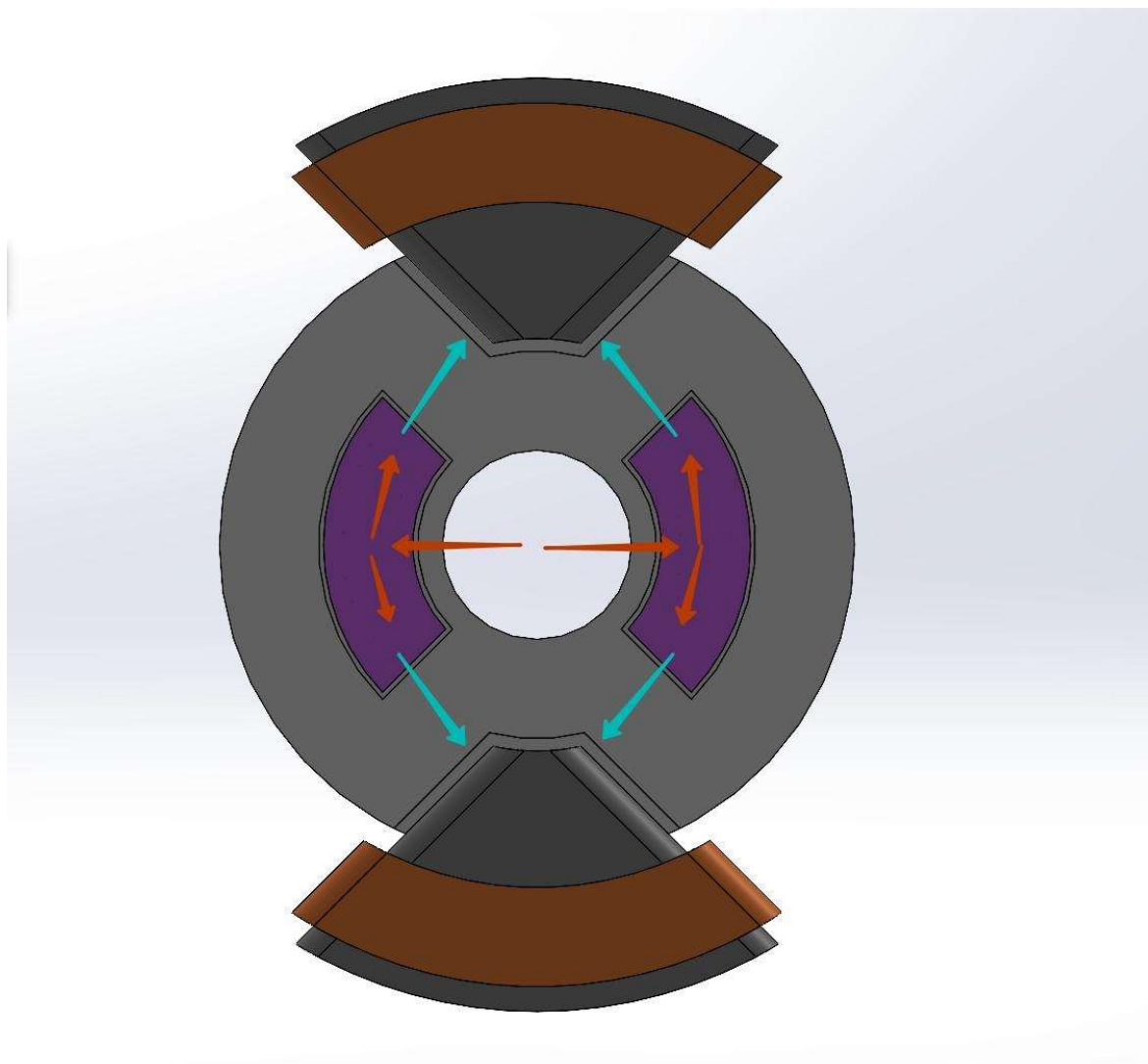
Но вот потери плазмы могут сказаться на общих потерях. Ведь ее придется дополнительно создавать, например, испаряя из твердого состояния и затрачивая не это энергию, либо подавая из баллончика, что усложняет систему расходников.

В добавок после этого нужно будет этот получившийся газ дополнительно ионизировать. И делать это нужно будет перед каждым выстрелом.

Отсюда нужно постараться свести потери плазмы к минимуму. Первый вариант я уже описал, это замедлять ее магнитными полями, что бы она не вылетала из ствола, или вылетала в минимальном количестве. Но после того, как плазма остановлена и заперта в стволе, ее нужно вернуть назад в плазменные каналы.

Сделать это можно, если вдоль каналов установить магниты которые могут быть перекоммутированы с чередующихся полюсов, на одинаковые. Наличие статичного магнитного поля определенной полярности вдоль плазменных каналов позволит “втянуть” плазму из ствола назад в каналы, так как если притянуть к магнитам частицы плазмы и немного их сжать, то возникнет разрежение, из-за чего плазма из ствола устремиться в каналы.

Примерно вот так:



Возврат плазмы можно, конечно, сделать и по другим принципам, или даже вообще не делать, а просто восполнять плазму перед каждым выстрелом. Но если можно сделать не сложную систему, что выполняет одновременно несколько полезных и важных функций, то ее стоит сделать.

Сложность такого решения только в том, что если при выстреле будут пусть и кратковременные, но огромные токи в обмотках, и такое же огромное напряжение, то коммутация в “рабочем” режиме должна будет выполняться при помощи специальных разрядников (как те, что между клеммами встречно включенных конденсаторов), а это дополнительные сложности в системе управления.

Разумеется, как я уже сказал, это лишь концепция, и схема очень приблизительная, и что бы это все корректно работало нужно будет подбирать форму каналов и магнитов. Но моя текущая задача – передать основную идею, а не мелкие технические особенности.

\*\*\*

Следующий тип потерь, это электромагнитное излучение. Оно разделяется на видимый свет и радиочастотный диапазон. Но пока рассмотрим только второе, так как видимый свет блокируется непрозрачными стенками, а вот радиочастотное излучение – это проблема, так как оно не только вызывает потери, но и демаскирует стрелка.

Человеческому глазу его не видно, но приборы, что видят радиоволны, будут видеть это как вспышку, причем яркую. В добавок оно может вырубить электронику самого стрелка. Отсюда нужно экранировать систему.

А в идеале не просто экранировать, а использовать рекуперацию.

Например, если сделать обмотку вокруг ствола, то электромагнитный импульс будет возбуждать электродвижущую силу (ЭДС) в этой обмотке, которую можно собирать через выпрямители. В добавок можно поверх обмотки разместить конденсатор (два листа фольги, изолированные тонким слоем диэлектрика), и подключить его тоже к выпрямителю. Это позволит часть энергии электромагнитного излучения собирать и перенаправлять обратно в конденсатор.

Особенно эффективно будет работать рекуперация ЭМИ если подавать заряд импульсами. Тогда плазма будет работать как первичная обмотка трансформатора, а экранирующий конденсатор и катушка на стволе как вторичные, из-за чего минимум энергии уйдет в тепло, и максимум назад в ЭДС (думаю рекуперация ЭМИ может составлять вплоть до 80-90%). Что еще раз говорит в пользу импульсного режима работы.

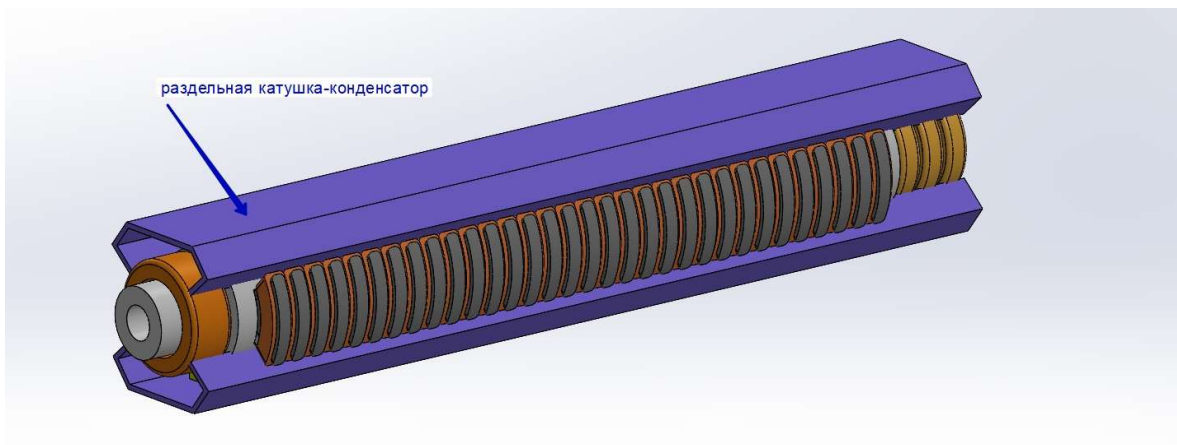
Более того, если такую рекуперацию точно рассчитать, то можно вообще отказаться от сложной системы управления, и сделать так, что бы первый импульс создавал ЭДС в катушке для запуска второго импульса (который управляющий разряд), второй импульс, направленный в другую сторону, создавал ЭДС для запуска первого импульса, в результате чего система входила в резонанс, и только за счет параметров катушки происходила подстройка частоты импульсов и сдвига фаз, без каких-либо микропроцессоров. Это в свою очередь в разы повысит надежность.

При этом при помощи такой самовозбуждающейся резонансной системе можно создавать сложные последовательности импульсов, используя комбинированные схемы прохождения разрядов. В добавок к этому, резонансные системы обладают высоким КПД, из-за чего минимум энергии будет рассеиваться в виде электромагнитного излучения.

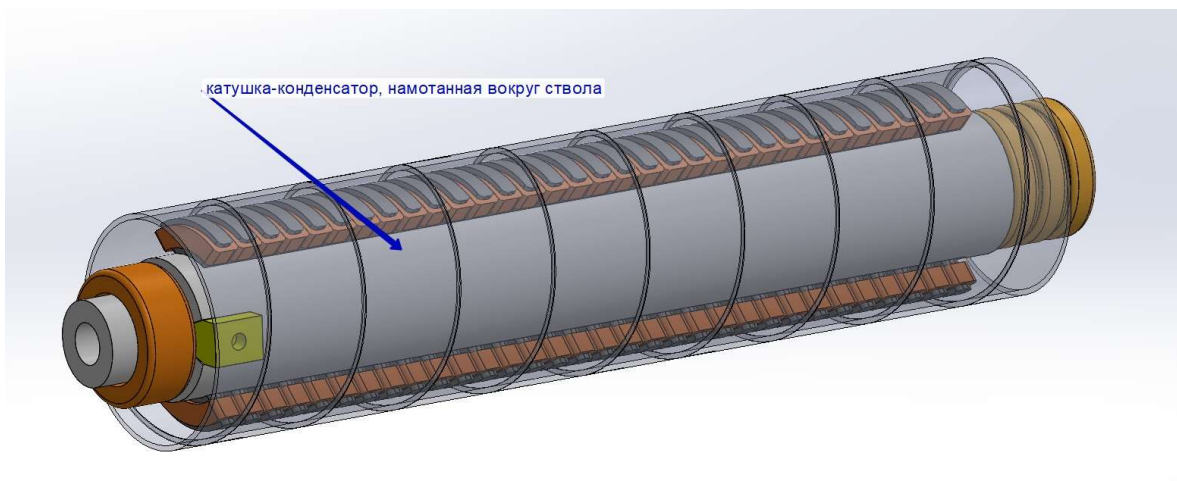
Так же ЭДС, что получается, можно использовать для питания электромагнитов, распложенных вдоль ствола. Тогда получится самоподдерживающаяся система, где электромагнитное поле, удерживающее плазму, увеличивается или уменьшается пропорционально разряду, что через нее проходит, так как оно зависит от электромагнитного импульса, создаваемого разрядом.

При этом я написал, что нужно сделать катушку и конденсатор. Но система будет работать на высоких частотах. А при больших частотах катушка сама может работать как конденсатор. Отсюда можно сделать "катушку-конденсатор" (индуктивно-емкостной элемент), которая выполняет две функции сразу. То-есть ведет себя как катушка, но при этом обладает определенной емкостью, а за счет пересечения витков еще и экранирует излучение.

И учитывая, что на высоких частотах возникает скин-эффект, сделать такую катушку-конденсатор можно из полоски тонкой фольги, покрытой лаком или твердым электролитом, что сделает ее еще больше похожей на конденсатор. Выглядеть она может условно вот так:



Либо вот так:



При этом она может быть плотно намотана на ствол, что бы вся система была условно монолитной.

Более того, как я уже сказал, эту катушку-конденсатор можно сделать сразу и спусковой. В обычных условиях для создания высоковольтного разряда нужно было бы сделать высокочастотную катушку на воздушном сердечнике. Здесь же такая катушка уже есть. То-есть можно просто намотать поверх нее еще несколько витков фольги, на которую подавать ШИМ. А после, как произойдет выстрел, эту же обмотку использовать для съема энергии, используя как выпрямитель транзисторы или разрядники, которые в обычном режиме создают импульсы.

Также, если подключить катушку-конденсатор к обмоткам электромагнитов, что расположены вдоль ствола, то можно получить систему разгона снаряда и сжатия плазмы, в которой магнитные поля в электромагнитах пропорциональны воздействию на плазму и снаряд. Так как ЭДС в катушке возбуждается тем же разрядом, который сжимает плазму и создает магнитное поле снаряда.

В добавок магнитное поле в электромагнитах будет импульсным, что хорошо, так как если просто подать на обмотки мега амперы в течении миллисекунд, то они просто выгорят. А если использовать обмотки в импульсном режиме, создавая магнитное поле в нужный момент (когда снаряд в оптимальной точке), то обмотки выдержат такой режим, даже если токи будут большими (особенно если сделать обмотки из волосков, что бы уменьшить скин-эффект).

К тому же это электромагнитное поле будет идеально синхронизировано с частотой разрядов и циклами сжатия плазмы, так как синхронизация эта не цифровая, а аналоговая.

При этом можно сделать резонансную систему, где, например, подается первичный импульс, но из-за диодов, он направлен только в одну сторону, и не создает магнитное поле в электромагнитах. Этот первичный импульс повышается в этой катушке, и получается управляющий разряд, который инициирует рабочий разряд. Рабочий разряд возбуждает ЭДС в этой же катушке, но эта ЭДС в обмотки электромагнитов, при этом это все происходит с небольшой задержкой, так как есть время насыщения.

Далее магнитное поле сжимает плазму, но после подпитка от катушки, что возникла от ЭМИ, прекращается, и магнитное поле спадает, причем в магнитах ЭДС направлена в другую сторону из-за самоиндукции.

Но параллельно с этим плазма “отпружинивает”, и, расширяясь, порождает наведенную ЭДС в электромагнитах, которая направлена в ту же сторону, что и самоиндукция. И эта наведенная ЭДС влетает в катушку-конденсатор, и создает следующий разряд (сама катушка-конденсатор при этом сделана из нескольких слоев-обмоток).

При этом если нужна небольшая задержка срабатывания, то ее можно создать просто изменяя емкость катушки-конденсатора, меняя ширину ленты, из которой она сделана, или толщину диэлектрика.

Такая система в теории может работать без сложной системы управления, и для проведения выстрела нужен обычный пьезо элемент (как в пьезо зажигалке). То-есть никакой цифровой электроники. Только аналоговые компоненты.

В добавок в такой схеме все ключевые компоненты будут использоваться “в обе стороны”, если можно так выразиться. То-есть они будут и собирать энергию, и после выполнять полезную работу.

Это что касается электромагнитных потерь, их рекуперации и использования.

\*\*\*

И последние существенные потери, которые будут в системе, это потери на светоизлучение.

Плазма в канале – это, по сути, лампа, которая очень хорошо светится. Из-за чего потери на свет могут быть вплоть до 50%, а если неправильно подобрать напряжение и тип плазмы, то и 90%.

И на этом моменте стоит поговорить о выборе плазмы. Так как ее светимость зависит не только от силы тока и напряжения разряда, но и от того, из чего она сделана.

Логичнее всего брать такую плазму, при пропускании разряда через которую минимум энергии переходит в электромагнитное излучение. Неон для таких целей не очень подходит, у него КПД светимости процентов 50. У ксенона где-то 40%. Но есть натриевые лампы (натриевая плазма). У них КПД светимости процентов 20.

Да, конечно, лучше всего проводит ток плазма из тяжелых металлов или газов (уран, ксенон), но только она хорошо проводит ток при высоких температурах (миллионы градусов), и так же хорошо при этом светится, причем в гамма и рентген спектре. А для винтовки высокотемпературная плазма не лучший вариант. При этом это не значит, что она вообще не подходит. Ее можно использовать, например, для артиллерии.

Для компактных же систем есть смысл использовать натриевую или калиевую плазму. А учитывая, что плазму нужно регулярно пополнять, нужен дешевый и доступный расходник, и натрий на эту

роль подходит. Например, им можно покрыть электроды, что отвечают за удержание плазмы (те, что “зажигают” лампы). А по мере расхода натрия просто менять эти электроды (сделать их сменными).

Так же можно экспериментировать со смесями. Например, калий легко ионизируется, и отсюда удерживать плазму можно с меньшими токами, при этом цезий имеет максимальную проводимость. Натрий же дает стабильную плазму и тоже легко ионизируется.

Если же система будет использоваться по большей части на принципах плазменного поршня, то для такой системы в идеале получить максимальную удельную массу плазмы, ведь чем тяжелее и плотнее рабочее тело, тем эффективней оно будет толкать снаряд, а не нагревать его. При этом желательно так же высокое удельное сопротивление плазмы, что бы максимум энергии уходило в тепло, и, как следствие, в давление.

И для этого лучше использовать тяжелую плазму. Ртуть не вариант из-за токсичности, но есть висмут, галлий, индий. Из висмута получается плотная плазма, которая не токсичная и слабо светиться. Но проблема в том, что для того, что бы висмут превратить в плазму, его нужно вскипятить, испарить лазером или дуговым разрядом.

Но кроме них есть углеродная плазма, которая обладает низкой светимостью и хорошо проводит ток. Но минус углеродной плазмы – ее сложно создавать. Связано это с тем, что у нее высокая температура ионизации. То-есть нужно постараться и потратить больше энергии, что бы из углерода получить плазму. Но при этом из-за этого свойства она более стабильна при мощных разрядах.

При этом с углеродной плазмой сложности так же в ее получении, так как нужно испарять графит, а для этого нужна большая плотность энергии. Но так же ее можно получать из углекислого или угарного газа. При большой температуре он распадется на углерод и кислород. И на этот распад тратиться энергия.

При этом после того, как разряд пройдет, углерод снова сгорит в кислороде, с выделением энергии, и получится взрыв. То-есть получится довольно странная система, которая работает, в том числе, и на химической реакции.

Что же касается кислородной плазмы, то она может тоже быть использована, так как легко ионизируется и ее легко удерживать. Но кислородная плазма сильно светится. Из-за чего есть смысл уменьшать количество кислорода, и увеличивать количество углерода в плазме. То-есть получить кислородно-углеродную плазму.

При этом этот тип плазмы удобный тем, что носить с собой нужно только углерод, так как кислород можно брать из воздуха.

Учитывая все это, лучше использовать сложные комбинации. Например, натрий+углерод+кислород+висмут. В идеале конечно убрать из этой комбинации кислород. Но как же его уберешь, если он везде в атмосфере. И при большой температуре, которая будет в плазме, он будет попадать через ствол, вступать в реакцию с натрием и углеродом, прилипать к ним, и оставаться в системе.

Но после каждого выстрела можно продувать ствол небольшим количеством инертного газа, после чего сразу же подавать следующий снаряд. Газ бы мешал кислороду попасть в ствол, а снаряд “затыкал” ствол, создавая тем самым герметичную систему плазменных каналов.

При этом при каждом пропуске разряда эти соединения будут снова распадаться до состояния плазмы.

---

Но только вот выбор подходящей плазмы уменьшит светимость, но не уберет полностью. При этом часть света отобьется от стенок, и вернется в плазму, нагревая ее, но часть будет нагревать стенки.

Что бы минимизировать нагрев, стенки нужно делать с минимальным коэффициентом светопоглощения (абсолютно белое тело), при этом не забывая, что они должны быть из диэлектрика. То-есть алюминиевой фольгой их покрыть не выйдет.

Подойдет на роль такого “абсолютно белого тела” ствол из полированной керамики. Альбедо которой достигает 0.9 (только 10% излучения поглощается). А если сделать многослойное специальное покрытие из диэлектриков, то можно довести этот коэффициент вплоть до 0.99.

Но только это сильно не поможет, так как трубка закрыта, а плазма прозрачная из-за низкой плотности. Отсюда большая часть света будет просто переотражаться между стенками, пока ими не поглотится. А от того, будет у них альбедо 0.1 или 0.9 зависит только как быстро поглотится вся энергия (если очень быстро, то она может испарить поверхностный слой, отсюда все равно нужно стремиться к высокому отражающему коэффициенту).

Еще один вариант, это сделать плазменные каналы прозрачными и покрыть их по внешней поверхности фотоэлектрическим покрытием (как солнечные панели), что позволит собирать часть энергии, и перенаправлять назад в систему.

Но это самый простой и “базовый вариант”. Но при пробое через плазму может выделяться очень много света. Потенциально в свет у некоторых видов плазмы может уходить 40-60% энергии. И сократить эти потери за счет изменения параметров разряда не так-то просто. А изменять параметры плазмы, такие как давление, еще сложнее, так как система не герметична. И даже если получится собрать при помощи фотоэлектрических элементов 20-30% от этой энергии, потери все равно будут значительными.

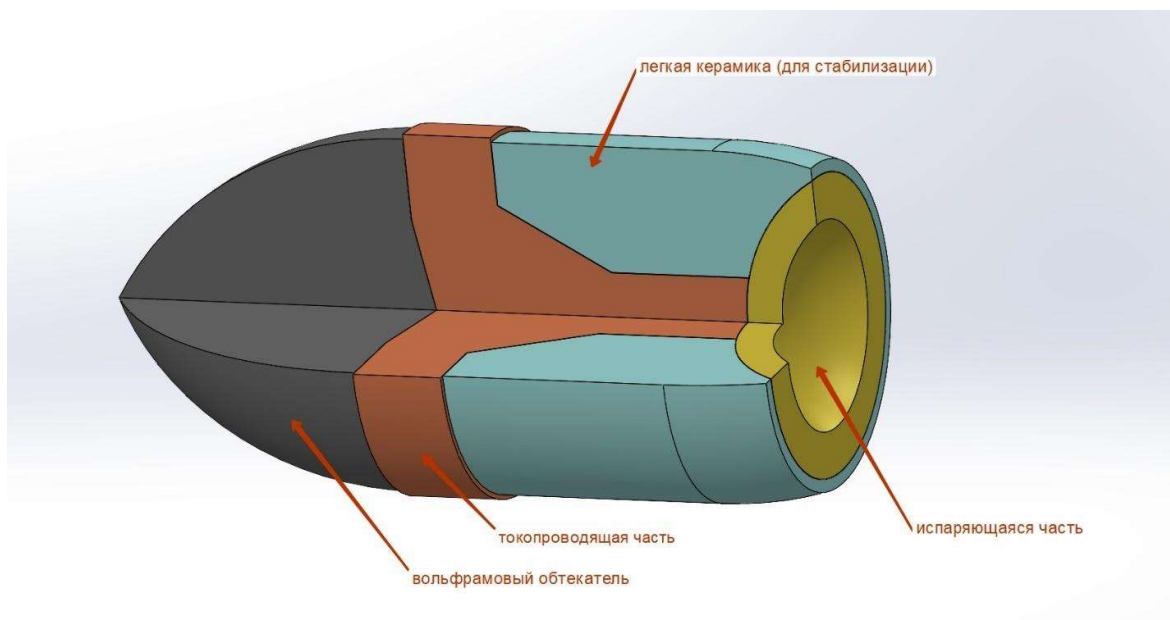
Отсюда самый логичный вариант в этой ситуации, это не сокращать потери на свет, а использовать этот свет пользой. А именно – использовать световую вспышку для восполнения плазмы (испарения вещества), и для накачки лазера.

И лазер – это еще один компонент предлагаемой мной концептуальной гибридной схемы.

Лазер может разгонять снаряд так же, как плазменный поршень, плазменная пружина, сила Ампера или импульс.

Самый простой способ его использовать, это сделать заднюю поверхность снаряда слегка вогнутой воронкообразной формы (как сопло Лавалля), и нанести на эту вогнутую поверхность покрытие, которое будет испаряться под воздействием лазера (лазерная абляция).

Снаряд, например, может выглядеть вот так:



Это снаряд под схему с плазменной пружиной, где заряд проходит через центр.

При этом нужно сделать так, что бы теплопроводность у этого испаряющегося покрытия была минимальной, что бы оно именно испарялось, а не проводило тепло вглубь снаряда. То-есть это может быть, например, какой-то полимер.

Но это не самый оптимальный способ. Лучше всего покрыть заднюю поверхность тем веществом, из чего состоит плазма. Например, если плазма состоит из натрия, то покрыть заднюю часть натрием.

Плюс такого решения еще и в том, что испаряться вкладка будет на всем пути разгона снаряда, а не только на старте, из-за чего давление в стволе будет оставаться примерно одинаковым, а не так, как в газохимических системах, когда в патроннике высокое давление, но по мере движения снаряда по стволу, оно уменьшается.

----

Что касается того, как сделать такой лазер и куда его засунуть, учитывая, какую мощность он должен выдавать за какое время. То это будет не отдельная система, а встроенная. Или, если точнее, то “бонусная”, если можно так выразиться.

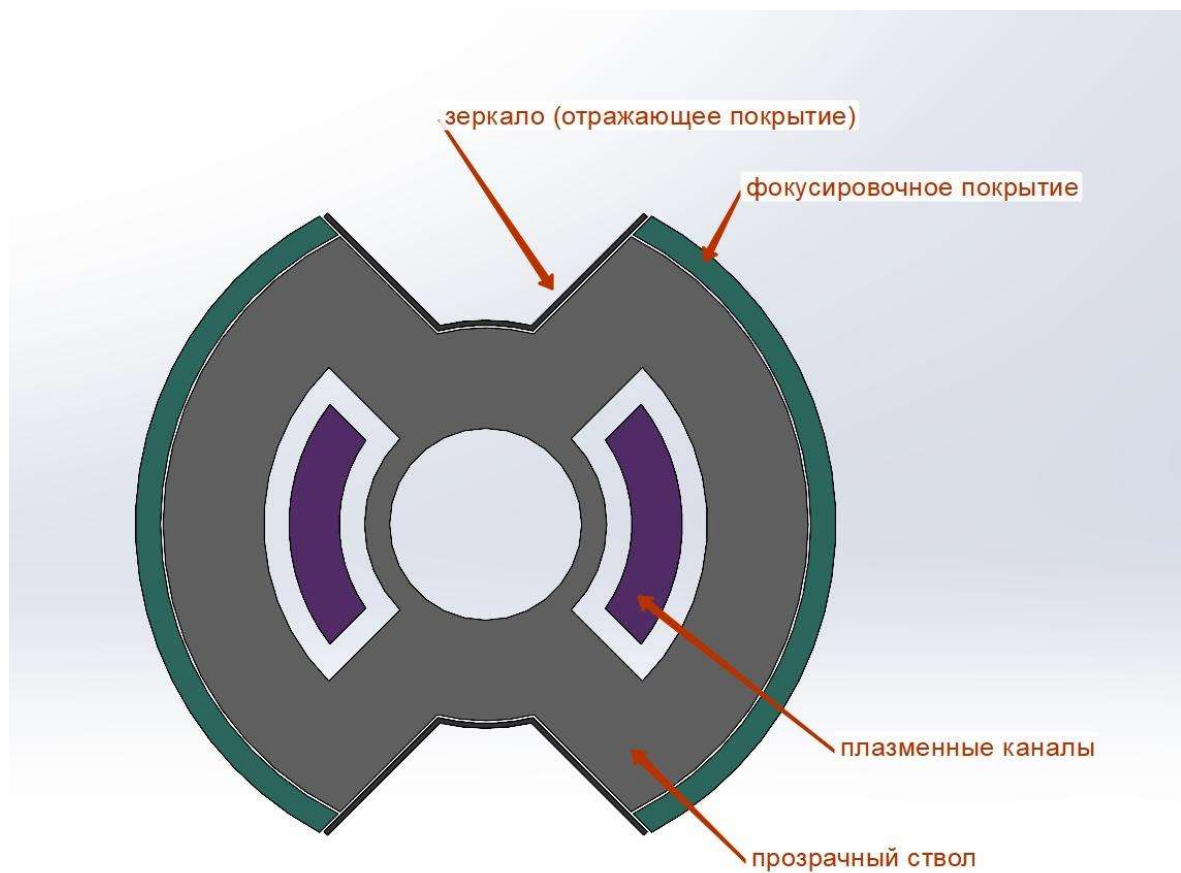
Получить такую систему можно, если использовать вокруг плазменных каналов специальный фокусирующий материал, перенаправляющий излучение в нужном направлении. Например, нелинейные кристаллы.

При этом что бы это покрытие не деградировало, его стоит сделать не внутри плазменного канала, а снаружи. Для этого часть стенки плазменного канала можно сделать прозрачной.

Хотя не обязательно делать только часть. Можно сделать весь ствол прозрачным, а после те области, где не должно проходить излучение, покрыть зеркальным отражающим материалом. При этом то, что излучение пойдет через ствол, не проблема, оно пройдет его насквозь, потом пройдет через второй плазменный канал, и попадет на фокусирующий материал.

Хотя на самом деле сделать ствол не прозрачным не проблема. Сейчас уже есть возможность делать комбинированные материалы.





Условно ствол можно сделать вот так. Где зеркало препятствует потере излучения, а внешняя поверхность покрыта направляющим материалом.

При этом сам ствол может быть сделан кристалла, что собирает свет. Это может быть сапфир или алмаз (разумеется, искусственные). Они обладают не только высоким показателем светопропускания, но так же являются изоляторами, и имеют высокую механическую прочность

Да, я знаю про хрупкость, но это уже вопрос технологии, а не концепции, и в качестве материала ствола лучше подойдет оксид циркония, нитрид бора, карбид силиция и так далее, так как они обладают лучшей ударной вязкостью, и при этом тоже имеют очень хорошее светопропускание. В добавок многим из них плевать на окисление и на кислоты даже при высоких температурах. Плюс они в разы более технологичны. Но алмаз и сапфир круто звучат в контексте книги в контексте привлечения инвесторов.

Следом будет слой из нелинейных кристаллов, что преобразуют свет в нужную частоту. Нужно это из-за того, что плазма излучает в нескольких спектрах. Лазер же лучше сделать в узком спектре, лучше всего подходящем под конкретную задачу.

Но если использовать плазму, излучающую в узком спектре, или смесь различных веществ и подходящие ток и напряжение разрядов, что бы получить нужный спектр, то второй слой не обязательный. Так как каждый дополнительный слой будет снижать КПД лазера.

И дальше слой фокусирующих кристаллов, который по совместительству является волноводом и по нему излучение идет в нужном направлении (например, вдоль ствола к затвору), где уже будет

стоять фокусирующая линза, что светит через затвор (либо задняя поверхность затвора может являться такой линзой).

Преимущество такого решения в том, что нет никакой сложной системы управления для лазера, и он работает исключительно на физике кристаллов, без какой-либо электроники вообще. Что в разы увеличивает его надежность, и единственное, что его может сломать, это физическое повреждение. А если произойдет деградация или повреждение покрытия, это не вызовет серьезных проблем, так как просто незначительно упадут характеристики лазера.

Также в отличие от отдельных лазерных систем мощность лазера всегда будет пропорциональна мощности выстрела. Но при этом это не значит, что его мощность нельзя регулировать, меняя соотношение. Например, сделав плазму меньшего давления или пропустив разряд с большим напряжением, можно больше энергии перенаправить на лазер. Вплоть до того, что до 90% энергии может уходить в светимость (плазма низкого давления и высокой температуры, высоковольтный разряд).

Так предлагаемая мной конструкция не лишена преимуществ, которые заключаются в том, что покрытия можно сделать из не проводящих ток материалов, из-за чего можно будет поверх этого всего еще добавить катушки, создающие магнитное поле, и другие элементы.

В добавок чем меньше отдельных деталей, тем надежней. А в предлагаемой мной схеме лазер и ствол — это одна монолитная композитная деталь (хотя конечно можно сделать и отдельно покрытие и ствол, но смысла в этом не много).

Также из-за того, что покрытие находится снаружи, а не внутри канала, сделать такую конструкцию в виде монолита будет в разы проще.

При этом толщина фокусирующего слоя будет не очень большой. 2-3мм должно хватить.

Отсюда можно сделать так:

Использовать излучение без преобразования. Просто собрать и перенаправить в переднюю часть ствола (в переднюю часть канала). В излучении в каком-то соотношении будет ультрафиолетовый спектр (его можно регулировать путем добавления в плазму, например, водорода).

После пропустить этот луч вдоль плазменного канала, создав дополнительную ионизацию. При этом на обратной части канала (со стороны затвора) стоит кристалл, что собирает остатки этого луча. Далее от кристалла к затвору через зеркало или оптоволокно, и в затворе стоит фокусирующий кристалл.

То-есть один и тот же луч выполняет двойную задачу. Сначала ионизирует плазму в канале, прокладывая путь для разряда (при этом плазмой поглощается по большей части УФ, другие спектры будут проходить через нее без проблем, особенно красный и инфракрасный), а после воздействует на снаряд, испаряя закладной материал.

Ну а те длины волн, что не будут полностью поглощаться испаряемым покрытием, просто частично отразятся, пройдут через прозрачный ствол, снова пройдут через плазму, после чего опять попадут на фокусирующий и направляющий слой, и попробуют еще раз.

При этом это не совсем лазер получится, а скорей когерентный лазерный фонарь, работающий в широком спектре. Так как для лазера характерна конкретная длина волны. Но это не означает, что такой лазерный фонарь не будет ионизировать канал или испарять покрытие.

При необходимости фокусирующее покрытие можно разделить на несколько участков, что бы регулировать, сколько мощности пойдет на пробой плазмы, а сколько сразу на снаряд. Ну и на

каждом этапе можно установить слой из нелинейных кристаллов для преобразования длины волны, если это необходимо.

При этом в стволе не будет продуктов горения. Все, что там будет, это плазма, отсюда вероятность загрязнения линзы, и, как следствие, ухудшение работы лазера, снижается.

Что касается мощности такого лазера, то если, например, в свет уходит 10 кДж и энергия импульса 1 миллисекунда, то это эквивалентно лазеру на 10 МВт. Отсюда обычное оптоволокно не подойдет, если такую мощность передавать нужно куда-то, ну или его диаметр будет 2-3см. Что не походит, так как занимает много места, в добавок выходной луч будет такого же диаметра.

Но есть полые волокна из сапфира или алмаза, и диаметр пучка из таких волокон, и, как следствие, луча, может быть 2-3мм. Что является подходящим диаметром для луча, испаряющего вкладку.

---

Выстрел может происходить так::

В трубках находится натриевая плазма под атмосферным давлением.

С разрядника подается высоковольтный разряд, который проходит вдоль плазменных трубок (не через снаряд). Этот разряд вызывает высокую светимость, так как напряжение большое, а давление плазмы низкое. Из-за чего образуется излучение, что создает лазерный пробой в каналах, а так же испаряет часть вещества со снаряда.

Но сила и продолжительность первичного импульса так подобрана, что бы вызвать именно ионизацию канала для прохождения рабочего разряда.

После того как создан первичный пробой плазмы, подается второй (управляющий) разряд, который проходит уже через снаряд. Этот второй разряд замыкает рабочие конденсаторы, и происходит пробой главного рабочего разряда, и происходит первый рабочий импульс.

Во время этого импульса покрытие снаряда (натрий) в задней части испаряется в направлении "назад", из-за чего снаряду сообщается импульс и он ускоряется (как реактивный двигатель).

При этом по мере испарения покрытия будет расти давление в патроннике, и испаренный натрий будет устремляться в каналы в задней части ствола, тем самым противодействуя плазме, что стремится в ствол, из-за чего давление плазмы в каналах и в патроннике будет увеличиваться.

Это в свою очередь уменьшит светообразование, и увеличит образование тепла при прохождении следующего импульса. Вследствие чего на следующем импульсе будет больше нагрев плазмы, но меньше испарение покрытия снаряда (натрия).

Нагретая плазма будет расширяться по мере движения снаряда по стволу, давление будет уменьшаться, и следующий импульс вызовет больше светимость, и меньше нагрев, и, как следствие, будет выше испарение покрытия, но меньше увеличения давления плазмы в каналах.

И так система будет в самостабилизирующемся состоянии, где давление в стволе и каналах будет примерно одинаковым на всем пути движения снаряда. Низкое давление будет только в момент первичного разряда, когда испарение еще не началось.

При этом при выстреле плазма устремиться вслед за снарядом, и выйдет из ствола, пока давление в нем не станет атмосферным. И из-за того, что при выстреле образовалась дополнительная плазма, потерь плазмы в каналах не будет, и не нужно будет ее восстанавливать. Ну это теоретически, а практически все равно стоит покрыть электроды, удерживающие канал, натрием.

Да, из-за большой скорости плазмы возникнет “высасывание” ее из ствола, но что бы этого не допустить на выходе стоит установить “тормозящий” магнит, который не даст давлению в стволе упасть ниже атмосферного.

При этом этот же магнит может частично вернуть энергию (выполнить рекуперацию), за счет того, что в нем будет возникать наведенная ЭДС, когда в его магнитном поле будут двигаться заряженные частицы плазмы.

После подается новый снаряд, и процесс повторяется.

И на самом деле в такой системе даже не обязательно использовать силу Лоренца или Ампера.

В самом простом варианте (для маломощного персонального оружия, пистолетов), достаточно просто пропустить продольные разряды в каналах, без разряда через снаряд. Это позволит сделать более простые и дешевые снаряды без токопроводящих каналов.

Так же, что касается схемы с плазменной пружиной, то лазер, что испаряет часть снаряда, будет так же создавать канал для прохождения разряда, создающего плазменную пружину.

---

При этом что касается импульсов при выстреле, то систему можно сделать разными способами. Можно что бы первый разряд, что проходит вдоль каналов ствола, возбуждал ЭДС в катушке-конденсаторе, из-за чего автоматически подавался управляющий разряд, и происходил рабочий импульс.

Последующие импульсы могут происходить либо по резонансной схеме, где каждый импульс вызывает новый, либо по управляемой схеме. Во втором случае можно регулировать мощность выстрелов изменением частоты и продолжительности импульсов, в первом случае выше надежность.

---

Единственное, что в этой схеме смущает, это количество нужного натрия. Если условно сообщаемая энергия 30 кДж, в свет уходит 40%, но из-за потерь, мощность лазера получается 10 кДж, то сколько энергии сможет испарить 1.8 грамм натрия, находящегося при комнатной температуре. Учитывая плотность натрия, это почти 2 кубических сантиметра. То-есть это не маленькая такая натриевая “гильза” получается.

Но правда при таком количестве сообщаемой энергии, если учитывать возросшее КПД из-за всех доработок, энергия снаряда может быть 20-25 кДж. А если задача получить энергию снаряда в пределах существующего оружия, то сообщаемая энергия будет меньше в 3-4 раза, и, как следствие, натрия будет испаряться тоже меньше. Но, тем не менее, я думаю, что испаряющаяся часть может занимать треть или даже две трети от размера снаряда.

Так же можно использовать более теплоемкие элементы для плазмы, такие как висмут. Преимущества в том, что у него не только высокая плотность, но и очень низкая теплопроводность, из-за чего можно получить эффективное испарение, а не нагрев.

В идеале использовать комбинированное покрытие, и как следствие, плазму. Например, натрий+висмут+олово/свинец. Для тяжелых (артиллерийских) систем потенциально торий или уран, с микропорами с водородом.

Так же потенциально можно использовать в качестве покрытия графит. Он эффективно поглощает излучение в широком диапазоне, из-за чего эффективно испаряется. При этом испаряется минув жидкую фазу, из-за чего не будет разбрызгивания. При контакте с воздухом превращается в

углекислый газ (просто сгорает), графитная плазма обладает хорошей проводимостью и низкой светимостью. Не токсичен, безопасен, дешев. В добавок из него получается углекислотная плазма.

Хотя при тех температурах, которые будут в плазменных трубках при протекании разряда, она сразу же распадется на кислород и углерод, а после уменьшения температуры опять углерод сгорит в кислороде, с образованием углекислого газа, при этом на разложение будет тратиться энергия, что снизит КПД.

Но углерод имеет минус. Сложно создавать плазму при запуске системы (снятия с предохранителя), так как сложно испарять без мощного лазера или разряда, и сложно ионизировать. В добавок в режиме удержания температура будет не такой высокой, и скорей всего начнет образовываться углекислотная плазма. А если при первом выстреле будет другой состав плазмы, чем при последующих, то это скажется на кучности и точности.

В теории это можно нивелировать путем выполнения спектрального анализа плазмы перед каждым выстрелом с последующим внесением корректировок в длины импульсов (плазма то в лампочке, и светится), но это дополнительная система анализа и расчетов, что может снижать надежность.

Но углерод (графит) все же довольно сложен в плане получения плазмы, и можно рассмотреть подходящие соединения. Например  $\text{Na}_2\text{C}_4$ , который представляет собой белый порошок и может храниться в твердом виде. При его испарении лазером можно получить натриево-углеродную плазму (что, собственно, и нужно). Причем сразу выделяется натрий, а только потом углерод.

Минус такого решения в том, что натрий будет окисляться, а после его оксид, вступая в реакцию с водой в воздухе, превращается в агрессивную щелочь (едкий натр), которая выживает ожоги на коже и раздражает дыхательные пути. Отсюда с точки зрения безопасности все же лучше углерод, который после превратится просто в безопасный углекислый газ.

В добавок можно рассмотреть другие соединения, которые тоже могут быть полезны. Например, соединения с алюминием и так далее. И таким образом вариантов, как получить нужный состав и свойства плазмы, множество, как и вариантов, как именно ее получать.

---

При этом несмотря на кажущуюся гигантскую мощность лазера (гигаватты или даже тераватты), и кажущийся колоссальный нагрев в результате его работы, и из-за этого невозможность создания такого лазера в таком малом масштабе, как пистолет или винтовка, на самом деле так не будет. Потому что как я уже говорил, суммарно на самом деле так не будет.

Дело в том, что вся сообщаемая энергия в 30кДж, это всего 8 Ватт-часов. Если представить, что половина энергии уходит в тепло, то это 4 Ватт-часа. И если размазать эти 4 Ватта по всему стволу, у которого достаточно высокая теплоемкость и теплопроводность (если это искусственный сапфир, алмаз или другие такие материалы), то его температура увеличится только на пару градусов.

Отсюда главная проблема не в нагреве, а передача энергии через плазму так, что бы она не рассеялась. Но как я уже писал, это решается предварительной подготовкой плазмы при помощи лазерного пробоя, подачи предварительного разряда для создания пинч-эффекта с целью увеличения плотности плазмы и создания удерживающих магнитных и электростатических полей, и только потом подача рабочего разряда.

И потенциально в обычных условиях это требует множество отдельных систем. Но в предлагаемой мной концепции система сама себе создает эти условия.

Но даже так нужно понимать, что эта система импульсная. Если задача сделать лазер, который работает на такой мощности не в течении 1 миллисекунды в импульсном режиме, а отдает ее продолжительно, придется делать систему охлаждения, и скорей всего на сколько компактная трубка с плазмой просто не справится по теплопроводности и расплавиться.

Так как если светопропускание у трубки 99%, то один оставшийся процент уйдет в тепло. И если мощность лазера 1МВт\*час, то нагрев просто из-за поглощения излучения будет 10кВт\*час. Потенциально если сделать ее из алмаза, и использовать водяное охлаждение, это не проблема, и можно даже сделать лазер на 100МВт. Но гигаватты и тераватты все равно не доступны в таких масштабах, если не увеличить коэффициент светопропускания (хотя есть материалы с 99.5-99.9 коэффициентом светопропускания).

### **Потенциал развития системы**

В текущих реалиях самое слабое место системы – это рабочий конденсатор. И скорей всего он таковым останется в будущем. Так как в случае с конденсаторами всегда приходится выбирать между емкостью, токоотдачей и размером. И даже если технологии будут улучшаться, эта дилемма останется.

Но есть теоретические варианты, как можно использовать плазму в качестве накопителя энергии. То-есть в качестве временного конденсатора.

То-есть, например, можно при помощи управляющих зарядов и стоячих магнитных полей создать в плазме стоячие волны или резонансные колебания, накапливающие заряд, а после снять удержание и пропустить управляющий разряд в нужном направлении. Этот разряд внесет дисбаланс в удержание заряда, из-за чего за ним последует вся накопленная энергия, высвобождаясь туда, куда надо.

Попробовать создать это можно, если использовать лазер для создания стоячей волны в плазме. Но есть и другие варианты.

Например, во встречном направлении подается два когерентных лазерных луча, и получается интерференционная волновая картинка, которая создает стоячую волну в плазме. При этом то излучение, что не поглотилось, проходит насквозь, попадает на линзу и зеркало, разворачивается, и снова используется. То-есть на каждом этапе прохождения луча теряется только небольшой процент энергии, связанный с коэффициентом светопропускания линз и зеркал.

И когда в систему подается дополнительная энергия в виде дуги, происходит подпитка лазера, из-за чего амплитуда волны увеличивается, стоячие волны в плазме усиливаются, и энергия прирастает.

Что касается “заряжающих” разрядов, то они движутся вдоль трубок, а не через снаряд, из-за чего выстрела не происходит, а происходит только накопление энергии.

При этом частота и мощность этих разрядов подобраны таким образом, чтобы горячие частицы плазмы не выходили из магнитного удержания и не ударялись о стенки. То-есть что бы плазма просто пульсировала с каждым разрядом, а энергия излучения использовалась для лазера.

В добавок систему нужно ввести в резонансное состояние. Так как с каждым разрядом будет расти давление плазмы, и его нужно будет компенсировать растущим магнитным полем и мощностью следующего заряда.

Работать система может по такому циклу:

Подается разряд, который сжимает плазму за счет пинч-эффекта. Но в момент прохождения разряда получается электромагнитный импульс и свет.

Свет собирается лазерной системой корпуса и подается назад в плазму в зону прохождения разряда. Причем это импульсный свет. То есть он происходит почти в тот же момент, как проходит разряд (с задержкой из-за скорости света). В плазму свет подается при помощи двух встречных лазеров.

В то же время как проходит разряд, электромагнитный импульс возбуждает ЭДС в катушке-конденсаторе снаружи корпуса. Катушка-конденсатор работает как вторичная обмотка трансформатора. Первичная при этом сама плазма и проходящий по ней разряд.

Получившееся ЭДС создает магнитное поле на электромагнитах, сжимающих плазму (катушка подключена к обмоткам магнита). Таким образом в момент прохождения разряда плазма сжимается одновременно пинч-эффектом, лазером и электромагнитным полем.

Далее, когда разряд пропадает, лазер одновременно с этим затухает, так как прекращается светоизлучение, и затухает ЭДС в катушке-конденсаторе, так как пропадает электромагнитный импульс, и начинает затухать магнитное поле в электромагните.

В это время в электромагните и катушке происходит самоиндукция. Но так как пропали все эффекты, что сжимали плазму (и лазер, и пинч-эффект, и магнитное поле), плазма начинает расширяться. И в момент расширения она возбуждает наведенную ЭДС в обмотках электромагнита.

И эта ЭДС приплюсовывается к ЭДС самоиндукции, и попадает на катушку-конденсатор (так как электромагнит с ней соединен).

Катушка-конденсатор работает как трансформатор, что преобразует эту энергию снова в разряд, при этом из-за емкости это происходит слегка с задержкой. То-есть конденсаторная часть катушки выступает как синхронизирующий элемент, а не как накопитель (иначе смысл теряется, и просто один конденсатор на другой меняется).

После запасенная энергия высвобождается в виде следующего разряда.

После чего пропускается следующий разряд из рабочего конденсатора, который дополнительно усиливается энергией наведенной ЭДС и ЭДС самоиндукции, что запасена в катушке-конденсаторе, из-за чего его сила нового разряда пропорциональна увеличившемуся давлению плазмы, и он снова может ее сжать (она пропорциональна давлению плазмы, так как именно расширение плазмы от давления возбуждало ЭДС в катушке).

Если система работает в рамках одного плазменного канала, заряды могут пробивать по очереди в разных направлениях. Если канала два, то могут между каналами перемещаться. Что бы один канал выступал конденсатором для другого канала.

То-есть можно сделать, где в одном канале плазма сжимается разрядом, и это приводит к накоплению энергии. Потом эта плазма расширяется, и это приводит к высвобождению энергии, которая в виде разряда попадает в другой канал и сжимает плазму там.

И таким образом временным хранилищем энергии выступает сам плазменный канал, в котором разряд проходит то в одну, то в другую сторону. В качестве же фазового регулятора и синхронизатора процесса выступает катушка-конденсатор.

И это повторяется цикл за циклом. Частота разрядов должна быть такая, что бы плазма не успевала достаточно разлетаться (что бы не долетала до стенок, и следующий цикл сжимал ее обратно).

Но с каждым циклом часть энергии теряется на нагрев, вследствие того, что КПД системы менее 100%. Из-за чего колебания затухают (индекс светопропускания не 100%, в добавок есть потери на катушке, и электромагните из-за сопротивления и вихревых токов, и т.д.).

Из-за чего у такой системы будет значительный саморазряд. Так как если на каждом цикле теряется, скажем 1% энергии, то учитывая частоту импульсов, которая вытекает из скорости расширения плазмы после прекращения подачи разряда, и составляет приблизительно 1 импульс раз в 20 наносекунд или быстрее, то система потеряет за 1 микросекунду почти половину запасенной энергии (частота в 1 импульс раз в 20 наносекунд нужна если давление 10000 бар, и диаметр плазменного канала 5 мм).

Но если каждый цикл добавлять дополнительную энергию в систему, которая не только покроет потери, но превысит их, то это позволит накопить в плазме энергию. В добавок учитывая частоту импульсов, заряжать систему тоже получится довольно быстро. Все упирается только в возможности конденсатора.

При этом так как потери в процентном соотношении, то по мере увеличения энергии с каждым циклом потери будут увеличиваться в абсолютном значении, пропорционально суммарной накопленной энергии системы. И рано или поздно потери энергии сравняются с сообщаемой дополнительной энергией в систему, и ее накопление прекратиться.

Отсюда бесконечно так накапливать энергию не получится, но при этом максимальная емкость такой системы будет пропорциональна дополнительной сообщаемой энергии. То-есть чем больше энергии вливается на каждом цикле, тем больше энергии можно запасти в системе.

И этот же способ позволяет регулировать, сколько энергии будет в системе. То-есть достаточно ограничить энергию подкачки, и энергия в системе будет ограничена пропорционально энергии подкачки.

После можно подать разряд через снаряд, замкнув два канала, и высвободив накопленный потенциал.

И хоть это пока только гипотезы, потенциально в будущем можно будет вообще отказаться от рабочего конденсатора и накапливать заряд в самой плазме, а после высвобождать его при выстреле. Причем высвобождать весь и очень быстро (за наносекунды и быстрее). Это позволит за короткое время разгонять снаряд до огромных скоростей вплоть до десятков тысяч километров в секунду.

При этом рабочий конденсатор будет выполнять функцию высокотоковой батареи, которая перезаряжает плазму между выстрелами.

Скажем, если происходит 10 выстрелов в секунду, то на накопление энергии есть 0.1 секунда. Этого времени достаточно, что бы конденсатор мог работать в штатном режиме, и даже современные ионисторы подойдут для такой задачи (в них энергии будет хватить примерно на 10 выстрелов).

При этом если повесить их емкость хотя бы до уровня литий-ионных батарей, существующих на сегодняшний день (а в лабораториях уже есть подобные образцы графеновых конденсаторов, если верить статьям), то сменная батарея для пистолета, которая дает ему энергию на 30 выстрелов по 1кДж каждый, будет занимать размер пары спичечных коробков и легко поместиться под стволом, как на том концепт-арте.



Минус такой системы в том, что-либо нужно удерживать плазму “заряженной” длительное время, а это большие потери, либо перед совершением выстрела будет происходить задержка, так как сначала нужно будет накопить заряд, а уже потом высвободить. Но в зависимости от мощности источника энергии (конденсатора), задержка может быть небольшой (десятые доли секунды или даже меньше).

При этом можно будет “заряжать” систему для мощного выстрела. Как в компьютерных играх, когда зажимаешь кнопку, и чем дольше держишь, тем сильнее выстрел. Тут будет так же. Можно зажать, и энергия начнет накапливаться. И накопиться ее может в несколько раз больше, чем способен отдать конденсатор. Ну а после при отпускании вся высвободиться на выстрел.

Зачем это нужно, если можно поставить просто помощнее конденсатор?

Конденсаторы, как я говорил, это всегда дилемма о трех стульях, где либо емкость, либо токоотдача, либо напряжение. Так как для большей емкости нужны тоньше пластины, и, как следствие, у них выше сопротивление. Отсюда если выбирать конденсатор, который позволяет сделать как мощный выстрел, так и обычный, то его энергоемкости хватит, условно, на 10 обычных выстрелов. Но если взять конденсатор, у которого мощности хватает только на обычный (из-за ограничений по токоотдаче) то в нем энергии поместиться уже на 20-30 обычных выстрелов из-за его большей емкости.

Отсюда, если мощные выстрелы делать нужно не часто, есть смысл сделать систему, что может накапливать энергию.

При этом речь сейчас не идет о выстрелах на мегаджоули и возникающей в соответствии с ними отдаче. Можно сделать, например, пистолет, который в обычном режиме делает выстрелы по 400 джоулей, но в “заряженном” варианте может выстрелить на 3000 джоулей. Для пистолета 3000 джоулей – это больно, но возможно.

Аналогично с винтовкой. В обычном режиме она может иметь энергию пули 2000 джоулей и прицельную дальность 600 метров. В усиленном – 6000 джоулей, и дальность 1200 метров или улучшенное бронепробитие. При этом она не жертвует боезапасом и не становится от этого в разы более тяжелой и крупной, как винтовки на больший калибр.

В добавок скорость зарядки/накачки такого плазменного конденсатора ограничена лишь мощностью источника энергии. То-есть если источник энергии имеет нулевое сопротивление и бесконечную силу тока, то никакая накачка не нужна в принципе. Но в реальности таких технологий не существует. Отсюда накачка – это способ увеличить энергию выстрела ценой небольшой задержки перед ним, не увеличивая при этом мощность конденсатора (мощность конденсатора – это количество энергии, которую он способен выдать за единицу времени).

И можно балансировать между временем задержки, энергией выстрела и мощностью/энергоемкостью источника энергии.

То-есть потенциально накачку стоит использовать всегда. Просто в одном случае это будет накачка буквально нескольких импульсов, стабилизирующих плазменный канал перед прохождением основного разряда, и занимающих микросекунды, что вообще не будет ощущаться для стрелка. А в другом случае это может быть длительная накачка с целью получить большую энергию выстрела в маленьких габаритах устройства и при слабой мощности конденсатора (длительная – это не секунды, а миллисекунды, потому что саморазряд большой).

Так же можно сделать систему с четырьмя плазменными каналами, например, где накачка происходит парами. И тогда в момент выстрела два канала используют запасенную в них энергию,

а два других берут энергию непосредственно с конденсатора. Подобная конструкция может упростить процесс накачки.

\*\*\*

Но правда разгон снаряда до первой космической за 50 сантиметров длины ствола сопряжен с некоторыми сложностями. А именно – с перегрузкой, которая будет на сколько большой, что он превратиться в наэлектризованную пыль.

Отсюда нужно как-то решить проблему перегрузки. И сделать это можно несколькими способами.

Первый и самый очевидный из них, это разгонять снаряд равномерно. Что бы магнитные силы действовали на все атомы снаряда плюс-минус с одной силой. Но этот способ довольно сложный в реализации, так как что бы этого достичь, плотность заряда по всему снаряду должна быть примерно одинакова.

Да, потенциально можно сделать проводящую оболочку, и использовать скин-эффект за счет высокой частоты импульсов, и тогда заряд будет только на оболочке, и получится такая капсула, внутри которой находится содержимое, и разгонять будет эту капсулу. Но нужно добиться равномерного тока и напряжения на этой оболочке, а это потребует создания переменной толщины оболочки и сложных симуляций. Таким образом, в теории это возможно, но на текущий момент это сложная задача.

Второй вариант, это распределять усилие между разными силами, что действуют на снаряд. Ну условно тянуть его за переднюю часть, через которую проходит дуга, при этом подталкивая в зад лазером, плазменным поршнем или плазменной пружиной. Тогда передняя часть не будет “вплющиваться”, а задняя при этом не будет отрываться, так как ее подталкивают. При этом что бы промежуточный участок не разрушался, его можно поддерживать за счет проходящего через снаряд заряда (который идет к затвору в схеме с плазменной пружиной).

И это простой и доступный вариант, и так система и будет работать автоматически, просто нужно сделать токопроводящий пояс как можно ближе к передней части (на 1/3 от длины снаряда, например). Эскиз такого снаряда я рисовал выше, когда рассказывал про разгон лазером.

Я думаю, что такой вариант позволит увеличить максимально возможное ускорение в 2-3-5 раз. В теории, конечно, по такому методу можно придать снаряду любое ускорение. Но на практике из-за неравномерности сил будут возникать локальные деформации, которые в итоге сломают снаряд.

При этом из-за того, что система работает в импульсном режиме, можно динамически менять ускорение, подстраивая его на разных участках, что позволит достигать больших скоростей с меньшими нагрузками на снаряд.

Еще один вариант, это попробовать удерживать атомы снаряда вместе при помощи той же электростатики и магнитных сил, которые сжимают плазму.

То-есть можно сжимать снаряд при помощи разрядов. И если выбрать схему с перекрестными разрядами, то можно получить сжатие снаряда в нужных направлениях.

Например, схема с плазменной пружиной позволит сжимать снаряд в продольном направлении, а схема с перекрестными разрядами или классическая, в поперечном (но сжимать они будут немного по-разному).

Отсюда если сделать не два плазменных канала, а три и более, можно будет обжимать снаряд со всех сторон, не давая развалиться.

Причем этот способ удобен еще и тем, что сила сжатия снаряда пропорциональна силе, что разгоняет его (перегрузке), так как эти две силы создаются одним и тем же разрядом.

Хотя так можно случайно или намеренно получить плазмострел. То-есть стрелять сжатыми сгустками плазмы.

При этом такой сгусток может не терять своей целостности даже после выстрела, и удерживаться за счет резонансных явлений.

То-есть, например, в ствол закладывается расходник, который в последствии станет плазменным снарядом. При выстреле этот расходник испаряется из-за перегрузки и больших токов, и лазера (его размер подбирается так, что бы он полностью испарился лазером), из-за чего получается плотный сгусток плазмы, которая сжимается мощными разрядами, и одновременно с этим разгоняясь.

На начальных этапах развития технологии этот режим можно использовать в качестве не летальной пугалки, что стреляет на пару десятков метров ионизирующим сгустком и выбивает электронику. И ее можно применять, например, против дронов. При этом даже если дрон не упадет, это вырубит его камеру.

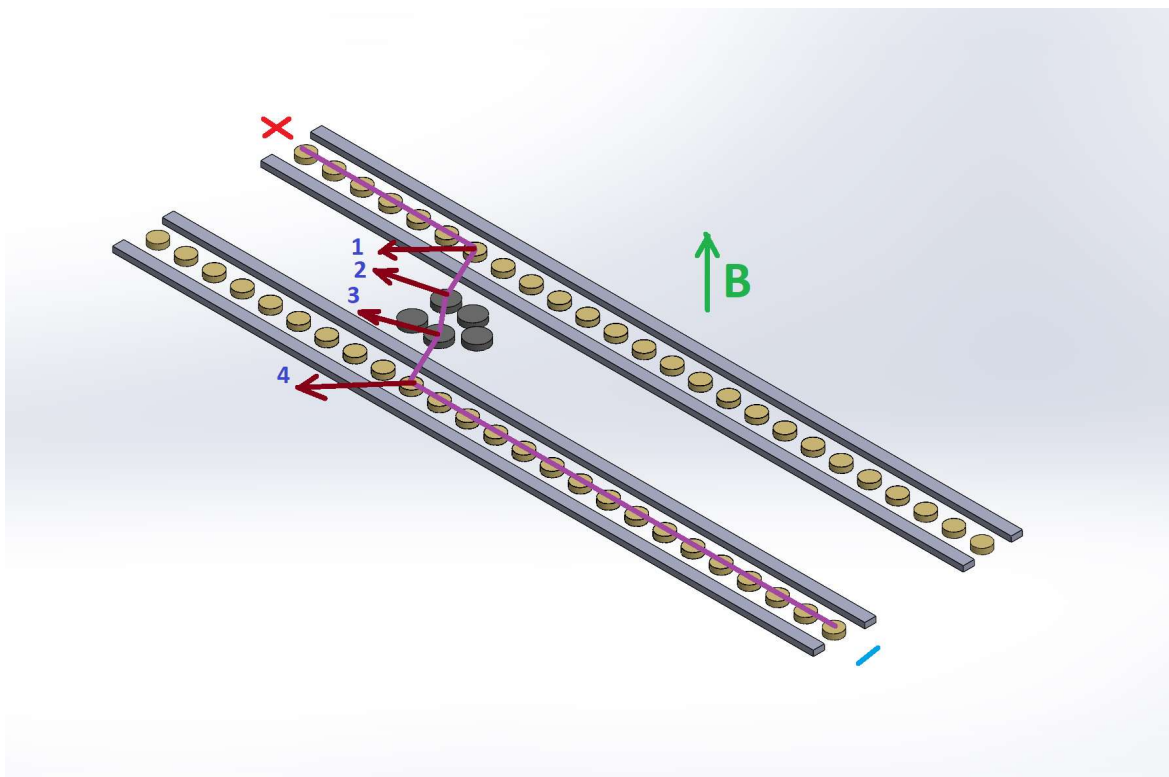
А если такое попадет в человека, то максимум что будет, это “воздушный” удар и слегка обгоревшие волосы на открытых участках тела. Ну при условии, что не целиться в глаза (плазма глазам ничего не сделает, но там же еще лазер, и он может повредить сетчатку).

В дальнейшем же с развитием технологии можно получить плазменный сверхплотный плазменный снаряд с большой энергией и бронепробиваемостью, которому могут быть не страшны даже электромагнитные поля. Так как если использовать два встречных разряда одновременно, можно получить магнитно нейтральный сгусток, с нулевой суммарной ионизацией.

Также, как я говорил, при определенных условиях можно закручивать снаряд при выстреле, и с плазмой можно сделать то же самое, закрутив так, что бы получилось динамическое удержание.

Плюс электростатический разряд или лазерный луч может следовать за этим плазменным сгустком, во-первых, удерживая его, а во-вторых, придавая ему дополнительное ускорение, и получится уже не просто плазменный снаряд, а плазменное копье (плазменный луч).

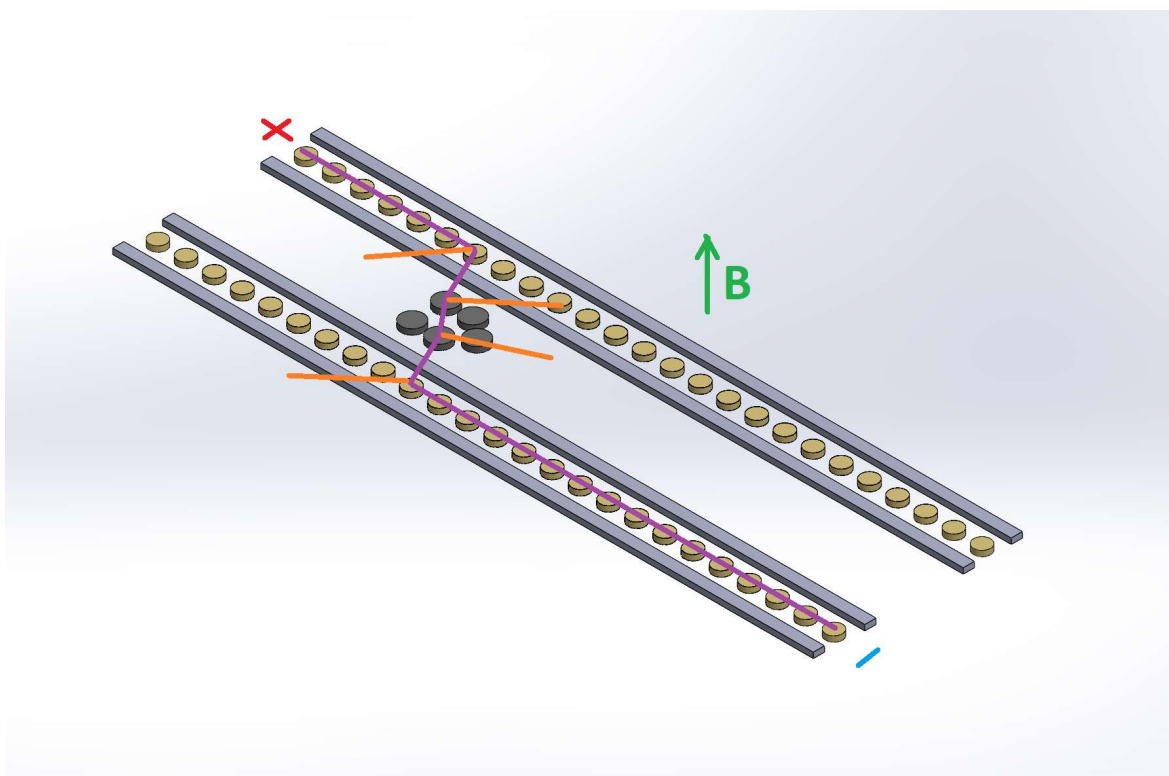
Что бы понять, как будет удерживаться снаряд, рассмотрим схему, где снаряд разделен на несколько частиц:



На этой схеме я так же нарисовал плазму в каналах в виде частиц.

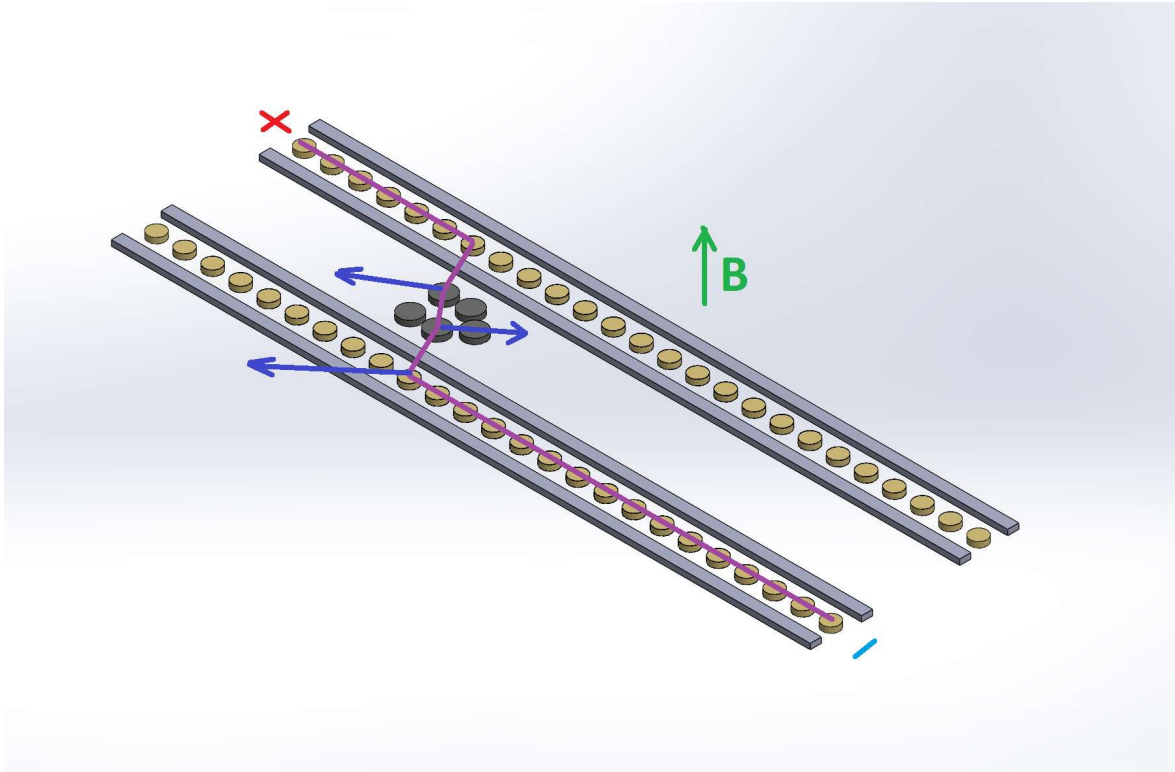
Как мы видим, если мы нарисуем силу Лоренца, то она будет действовать назад, но под разными углами, в зависимости от того, как проходит дуга.

Но если теперь попробовать нарисовать вектора импульсов, то они будут направлены вот так:



И как видно, в снаряде сила Лоренца и импульс уравниваются друг друга.

При этом если рассмотреть снаряд, разделив его на части, и нарисовать импульсы для каждой частицы снаряда, то получится вот так.



Как видно здесь импульсы направлены на пересечение центральной оси.

Если теперь отразить схему зеркально для второго встречного разряда, то получится, что плазма сжимается относительно центральной оси.

Но в добавок к этому, как видно, заряд проходит почти перпендикулярно оси. И такой заряд сам по себе может сжимать плазму в радиальном направлении. То-есть при таком положении заряда получится плазменный диск, через центр которого он проходит.

Что бы получить более-менее сферический сгусток, нужно сделать не два плазменных канала, а три и более (с тремя каналами будет треугольный плазменный снаряд).

Если сюда добавить еще и плазменную пружину из схемы с плазменной пружинной, то можно получить сжатие или растяжение в осевом направлении. Так же в осевом направлении можно сжимать плазму при помощи лазера.

И таким образом будь то плазма или снаряд, можно их удерживать при помощи тех же разрядов, что отвечают за их разгон, что позволит достигать огромных скоростей за короткий промежуток времени, не боясь перегрузки в сотни миллионов G.

---

Будет ли при этом самоподдерживающееся магнитное поле в этом сгустке я не знаю, но теоретически его можно создать. И тогда такие сгустки будут летать очень далеко и обладать большой бронепробиваемостью, так как плотность у них может быть огромной, гораздо выше, чем у металлов, из-за чего будет выше удельная энергия. И в добавок так как они “в целом” магнитно нейтральные, то им будет плевать на электромагнитные поля щитов.

Если продолжать сжимать и нагревать этот сгусток дальше, можно получить сверхплотное вещество, похожее на то, из которого состоят нейтронные звезды.

После произойдет распад и кварк-глюонную плазму. И если использовать рекуперацию энергии, то потенциально это позволит создать реактор, который превращает 98% массы в энергию.

Если сжимать еще дальше, то такой схеме можно сжать плазму до такой степени в зоне выстрела, что получится небольшая черная дыра.

То-есть при такой схеме можно стрелять черными дырами, которые летают с около световой скоростью. При этом черная дыра будет образовываться именно в точке пересечения разрядов, так как плотность каждого разряда по отдельности будет ниже, чем суммарная плотность в точке их пересечения.

Ну а если по каждому из путей разряда пустить по встречному разряду с обратной полярностью (сзади наперед, то есть на встречных разрядах поменять полярность между затвором и концом плазменного канала), то можно создать статичную черную дыру.

Именно так у меня в романе создаются черные дыры нулевой массы, что используются для связи. Так как гипотетически, если запутать две черные дыры (квантовая запутанность), то можно получить между ними червоточину. Физический (материальный) объект, обладающий массой покоя, через эту червоточину пройти не может скорей всего (мне так кажется), но вот информация, у которой нет массы покоя, может. Из-за чего можно создать “телефон” на базе черных дыр нулевой массы, созданных при помощи вот такой схемы сжатия.

При этом эту “твердую плазму”, что образуется, можно даже перемещать, при помощи отдельного контура, управляющего разрядами, которые будут ее передвигать. Можно ли двигать черную дыру после того, как она сформировалась, я не знаю. В теории да. Но принцип будет другой. Возможно, ее можно будет толкать при помощи электромагнитного излучения, или можно будет дать ей массу, к которой она будет тянуться, что бы ее сожрать. То-есть создать участок плазмы рядом с ней, в направлении которого она начнет двигаться.

Но проводить сей опыт на планете я бы не рекомендовал. Как и вблизи нее. Потому что если Хокинг ошибся, и черные дыры не испаряются в том виде, в котором он считал, а испаряются в том виде, в котором считаю я. То такая черная дыра, будучи созданной и случайно “уроненной” начнет жрать массу-материю, притягиваясь к ней, из-за чего начнет расти, и в итоге сожрет не только планету, но и солнечную систему.

\*\*\*

Но это еще не весь потенциал концепции.

Как я уже говорил, при выстреле в плазменной струне может быть очень большая температура. А температура – это не что иное, как характеристика скорости частиц.

И отсюда, если плазму сделать, допустим, из бора-11 и водорода, то при протекании разряда может случиться реакция ядерного синтеза.

Это, в свою очередь, позволит получить миниатюрный ядерный реактор, который еще и относительно безопасный, так как продукты реакции – три атома гелия. Ну безопасный если не считать тормозного рентгеновского и мягкого гамма-излучения, что может получиться при той температуре, на которой будет происходить реакция.

В итоге такая реакция будет высвобождать быстрые ионизированные частицы гелия, которые при движении в магнитном поле будут создавать ЭДС в катушках, и эту энергию можно собирать для следующего выстрела, что сильно уменьшит расход энергии из батарей.

При обычном выстреле как не увеличивай КПД, затрачиваемая энергия никогда не будет меньше, чем энергия снаряда. То-есть если задача получить энергию снаряда 6 кДж, то даже с КПД в 100% все равно придется затратить 6 кДж энергии с батарейки. Меньше просто никак (именно из-за этого нет смысла бороться за высокие проценты КПД).

Если же получится инициировать ядерную реакцию, пусть даже не эффективную и слабую, то можно будет получить выстрел с энергией снаряда 6 кДж, затратив, например, только 4 кДж с батарейки, что в обычных условиях просто не возможно.

Понятно, что в базовом варианте это будет не прям супер эффективный ядерный реактор, и затраты на проведение такой реакции будут выше, чем выход энергии (при этом основные потери будут как раз в виде излучения). Но эти затраты и так и так происходят при прохождении дуги. Так почему бы теплотери не использовать для инициализации ядерных реакций, если это позволит уменьшить затраты энергии на выстрел. Причем уменьшить в “отрицательную сторону” сделав систему “сверхединичной” в плане преобразования затрачиваемой энергии в полезную работу.

И в зависимости от того, на сколько сильной и эффективной будет ядерная реакция, можно дойти до того, что с батарейки затрачивается, например, 2 кДж, получается выстрел на 6 кДж, и в батарейку за счет рекуперации возвращается 2.2 кДж. То-есть батарейка будет с каждым выстрелом только подзаряжаться. И тогда в такой системе можно будет отказаться от подзарядки батареи, и сделать ее не съемной.

Но даже если эффективность будет низкая, все равно это имеет смысл. Так как тратить меньше энергии, а получать больше – всегда приятно.

Понятно, что в результате реакции будет трансмутация плазмы, и она будет из водородно-бариевой становиться постепенно гелиевой. Но плазма и так расходуется каждый выстрел и почти полностью заменяется, и нет большой разницы, вылетает из ствола водород + барий или гелий, который получился в результате их реакции.

При этом это будет контролируемая реакция. Так как ядерный синтез происходит только при определенных условиях. Это не ядерный распад, который фиг остановишь после того, как он запущен. То-есть только в момент выстрела будет происходить синтез небольшого количества частиц. Причем от выстрела к выстрелу количество реакций будет плюс-минус одинаковым, если параметры выстрела и плазмы не меняются.

Например, если взять, 18 кубических сантиметров плазмы (объем плазменных каналов в воображаемой винтовке), которая состоит из бора-11 и протия (обычный водород), то если в реакцию вступит 0.1% вещества (одна тысячная), выделится около 674 кДж энергии. Это энергия 50мм зенитки времен второй мировой войны.

А если брать ручную винтовку, то при такой дульной энергии у пули .308 калибра скорость будет выше 11000 метров в секунду (вторая космическая). А у .338 калибра выше 9000 метров в секунду. То-есть это будет ультимативная вундервафля, прошивающая бронетранспортеры насквозь (то, что стрелок сделает сальто от отдачи или ему плечо оторвет, и то, что снаряд сгорит в воздухе, пока не берем в расчет).

Да, для такого маленького объема 0.1% вещества, что вступит в реакцию, это очень оптимистичный прогноз, и в реальности такие цифры будут в лучшем случае у крупной артиллерии с большими плазменными каналами. Да и в персональных винтовках это малоприменимо в ядерных реакциях из-за тормозного излучения в гамма и рентген спектре. Но, тем не менее, потенциально это имеет смысл как минимум по той причине, что бы не таскать с собой вагон батареек. Особенно в контексте крупных систем.

В добавок реакция между протием и бором-11 низко эффективная по удельной энергоемкости. Для ее инициализации нужно затратить много энергии, а выход будет небольшим. И есть более эффективные виды ядерного топлива. Например, если инициировать реакцию тория и дейтерия (легко-тяжелый синтез) то в результате выделиться в 10 раз больше энергии. Но проблема – это нейтронное излучение.

Причем насчет нейтронного излучения. Оно будет даже в таких якобы “чистых” реакциях, как реакция гелия-3 и дейтерия. Потому что не только гелий с дейтерием будет вступать в реакцию, но и дейтерий с дейтерием (у них примерно одинаковые условия для активации реакции), в результате чего с 50% вероятностью будет получаться тритий и нейтрон. А нейтронное излучение максимально опасное без экранирования, потому что оно активирует окружающую среду. При этом экранирование нормальное сделать на мобильных системах невозможно с текущим уровнем экранирующих материалов.

Можно, конечно, гелий-3 и протон сталкивать, но эти реакции пока слабо изучены. Хотя это будет попроще, чем заставить реагировать протон и бор-11. Но в результате гелия-3 и протона получается два дейтерия, а они опять же могут реагировать между собой с образованием нейтрона, или создавать тритий, который начнет реагировать с дейтерием при более низких температурах, и опять будет создаваться нейтрон.

Что касается крупных систем, где не страшно нейтронное излучение, то в них в качестве “топлива” для плазмы можно использовать тяжелые спирты. Это такие спирты, в которых вместо водорода тритий или дейтерий.

Когда такой спирт распадется на атомы, получится водородно-углеродно-кислородная плазма, где водород будет вступать в реакции, углерод улучшит электропроводность, ну а кислород просто “балластный”, который после реакции будет связывать углерод до углекислого газа.

Можно конечно использовать и гидрид углерода (метан, этан, бутан, и так далее), и это будет эффективно, особенно если это бутан или пропан, так как сжижаются они при относительно небольшом давлении и комнатной температуре. Но “фишка” спирта в его “запаковке”, так как он относительно стабилен и прост в хранении, в добавок обладает достаточно высокой плотностью. Что позволяет хранить его просто в жидком виде, и подавать в виде паров в канал, где он будет ионизироваться и превращаться в плазму лазерным пробоем, а после, при увеличении температуры, распадаться на атомы.

Гидриды есть смысл использовать в качестве “топлива” для плазмы, в случае если нужна плазма тяжелых металлов, например, для легкотяжелого синтеза. Тогда можно использовать гидрид урана или тория.

Ну а если говорить о “топливе” для синтеза бора с водородом, то можно рассмотреть  $\text{NaBH}_4$ , который относительно стабилен и быстро разлагается. Его можно использовать в качестве вкладки в снаряд в схеме с плазменной пружиной, где реакция будет происходить в зоне плазменной пружины.

— — —

При этом, чтобы инициировать реакцию, достаточно просто подобрать параметры плазмы и разрядов. То-есть никаких дополнительных элементов добавлять в конструкцию не нужно. И потенциально в будущем это позволит создать систему, которая дополнительно получает энергию в самом плазменном канале из ядерных реакций. И на подобном принципе работает артиллерия в моем романе.



В добавок если использовать резонансную схему накопления энергии в плазме, которую я описывал ранее, то если в каждый цикл сжатия плазмы в ней будут происходить термоядерные реакции, это позволит брать энергию из термоядерных реакций, а не из конденсатора.

То-есть в такой системе нужно запустить цикл, и энергия в системе будет увеличиваться и накапливаться до тех пор, пока энергия, получаемая с ядерных реакций на каждом цикле, не сравняется с энергией потерь на каждом цикле. Тогда система войдет в линейный режим и будет так работать, пока не закончится топливо, либо пока не перегреется, если не будет охлаждения.

Только в отличие варианта с плазменным конденсатором, тут энергия браться не из внешнего источника, а из внутреннего (реакций). Внешний же источник энергии будет использоваться только для запуска процесса. Отсюда батарейка в такой системе никогда не разрядится, так как ее можно заряжать при каждом цикле накопления энергии. Достаточно будет нажать кнопку, и батарея подзарядится.

Например, можно сделать конденсатор на полтора выстрела, и систему, где сначала проходят несколько импульсов для стабилизации канала (проходят вдоль каналов), потом происходят несколько накачивающих импульсов, но во время этих импульсов инициируется реакция в плазменных каналах, и часть энергии из этой реакции возвращается в конденсатор, восстанавливая его заряд для следующего выстрела. После система продолжает инициировать циклы с реакциями, накачивая энергией плазму и используя ее как плазменный конденсатор, и потом только происходит выстрел.

При этом все это на самом деле произойдет довольно быстро. За условно за 60-100 циклов. Которые по 10 наносекунд каждый. То-есть за одну микросекунду. И задержка будет минимальной.

И это позволит в разы сократить размеры и потребности в батареях и т.д. Особенно для больших систем, таких как артиллерия и т.д. Что в свою очередь освободит место для других вещей.

Но сложность тут в том, что реакция должна быть сверхединичная. Но это на самом деле решается уменьшением потерь на каждом цикле. Если на каждом импульсе потери будут всего 10-20%, то даже если реакция выделяет только 20-30% от энергии импульса, что нужен для ее протекания, это позволит все равно накапливать энергию.

---

При этом если вы сейчас подумали, что это же можно сделать мини ядерный реактор, у которого подается 10 кДж в виде разряда в плазму, и в результате реакции выделяется 100 кДж энергии. то да, когда-нибудь так и будут работать "чистые" реакторы, которые можно будет ставить хоть на велосипед, хоть на экзоскелет, хоть на прыжковый ранец. И так у меня в романе они и работают. И потенциально одна "трубочка" на 30 см длиной и 5 см в диаметре, может выдавать более мегаватта энергии в час. Концепт такого реактора я описываю в отдельном приложении.

\*\*\*

Также если получится разогнать снаряд достаточно сильно, то можно получить реакцию при столкновении его с броней.

Если взять боеприпас, внутрь засунуть капсулу из урана-235, например, а в эту капсулу засунуть тритий и дейтерий под большим давлением, и сделать снаряд деформируемым, то при ударе о броню такой снаряд сплющится, капсула сожмется, и произойдет адиабатическое сжатие трития с дейтерием, вследствие чего начнется реакция ядерного синтеза.

В результате реакции выделяться нейтроны, что запустят реакцию деления урана-235, которым покрыта капсула. В результате чего будет мини термоядерный взрыв на несколько мегаджоулей. Один мегаджоуль это 240 грамм тротила.

Например, мегаджоуль получится, если в качестве катализатора реакции использовать капсулу диаметром 0.3 миллиметра и 12 микро грамм урана. Но понятно, что прореагирует не все, а в лучшем случае пару процентов вещества. Отсюда диаметр капсулы можно сделать полтора миллиметра и взять 0.25 миллиграмм урана. И эффект от попадания таким боеприпасом будет как от взрыва килограмма тротила.

Что бы реакция произошла, нужна скорость снаряда около 25 километров в секунду (из условия адиабатического сжатия капсулы). Но если увеличить начальное давление и температуру тритий-дейтериевой смеси, то скорость снаряда может быть поменьше. Причем реакция будет инициироваться только при контакте с тем, что снаряд не может пробить.

Но при такой скорости бронепробитие у такого снаряда будет на сколько высоким, что он будет пробивать пару метров бетона, и по принципу действия будет похож скорее накумулятивный заряд, который продавливают броню струей расплавленного металла.

В добавок такие боеприпасы максимально безопасны. Это не бомбы, которые могут взорваться от неправильной транспортировки. Это не снаряды, которые могут сдетонировать от попадания в них. Это просто условные “гвозди” с водородом внутри. Причем как в маленьком, так и в большом размере. И ни при каких условиях им ничего не будет. И даже если в них попадет такой же гвоздь, они сами не сдетонируют.

Да, конечно, в реальности запустить цепную ядерную реакцию в таком размере сложно, так как нейтроны скорее всего просто не столкнутся с атомами урана, и пролетят на вылет. То-есть в лучшем случае будут единичные реакции синтеза и/или деления. По крайней мере без специальных катализаторов. Но это лишь концепция.

—

При этом для маленьких снарядов не нужно даже инициировать реакцию. Так как даже если энергия пули одинакова, эффект будет разный в зависимости от скорости.

Например, тяжелая, но медленная пуля, такая как .308 калибр на скорости 800 метров в секунду, просто пройдет на вылет. А если прилетит в броню, то ее энергия распределится на всю броневую пластину. Но если же вместо нее будет маленькая пулька, скажем, такая, как в 22LR, которая движется со скоростью 2200 метров в секунду, то при попадании в цель, если это броня, то произойдет взрыв, и броня скорее всего будет пробита за счет эффекта, похожего накумулятивный.

То-есть то, что пулька разрушится от контакта с броней, не означает, что ее не пробьет.

Если же такая пулька попадет в что-то, что она может пробить (будь-то дерево или желе), то она просто сгорит от трения, высвободив всю энергию, и это будет похоже опять же на взрыв. При этом если это будет жидкость, то она вскипит из-за кавитации, что приведет к паровому взрыву.

\*\*\*

Но только это все не будет работать все равно. И причина тому – сопротивление атмосферы, где при такой скорости снаряд просто сгорит до того, как долетит до цели (25км в секунду – это две вторых космических скорости). И это главная проблема кинетического оружия.

То-есть большого смысла в оружии, что разгоняет снаряд до нескольких километров в секунду, нет. По крайней мере в атмосфере. И таким образом потенциально скорость снарядов не

изменится. Просто система будет работать на других принципах, где можно лучше и точнее контролировать силу выстрела.

Но сопротивление атмосферы можно уменьшить. Например, можно создать канала разряженного воздуха при помощи лазера перед выстрелом.

Лазер может как ускорять, так и замедлять молекулы, и при определенных условиях он может их ускорять в определенном направлении, и замедлять в другом. В добавок если создать ионизированную плазму, то атомы плазмы будут отталкиваться друг от друга, потому что в плазме ионы в основном заряжены положительно, из-за чего между ними возникают силы отталкивания. А так как центр плазмы в центре луча, то, следовательно, плазма будет “разбегаться” от центра луча, тем самым будет уменьшаться количество частиц на пути снаряда вплоть до того, что получится почти вакуумный канала.

И таким образом можно короткой вспышкой лазера создать ионизированный канал, по которому будет двигаться снаряд. Что упростит его выход из ствола, а так же сильно уменьшит звуковую и ударную волну, из-за того, что перед стволом, по сути, создается подобие вакуума.

Потом, когда снаряд выйдет из ствола, этот же лазер направить в заднюю часть снаряда, сделать фокусирующую линзу, которая будет собирать излучение и пропускать через снаряд по специальным каналам (полый волновод) и выпускать из передней части, где этот лазер так же создаст разряжение перед снарядом. При этом лазер все время будет сопровождать снаряд (светить ему в задницу).

Фокусирующая линза к тому же имеет смысл потому, что луч с расстоянием расходится, светить будет не четко сзади, а по большей части немного с боков. Связано это с самофокусировкой в среде.

Если взять обычный лазер в вакууме, то если на старте его диаметр пусть 1мм, то через несколько километров уже несколько десятков сантиметров. Причем расширение луча связано с длиной волны, а не способности линзы к фокусировке. То-есть какая бы совершенная линза не была, диаметр луча с расстоянием будет увеличиваться просто из-за дифракции света.

Описывается угол расходимости формулой:

$$\theta \approx \frac{\lambda}{\pi D}$$
$$\theta \approx \frac{\lambda}{\pi D}$$

Где  $\theta$  – угол расходения луча в радианах,  $\lambda$  – длина волны,  $D$  – начальный диаметр луча.

И как видно, единственный вариант сделать, что бы луч сильно не расходился, это сделать его большого диаметра, так как диаметр в знаменателе. И таким образом, что бы сфокусировать луч на снаряде на расстоянии пары километров, нужно сделать начальный диаметр луча в пару метров, что абсурдно и невозможно в контексте рассматриваемого устройства.

Но потенциально есть способы получить меньше расходимость. В вакууме это сложное фазирование, и, как следствие, усложнение конструкции, но в атмосфере это самофокусировка за счет плазменного канала, что получается при прохождении лазера через среду.

Плазменный канал, что получается, при определенных условиях может вести себя как полое оптоволокно. Связано это с тем, что у него разная плотность в радиальном направлении от центра наружу. Из-за чего, из-за эффектов градиентной рефракции, луч будет “отражаться” от более плотного слоя, стремясь в центр. Так что в теории подобные лазерные технологии возможны.

А в предлагаемой концепции плазменный канал автоматически будет за снарядом, так как он создается перед ним для уменьшения сопротивления. Отсюда его даже не нужно будет создавать. Достаточно только поддерживать, что бы он не “схлопнулся” под действием атмосферного давления.

Но если мощность лазера больше критической, то луч автоматически будет поддерживать плазменный канал (режим Керровской нелинейности). Что позволит эффективно вести снаряд на всем пути до цели на сотни километров.

В добавок из-за эффекта преломления, самофокусировки и поддержки плазменного канала, этот канал даже не обязан быть прямым. То-есть можно будет стрелять по баллистической траектории, тем самым забрасывая снаряды за горизонт на сотни и даже (потенциально) тысячи километров. Что без этих эффектов было бы невозможно, так как луч просто бы светил по прямой, игнорируя кривизну поверхности планеты, и что бы забросить снаряд хотя бы на сотню километров по прямой траектории, нужно было бы поднимать орудие высоко над землей.

Потенциально это вообще позволит стрелять на пол планеты или себе в спину, так как если скорость у снаряда достаточно большая (первая космическая), то при отсутствии сопротивления среды он сможет облететь землю.

При этом в нужный момент его можно “уронить”, слегка замедлив скорость об атмосферу путем уменьшения ионизации канала.

---

Так же снаряд может быть спроектирован так, что если он отклоняется от линии, по которой светит лазер, то лазер смещается на фокусирующей линзе, перераспределение энергии смещается, давление перед снарядом перераспределяется, и он возвращается на нужный курс.

То-есть снаряды с таких пушек могут летать не только по параболической траектории, но и четко по прямой. Ну во всяком случае до тех пор, пока их ведет лазер, и до тех пор, пока у них хватает энергии на то, что бы подруливать. Так как понятно, что на это “планирование” тратиться энергия.

При этом мощность такого лазера не высокая. Вернее, она очень высокая (мегаватты или даже гигаватты) но в течении пикосекунд. И он работает короткими вспышками, ионизируя воздух перед снарядом не на всей траектории, а на каком-то участке.

Если снаряд движется со скоростью около 30 км в секунду, то, что бы ионизировать участок перед снарядом на несколько десятков метров, нужно сделать несколько тысяч таких вспышек в секунду. И суммарно на сопровождение выстрела будет уходить всего несколько десятков ватт энергии для больших артиллерийских систем (учитывая, что время полета снаряда не будет превышать несколько секунд).

В добавок отклоняя лазерный луч, можно управлять траекторией полета снаряда, что позволит поражать движущиеся цели.

Разумеется, маневренность будет не высокая, и при каждом маневре будет тратиться много энергии просто на нагрев. Но на дистанции снаряд сможет отклоняться на метры или даже десятки метров.

Что бы получить более маневренные снаряды можно трансформировать излучение в микроволновое, тем самым получая больше энергию излучения в зоне снаряда. Микроволновое излучение с точки зрения передачи энергии от источника (лазера) до снаряда не лучшее решение, так как много энергии будет теряться в атмосфере. Особенно если снаряд далеко. А вот если в снаряде преобразовать ИК излучение в микроволновое, то это позволит эффективней воздействовать на ближайшую зону вокруг снаряда.

То-есть от источника до снаряда используется лазер с той длиной волны, которая меньше всего поглощается в атмосфере. В нашей атмосфере это ближний ИК диапазон и видимый свет (красный). Далее в снаряде происходит преобразование длины волны в сторону микроволнового излучения, или в сторону жесткого УФ и рентгена. Микроволны эффективно рассеиваются в атмосфере, из-за чего с их помощью можно “отталкиваться” от газа, и управлять снарядом, в то время как УФ и рентген диапазон эффективно ионизирует атмосферу, тем самым уменьшая ее сопротивление. Но не то, ни другое, не эффективно передавать на снаряд.

Отсюда передавая на снаряд энергию в виде ИК излучения, а после преобразовывая в другие два типа излучения, можно балансировать между маневренностью и снижением сопротивления атмосферы. Более того, можно делать и то, и другое одновременно.

Делать это можно испуская жесткое излучение вперед и ионизируя атмосферу, создавать спереди и вокруг снаряда вакуумную зону. И в то же время при помощи микроволнового или электромагнитного излучения отталкиваться от плазмы, что вокруг снаряда, толкаясь как бы вбок. Это не будет замедлять снаряд, но будет менять его траекторию.

---

Но знаете, что самое крутое в этой концепции с лазером?

То, что он уже есть. Причем ровно такой, как надо. Сверхмощный, работающий короткими импульсами (так как выстрел импульсный). Все, что нужно, это пропускать импульсы не через снаряд, а вдоль каналов. Но и этот режим тоже уже имеется в наличии, так как используется в начале для стабилизации плазменных каналов при первичном пробое.

Более того, после выстрела давление плазмы в плазменных каналах падает, из-за чего у нее повышается светимость. И повышается она вплоть до того, что 90% энергии может уходить в свет и ЭМИ. И только 10% в тепло. ЭМИ при этом не проблема, так как оно рекуперируется и заворачивается назад в разряд. И таким образом КПД такого лазера может быть 80-90%.

Все, что нужно, это заткнуть перепускные каналы в ствол, чтобы плотность плазмы не падала больше нужного, и на этом все. Заткнуть их можно подав затвор чуть вперед. При этом лазер и так по концепции светит через затвор, из-за чего он будет светить из ствола прямо в зад снаряду.

То-есть все, что нужно, это после того, как снаряд покинул ствол, продолжать подавать импульсы, держа при этом ствол в направлении цели.

Да, разумеется, это не все прям так просто, и нужно будет подобрать мощность лазера, длину волны, частоту импульсов. Но это возможно.

---

Ну ремарка. Это не лазерное оружие. Лазерное оружие – это чушь из кинематографа. В реальности в чистом виде лазер в качестве оружия применяется только для атаки на очень богатых, но не очень умных инвесторов из высшего военного руководства. И максимум на что годиться, это выжечь чувствительные приборы или чьи-то глаза.

Это плазменные копья могут прожигать дыры и разрезать что угодно вдоль и поперек. Но плазменное копье относится к кинетическому, а не энергетическому типу систем по способу воздействия.

Но при этом лазер – это вспомогательная система, которая имеет множество полезных применений. Уже сейчас лазеры во всю используют для наведения на цель. В моей же концепции лазер используется для снижения сопротивления атмосферы и управления снарядом.

Аэродинамические поверхности при этом использовать невозможно, так как они очень сильно увеличат сопротивление и усложнят снаряд. Да и они просто отвалятся, как и система, что управляет ими. Потому что эта система должна быть в снаряде. А если разгонять снаряд до 30 км в секунду, и длина ствола – 3 метра, перегрузка будет 15 миллионов G. А это перегрузка, при которой может начаться ядерная реакция от давления одной части снаряда на другую. Отсюда снаряд должен быть максимально простой и прочный.

При лазерных системах же все управление находится в пушке. В то время как снаряд – просто дешевая композитная болванка с парой “стеклышек” и вплавленным волноводом, который из себя может представлять полый сапфир, например.

Но если в наряде нет механики и электроники, как преобразовывать ИК излучение лазера в рентген и микроволновое излучение?

Это можно делать чисто на физике кристаллов. Есть такие штуки, как нелинейные кристаллы. Это всякие соединения, которые могут, скажем, удваивать частоту излучения. Установив несколько таких подряд, можно получить из ИК излучения микроволновое (кристаллы с фотон-поляризационными эффектами, плазменные преобразователи). Так же есть кристаллы, что позволяют получить из ИК излучения ультрафиолетовое (нитрид бора, борнокислый калий, литий-ниобат) и так далее.

Что касается схемы управления, то сделать ее можно максимально просто. Допустим на задней части снаряда фокусирующая линза. Если лазер светит в центр линзы, то свет проходит через систему, укорачивающую длину волны, и создающую тем самым УФ излучение, которое идет вперед снаряда. Если луч чуть смещается вбок относительно центра, то он автоматически попадает на зону, где находится система преобразования ИК излучения в микроволновое, которое направлено не вперед снаряда, а в стороны.

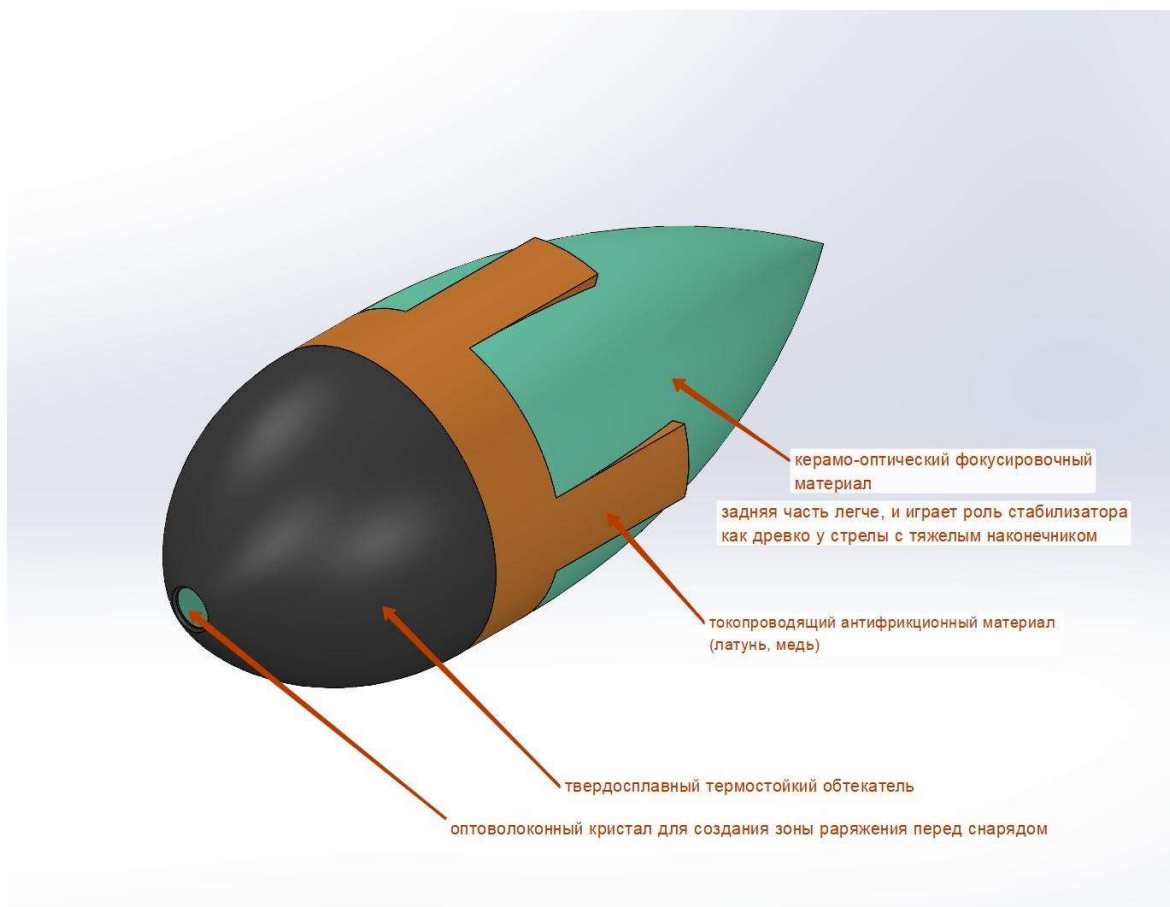
И если луч сместится вправо относительно фокусирующей линзы, линза направит его в зону, где происходит генерация микроволнового излучения. Причем из-за того, что луч воздействует на эту зону не равномерно, то и распределение излучения будет неравномерное. И оно начинает толкать снаряд вправо, в сторону, куда сместился луч.

Но только ремарка. Это не наведение по отраженному лучу. Снаряд подруливает так, что бы находиться по центру луча, что светит ему в задницу. При этом энергию для этих маневров он берет из этого же луча. То-есть луч не цель подсвечивает, а чертит линию, по которой старается следовать снаряд.

И никакой механики, электроники или чего-то подобного. Только чистая магия (физика).

---

Вариант, как может выглядеть снаряд:



Внутри так же может быть кристалл для преобразования и излучения.

Фокусирующая линза такой формы, так как из-за диаметра плазменного канала, который сразу после снаряда в принципе не может быть меньше диаметра снаряда, лазер будет приходить в снаряд не четко сзади, а слегка с боков.

При этом снаряды такие делать можно при помощи 3д печати, где все сразу собирается в нужную конфигурацию, и внутри все нужные зоны и части “вмурованы” в общую оболочку, и сварены друг с другом. Что сделает производство снарядов простым и дешевым. Так как даже если внутри сложная разветвленная структура кристаллов, для 3д печати — это не проблема. И более того, это не какие-то технологии будущего. Все это доступно прямо сейчас.

При этом обратите внимание, что система, снижающая сопротивление атмосферы и управляющая снарядами, и система, что использует лазер для испарения закладной части в задней части снаряда для придания ему дополнительной энергии, это одна и та же система. Отличается только тип снаряда и то, будет система работать только при выстреле, или будет сопровождать снаряд после выстрела.

\*\*\*

И таким образом можно представить баллистическую систему, которая управляет полетом снаряда на всей траектории до цели, при этом делает это с пускового устройства, стреляя тупо болванками, и корректируя их курс на десятки или даже сотни метров, тем самым без труда поражая не только неподвижные, но и движущиеся цели.

И это не считая того, что такие снаряды не будут бояться сопротивления атмосферы, и смогут летать с космическими скоростями.

Это будет второй “золотой век” артиллерии. Ракетное же оружие станет применяться по большей части в качестве “систем доставки” там, где нужна высокая маневренность или сложная механика поражающей части.

Но это ремарка для тех, кто считает, что в будущем артиллерии не будет, а космические линкоры и дредноуты, это сюр.

\*\*\*

Но, помимо этого, так как снаряд в виде болванки, способной выдерживать огромные перегрузки, он такую систему можно применять для сбития даже баллистических боеголовок.

Боеголовка межконтинентальной баллистической ракеты пикирует на цель со скоростью около 5-7 километров в секунду. При этом некоторые из них могут маневрировать, из-за чего их очень сложно сбить ракетным оружием.

Но из-за того, что у них внутри сложные системы, что нужны для детонации заряда, перегрузка, которую они способны выдерживать, ограничена.

Отсюда в теории можно их сбивать при помощи управляемых баллистических снарядов, запуская их с земли. Скорость такого снаряда потенциально может быть выше 10кмс, и маневренность будет выше, чем у боеголовки.

Плюс если взять и внезапно отключить лазер, то можно получить дополнительный эффект.

Например, если сделать снаряд экспансивным, и в определенный момент отключить лазер, что создает плазменный канал, то при ударе об атмосферу он может разлететься в облако осколков, движущихся с огромной скоростью по расходящемуся конусу. И это, гипотетически, может поразить баллистическую боеголовку.

Да, я знаю про ложные цели, про время на реагирование и про вот это вот все. Но я говорю про концепцию и противодействовать ядерному оружию нужно другими методами, которые заключаются в показательной казни всех, кто хотя бы заикнется о возможности его применения в военных целях. Об этом я пишу в другой книге.

Также, если скорость снаряда достаточно высока, то можно получить протяженный атмосферный взрыв, если отключить создание плазменного канала.

Например, у меня в романе артиллерия стреляет снарядами со скоростью вплоть до 120км/с и выше. Правда для таких скоростей ускоритель имеет длину как корпус полукилометрового дредноута, и грубое наведение происходит поворотом всего корабля (но там уже другие технологии для того, что бы снаряд мог выдерживать перегрузку при разгоне).

Пока такой снаряд ведется лазером, и перед ним создается разряженный плазменный канал, он летит быстро и далеко. Но если вдруг отключить лазер, сопротивление атмосферы будет такое, что снаряд высвободит всю энергию в окружающее пространство (120км в секунду, это 10 вторых космических скоростей, или 0.04% от скорости света, это скорость быстрых метеоров).

Для снаряда массой 1кг выделившаяся энергия будет эквивалентна 1.7 тонны тротилового эквивалента. Но в артиллерии снаряды потяжелее, кил по 10-50, и энергия, соответственно, будет эквивалентна 20-80 тоннам тротилового эквивалента. А это уже энергия небольшого атмосферного тактического ядерного взрыва.

Но только ядерный заряд высвобождает энергию в точке, а здесь же энергия будет высвобождаться не в моменте, а растянуто по времени (в течении 10 миллисекунд, например), и растянуто по длине, так как снаряд же движется по прямой.



То-есть “взрыв” будет в линию, если можно так выразиться, и длина этой линии будет от сотен метров до километров, зависит от параметров снаряда, того, из чего он сделан, и параметров атмосферы. Что сделает последствия не столь разрушительными, как от точечного атмосферного ядерного взрыва. При этом это позволяет сносить целые линии эшелонированной обороны или укрепрайоны. Отсюда в будущем в постройку линия Мажино никто не инвестирует и война по большей части маневренная и мобильная, либо с применением щитов и других передовых средств защиты. Ну и подобное оружие в стационарном исполнении мало смысла имеет, но как главный калибр какого-то космического дредноута вполне можно сделать (до космических дредноутов тоже недалеко, я описываю концепцию двигателя-реактора нового типа в другой части книги).

Плюс при такой скорости от трения создается высокоэнергетическая плазма на передней части снаряда, которая создает мощный ЭМИ импульс на всем пути следования снаряда. Отсюда если пускнуть снарядом, а после отключить его сопровождение лазером в нужный момент, то не только бахнет, но и выбьет электронику.

Но что бы это работало, нужно создавать плазменный канал на пути снаряда не за один раз, а импульсами на небольшое расстояние (скажем, на десятки или сотни метров вперед), что бы можно было, отключив импульсы, воткнуть снаряд в атмосферу. И именно нужно пропускать лазер через снаряд, а не создавать канал заранее. Ну а через снаряд пропускать для того, что снаряд создает тень для луча.

\*\*\*

Но лазерные каналы, конечно, имеют и свои минусы. При большой энергии после выстрела можно получить светящийся луч в атмосфере, который отлично демаскирует оружие. Формата:



Плюс очень важно сопровождать снаряд на всем пути следования. Отсюда лазерное уменьшение сопротивления хоть будет и наиболее эффективным способом это сделать, но при этом применять его можно только на стационарных орудиях, которые могут эффективно вести снаряд на всем пути следования к цели (орудия космической или наземной артиллерии, снайперские системы и т.д.).

Особенно учитывая, что снаряд, движущийся на скорости, меньше первой космической, будет преодолевать 100км за 25 секунд примерно. И все это время его надо сопровождать. А меньше первой космической потому, что иначе без сопротивления атмосферы такой снаряд просто улетит на орбиту.

Но тогда возникает проблема с персональным оружием и авиацией.

Авиация не может вести лазером снаряд на всем пути, так как регулярно маневрирует. А пистолет с энергией пули в несколько килоджоулей, да еще и с лазерным генератором внутри, который не выбивает зубы стрелку отдачей, а ведет пулю этим лазером, это, конечно, забавная концепция, но маловероятная.

Отсюда персональное оружие изменит принцип работы, но скорости снарядов будут не сильно отличаться от текущих. Либо плазменный канал будет создаваться перед выстрелом.

То-есть сразу разряды пропускаются вдоль плазменных каналов, создается мощная световая вспышка, которая создает ионизированный канал. После происходит выстрел, и в момент разгона снаряда вспышки так же создают канал в направлении его вылета. Но после выхода из ствола снаряд просто следует по ранее созданному каналу.

Это позволит уменьшить сопротивление на несколько сотен метров, что сильно увеличит энергию на близких и средних дистанциях. Но так как плазменный канал не стабилен без поддержки, и схлопывается под действием давления атмосферы, дальше он схлопнется и снаряд начнет резко замедляться.

Отсюда можно использовать два типа боеприпасов. Медленные и тяжелые, которые летают как обычные пули и разгоняются лазером благодаря испарению закладного вещества на задней части. А так же легкие, быстрые и очень точные, которые обладают большой энергией и бронепробитием и движутся в плазменном канале, но недалеко.

А если сделать второй тип боеприпасов экспансивным, то можно получить “кинетический дробовик”, где снаряд при “ударе” об атмосферу рассыпается конусом на осколки. Но не как у обычного дробовика сразу при выходе из ствола, а через 200-300 метров полета. Что позволит сбивать дроны с безопасной дистанции до того, как они приблизятся. Особенно учитывая, что из-за большой скорости снарядов и прямой траектории полета, из-за того, что они движутся в плазменном канале, который идеально прямой из-за лазера, будет легко рассчитывать упреждение и поражать движущиеся цели.

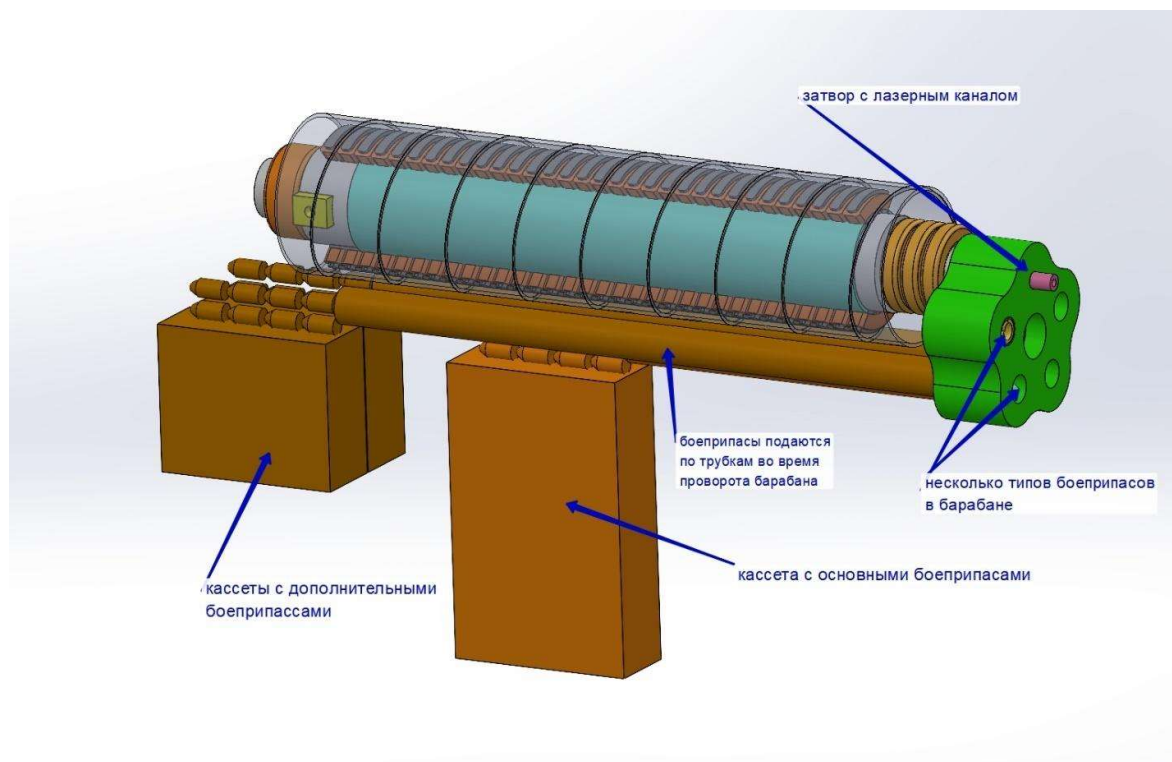
При этом дистанция, на которой происходит разлет на конус, определяется длиной ионизированного канала. А он, в свою очередь, определяется количеством лазерных импульсов перед выстрелом. То-есть не нужно программировать снаряды и устанавливать замедлитель на какое-то время, как в классических баллистических зенитных системах.

То-есть, потенциально, “умный” прицел сможет на базе нескольких первых выстрелов “на лету” корректировать дальность, на которой происходит разлет осколков. И достаточно будет начать стрелять в направлении дрона, и третий-пятый выстрел его сойдет. Особенно если учесть, что, как я говорил, снарядом в канале ствола можно немного управлять, отклоняя его от центральной оси за счет магнитных полей.

При этом если брать обычный боеприпас с испаряемой вкладкой, то вся энергия пойдет на разгон снаряда. А если брать снаряд с линзой, то на создание лазерного канала. Из-за чего потенциально первые будут менее энергозатратны при той же энергии снаряда. И можно будет гибко выбирать снаряды прямо “на ходу”.

В добавок если сделать затвор барабанного типа с трубчатой подачей, то можно вообще сделать три отдельных кассеты со снарядами, три трубки и три слота в барабане. Где всегда есть нужный снаряд. И таким образом смена типа снаряда и переключение режима огня будет делаться просто поворотом барабана на небольшой угол.

Выглядеть схема может условно вот так:



Где основной тип боеприпасов в зоне простой смены кассеты, а дополнительные там, где есть место для них.

---

Но схема ведения снаряда или создания перед ним плазменного канала заранее на несколько сотен метров эффективна для персонального оружия или стационарных систем. Но что делать с мобильной техникой и авиацией, которым важна и дальность, и бронепробитие, и точность, и в то же время отсутствие необходимости следить за снарядом и “вести” его до цели, так как это мешает маневрированию.

Для них можно попробовать сделать снаряды, которые сами себе создают плазменный канал, беря энергию, например, из пьезоэлектрических и статэлектрических покрытий, нанесенных на него. Чтобы энергия получалась при трении снаряда о воздух и об магнитные поля, создаваемые плазмой, в которой он движется.

Еще они могут запасать энергию в плазме, что содержится внутри снарядов и работает как плазменный конденсатор, а после излучает ее в виде света в жестком спектре, который используется для лазерной ионизации среды.

В добавок если сделать снаряд магнитно прозрачным, то двигаясь в плазменном канале пролетающие мимо частицы плазмы будут взаимодействовать с частицами плазмы внутри него, из-за чего температура плазмы внутри будет сохраняться (часть кинетической энергии снаряда будет переходить в энергию плазмы).

При этом снаряд будет не так сильно замедляться от этого, как от того, если бы он просто тормозился об атмосферу. В добавок он не будет разогреваться, и не сгорит.

Но подобная система будет требовать создание самоиндуцирующихся магнитных полей, что бы плазма внутри снаряда не расплавила его. Плюс нужно все равно будет придумать систему, которая бы не нагревала снаряд, а охлаждала его. В теории это возможно за счет лазерного

охлаждения, если так подобрать длину волны лазера, что бы она совпадала с резонансной частотой материала, из которого состоит внутренняя поверхность капсулы с плазмой.

И таким образом гипотетически возможно сделать снаряд, который сам себе создает вакуумный канал, да еще и охлаждается. Хотя на практике до этого еще далеко.

Причем потенциально это может быть самоподдерживающаяся и самостабилизирующаяся система. Так как чем больше плотность плазмы вокруг снаряда, тем больше “разогрев” плазмы внутри, и тем сильнее излучение и ионизация. Это в свою очередь приводит к уменьшению количества частиц вокруг снаряда, снижению их воздействия на плазму внутри, охлаждение последней, снижение излучения и увеличения количества плазмы вокруг снаряда.

При этом, само собой, такой снаряд будет замедляться. Но потенциально он будет замедляться намного меньше, чем просто при трении об атмосферу, что увеличит дальность. В добавок у него будет в меньше нагрев, что увеличит максимально возможную скорость.

---

Если это космическая артиллерия, то от наземной ее отличает только тип снаряда. То-есть наземная артиллерийская система и космическая – это одно и то же. Просто на земле она ведет снаряд, а в космосе нет.

При этом логично что в космосе энергия выстрела выше будет при прочих равных, так как в атмосфере лазер используется для снижения сопротивления, а в космосе для придания дополнительной энергии через испарения закладной части в снаряде.

Хотя в космосе тоже можно управлять снарядом при помощи лазера, но для этого нужно специальные снаряды делать, отклоняющиеся за счет выброса плазмы, и самофокусирующиеся лазеры, что бы их вести на тысячах километров. Но это технологии не близкого будущего. Как минимум потому, что нужно сначала построить космический дредноут (как это сделать я описываю в книге “космософия” где предлагаю новый тип двигателя-реактора, что позволит создавать такие космолеты).

\*\*\*

Но и это еще не все.

Лазер в системе - это по своей сути лазерный дальномер. И если установить приемник на винтовке, то можно прямо перед выстрелом по первой вспышке (которая инициирует лазерный пробой плазменных каналов), определять дистанцию до цели, и после получить корректировку силы выстрела прямо в момент выстрела (при помощи встроенной автоматической системы коррекции). Ну вернее вспышка будет не одна, а несколько подряд. Но это не суть важно.

Плюс уже сейчас есть лазерные методы определения ветра, плотности атмосферы и количество частиц в ней (пыли, влаги и т.д.), что может повлиять на снаряд при полете. Причем это можно измерять на всей длине до цели.

Это работает на эффекте Допплера, изменении и сдвиге частот. Углубляться в это не буду. Кому нужно, сам разберется, как это работает. Суть в том, что потенциально можно построить градиентную карту ветров, сделав несколько таких вспышек перед выстрелом.

И никто не отменял спектральный анализ. Что позволяет определить даже примерный состав атмосферы при помощи лазера.

При этом все это - одна система. То-есть нет никаких задержек и длительного времени анализа и расчетов. Между первой вспышкой и началом разгона снаряда может проходить несколько

микросекунд. Причем лазер тоже один просто несколько приемников (лазерный фонарь широкого спектра, где есть основной спектр, куда уходит большая часть мощности, например, это ИК спектр, и вспомогательные, и остальной спектр, для анализа).

Так, например, 5 км свет проходит примерно за 16 микросекунд. Что бы сделать измерение, лазерный луч должен слетать до цели, и вернуться. Отсюда если цель на расстоянии в 5км, то на это понадобится всего около 50-100 микросекунд (учитывая, что вспышек несколько, одна за одной, и измерение считается от начала испускания первой, до момента, когда вернется последняя). А время пули в стволе, как я говорил, 1 миллисекунда, условно, что в 10 раз больше, чем 100 микросекунд.

При этом “лазерный фонарь широкого спектра” получится сам собой. Так как плазма потенциально может излучать во всех спектрах, с уклоном в нужный, если подобрать ее состав. Ну а если состав плазмы будет меняться между выстрелами или из-за изменения температуры, и спектр будет смещаться, то это не проблема. Все, что нужно, это просто проводить измерение не только возвращенного луча, но и отправляемого, то-есть проводить не абсолютные изменения спектра, а относительные, и вносить корректировки в получаемые данные.

Так можно даже температуру и состав краски цели выяснить. Вплоть до того, что не стрелять в надувные цели. И если система с барабанным затвором, то можно сделать замер, после повернуть барабан на нужный снаряд, и провести выстрел соответствующим типом снаряда и с соответствующими параметрами выстрела. Причем на все про всей пройдет меньше 0.1 секунды.

Это выведет снайперские системы на совершенно новый уровень.

Лично мне кажется, что особенно эффективна такая система будет против не самых быстрых (дозвуковых) дронов.

Почему против дронов? Потому что если говорить про средства поражения и нападения, то сейчас в них нет дефицита. А вот что касается систем защиты, то с ними проблема. И особенно нет средств защиты против маневренных автономных дронов. Сейчас их еще нет, но думаю очевидно, что через десяток лет будет куча видов маневренных дронов, которые сами по себе по камере будут преследовать цель, заходить в уязвимые зоны, и наносить удары. И им будет плевать на средства РЭБ и прочие подобные системы.

А классические системы ПВО против них не эффективны либо по причине низкой точности, либо по причине экономической не эффективности.

Плюс такая система на основе лазера может эффективно “проверять” цель перед тем, как открывать огонь, что не может делать обычный радар (лазер может работать как лидар). То-есть радар выявляет цели, система на них наводится буквально за доли секунды (сервоприводы сегодня быстрые), делает проверку лазером, и дальше принимает решение, это реальная цель, представляющая угрозу, ложная обманка, или просто какая-то птица, которой не повезло оказаться не в том месте не в то время.

И даже потенциально “рой дронов” против нескольких таких систем не будет представлять проблему, так как “дропопад” будет по несколько дронов в секунду. Причем сбиваться будут ближайшие. Отсюда что бы атака роем была эффективной, нужно будет отправлять по несколько штук на каждую такую систему. Причем одновременно.

---

Но не только лишь летальные режимы можно сделать.

Также лазер в теории можно использовать в качестве резака. Понятно, что на долго его не хватит, так как объем энергии ограничен, но если подключить внешний источник энергии, можно получить лазерный резак.

В добавок лазер - это не летальная система ослепления. Да и его можно использовать просто как фонарик, который светит на пару километров узким лучом. Что может быть полезно в некоторых случаях. Например, можно получить ИК подсветку, позволяющую подсветить объект на расстоянии вплоть до десятка километров, и наблюдать его в оптику с ИК камерой.

Так же из оружия можно сделать электрошокер. Достаточно вывести электроды, что подают управляющий разряд, на передний край ствола, упереть ствол в кого то, и шваркнуть его разрядом, который не летален. А если выпустить немного плазмы перед этим, то такой разряд будет без проблем проходить через одежду. Про стрельбу плазмой я уже писал.

И это все – не нагромождение систем, а одна единственная система, у которой лишь немного отличается алгоритм управления и тип боеприпаса (или вообще его отсутствие) в каждом из режимов. То-есть режим меняется просто “с кнопки”. Или даже автоматически, если система интеллектуальная.

И таким образом только вдумайтесь, что можно получить оружие, которое эффективно на средней, ближней и дальней дистанции. В добавок может стрелять картечью вблизи, и вдале (кинетический дробовик с разлетом снаряда в воздухе). Может пробивать броню с сотен метров, или закидывать снаряды за несколько километров. Может “стрелять” лазером, выжигая оптику и чувствительные приборы. Может стрелять световыми выстрелами и ионизирующей плазмой на короткие дистанции. И может просто разрядом шваркнуть какого-то пьяного зеваку, что лезет куда не надо.

## **Резюме**

В итоге финальная идея выглядит так:

Ствол из фокусирующего материала (искусственный сапфир или другие материалы). Далее напротив плазменных каналов преобразовывающее и направляющее свет покрытие, и все это сверху завернуто в зеркало. Это часть лазера, который выполняет несколько функций, таких как лазерный пробой плазменных каналов, испарение твердого вещества для восполнения плазмы, и помощь в разгоне снаряда за счет испарения вещества с его задней поверхности.

Далее идет слой магнитов, которые выполняют несколько функций. В первую очередь замедляют частицы плазмы и снимают ЭДС с движения и пульсации плазмы, а во вторую, помогают в разгоне снаряда.

И сверху это все завернуто в катушку-конденсатор в несколько слоев (несколько обмоток) которая тоже выполняет несколько функций, таких как экранирование и преобразование ЭМИ в ЭДС, и питание магнитов и/или запуск управляющих разрядов.

Помимо этого есть разные схемы пропускания разряда, такие как перекрестная схема, классическая, схема с плазменной пружиной, и продольная схема, где сила Ампера/Лоренца не используется вообще (когда разряды идут вдоль каналов), или комбинированные схемы, которые позволяют как обжимать снаряд, не давая ему разваливаться, так и одновременно с этим делать его магнитно положительным, магнитно отрицательным, или нейтральным.

---

Использование комбинированной (гибридной) схемы, где применяются все принципы, имеет смысл не только в плане увеличения КПД, но и для того, что бы разгрузить каждую отдельную часть системы.

Так, например, если использовать только лазер и давление плазмы, это увеличит нагрузку на ствол, и может его разорвать, а это, в свою очередь, приведет к необходимости укрепления ствола, и, как следствие, увеличения габаритов и веса. А если использовать только силу Лоренца/Ампера, то увеличит нагрузку на плазму, сделает сложнее ее удержание, что увеличит потери и уменьшит стабильность системы. В добавок будет много энергии уходить в тепло.

Плюс, когда в запасе 3-4-5 сил и принципов, можно гибко настраивать систему под любые задачи, условия, типы боеприпасов, причем “на лету”, просто меняя параметры тока, напряжения, или состав плазмы.

Так же в комбинированной схеме каждый компонент выполняет по две и более функции, что увеличивает эффективность системы и уменьшает количество компонентов, сводя все к простой монолитной или многослойной конструкции, технологичной в производстве.

Плюс, при комбинированной схеме можно получить высокое КПД системы в целом. Так, например используя ЭМИ рекуперацию при помощи высокочастотного трансформатора из катушки-конденсатора, можно вернуть более 90% энергии, и того суммарные потери на ЭМИ составят около 5%.

Аналогично с видимым светом. Коэффициент светопропускания некоторых материалов доходит до 99%. Это значит, что только 1% от всей энергии, что выделяется в виде излучения, будет непосредственно теряться. Остальная же будет выполнять полезную работу.

При этом если взять каждую конкретную систему по отдельности, например тот же лазер. То у него будет не высокий КПД, так как много энергии уйдет в тепло. Но тут тепло – это не потери. Так как нагрев увеличивает давление плазмы. И в итоге получается, что суммарные потери всей системы могут быть около 20% (та энергия, которую не удалось рекуперировать или использовать, например энергия остаточного давления и температуры плазмы при выстреле).

Что потенциально позволить приблизить КПД системы вплоть до 80%. Больше маловероятно получится выжать. Но особого смысла в увеличении КПД выше 80% нет, так как то, будут потери 20% или 10% особо роли не сыграет. Это будет лишь означать, что для того, что бы провести выстрел на 8 кДж энергии снаряда, нужно затратить условно не 10 кДж, а 9 кДж. Но как видно, разница не в 2 раза, а в пределах 10%. И чем выше КПД, тем меньше эта разница будет в процентном соотношении.

Давление плазмы, например, можно уменьшить или увеличить через сопротивление. Например, сузив дугу и увеличив плотность плазмы, можно получить меньше сопротивление за счет меньшей дистанции свободного пробега электронов.

Что бы сузить дугу, можно использовать направленное магнитное поле или пинч-эффект от прохождения разряда.

То-есть можно частично управлять тем, как много энергии уходит в тепло (и, как следствие, в давление), какой толщины будет дуга, как много энергии уходит в излучение, и как много – в силу Ампера или Лоренца.

При этом, разумеется, выбрать один вариант нельзя. То-есть балансировка будет в пределах нескольких процентов. Ну из разряда, что изначально 25% уходит в ЭМИ, 25% в видимый свет, 25% в тепло, и 25% в силу Ампера. И при желании можно сделать, что бы в ЭМИ уходило 15%, а в тепло 35%, увеличив ток, и уменьшив напряжение. Но сделать 0 на 50% не получится.



То-есть получается вечная дилемма о двух стульях. Только в случае с плазмой сидеть придется сразу на всех. И можно лишь выбирать на каком из них больше. Но как я уже сказал, это скорее плюс, чем минус, так как можно будет “на лету” менять параметры выстрела под разные условия, разный тип боеприпаса и так далее.

---

Так же что касается расчетов. Нужно строить модель, которая методом последовательных приближений определяет оптимальную зависимость всех параметров, где есть:

Где, например, задана длина плазменного канала, длина разряда и т.д. Нужно определить количество импульсов, диаметр дуги. Так же учесть, какое будет время дуги и энергия дуги (одного импульса дуги), и посчитать удельное сопротивление плазменного канала, и определить может ли дуга с таким током вообще проходить через него, или будет ограничение мощности из-за сопротивления плазменного канала или потери стабильности канала.

При этом учитывать, что с изменением параметров дуги и плазмы (ее плотности, давления, температуры, сопротивления) меняется светоизлучение и ЭМИ. Из-за чего меняется мощность лазера. И нужно учитывать какой диаметр волновода нужен исходя из мощности лазера. При этом диаметр лазера должен быть не больше диаметра дуги.

Так же нужно учитывать давление и сжатие плазмы, а после ее отскок между импульсами, что в итоге скажется на протяженности и частоте импульсов, а это в свою очередь потянет за собой все остальные параметры. Так как если импульсы будут недостаточно длинные, и не достаточно сожмут или нагреют плазму, то она выйдет из режима квазисверхпроводимости, и все рассыплется.

При этом нужно плазму вводить в это состояние поэтапно. То-есть первые несколько импульсов будут для создания такого состояния плазмы (скорей всего вдоль каналов, а не через снаряд).

И потом считать это в динамике, ведь с каждым последующим импульсом длина дуги меняется, так как снаряд движется по стволу. А так же учитывать то, что с каждым импульсом напряжение снижается, так как источник напряжения – это конденсатор, у которого по мере разрядки падает напряжение. Из-за чего нужно учитывать текущее напряжение и корректировать параметры продолжительности импульса.

В добавок учитывать, что плазма будет менять свое давление и плотность (общие), и это будет тоже в динамике. Так как плазма в каналах будет расширяться в ствол, что уменьшит ее плотность. Но в то же время в стволе будет плазмообразование за счет испарения лазером, что будет увеличивать плотность плазмы в стволе и в задней части каналов. Плюс плотность будет неоднородной скорей всего.

И это я еще не сказал про катушку-конденсатор и магниты. Плюс плазменную нестабильность, нелинейность падения напряжения на конденсаторе и т.д. Из-за чего нужно будет использовать адаптивное управление импульсами.

Технически это все запрограммировать и отдать машине на симуляцию можно уже сейчас. Формулы все есть (а те, которых нет, можно вывести из существующих). Просто нужно внимательно, что бы все учесть и ничего не забыть.

В результате получится напряжение рабочего конденсатора, частота импульсов, их продолжительность, требуемый ток, диаметр плазменного канала и лазера и т.д. и можно будет строить систему.

Но понятно заниматься этим за бесплатно я не планирую. Учитывая потенциал технологии, такая работа стоит миллионы. Более того, я не планирую заниматься этим сам. Я не программист, что бы писать симуляторы. Я концептуалист. Для таких задач я буду привлекать людей, которые это умеют делать. Отсюда мне нужны инвестиции.

И это несколько миллионов условных единиц только на построение модели симуляции. Еще несколько на то, что бы ее проверить на прототипах малой мощности, и внести корректировки. Финальная система потребует 10-100 миллионов. И это не система оружия, а система принципов, методов и расчетов, на основе которой уже можно создавать оружие, реакторы и другие детали.

\*\*\*

Ну и нельзя не сказать об экономической составляющей. Потенциально себестоимость винтовки, не считая стоимость разработки, будет не более 300 условных единиц. Сапфировый ствол стоит от силы сотню условных единиц. Остальное еще дешевле, так как там медная проволока и фольга... Системы управления, микропроцессоры и т.д. на текущий момент стоят тоже ерунду.

### **Потенциал технологии**

Ну и я хочу заметить одну важную вещь. Я не изобретаю оружие. Я делаю игрушку. Сложную и интересную инженерную игрушку у которой есть огромный потенциал в других сферах.

Да, это можно использовать как оружие. Но как оружие можно использовать вообще что угодно. Нож для овощей от холодного оружия отличается лишь его местоположение. Если он на доске для нарезки лежит, то это полезный инструмент, если между ребрами торчит, то холодное оружие.

Да и не оружие убивает людей, а люди. Не будь винтовок, люди стреляли бы из луков, не будь луков, били бы друг друга камнями и тыкали палками.

Более того. Оружие – это не ужасная вещь, а прекрасная, в моем понимании. Оно двигает другие технологии, и другие технологии двигают его. Ужасная вещь – это те, кто его применяют для убийства случайных людей. Причем именно для убийства случайных людей, которым не интересно играть в эти игры, а не для убийства друг друга. Это пускай. Ведь, чем больше тех, кто стреляет друг в друга, тем меньше тех, кто стреляет друг в друга. Пусть развлекаются в свое удовольствие в своем зоопарке. Главное, что бы в других не стреляли.

Да и самые ужасные твари на планете не держат в руках винтовки, и тем более не изобретают их. Они держат в руках шариковые ручки, издают законы, которые легитимизируют и даже поощряют террор и геноцид, а так же отдают приказы тем, кто держит в руках винтовки, наказывая, если последние откажутся его выполнять. Фактически, делая заложниками и тех, кто стреляет, и тех, в кого стреляют.

Никто из тех, чьи решения, действия и политика привели к самым темным главам в истории человечества, не бегали с винтовками по полям и не стреляли в людей. Те же, кто держит винтовки, лишь биороботы. И без разницы, держат они винтовку или камень.

Отсюда я не вижу проблемы в том, что бы изобретать нечто такое. Потому что-то, является это веселой игрушкой, интересной инженерной системой или оружием, определяется не конструкцией, а тем, кто держит это в руках. Мартышка мартышку и без винтовки прекрасно убивает. Да и гранату обезьяна может привязать к чему угодно. Хоть к собаке, хоть к дельфину, хоть к дрону, хоть к другой обезьяне.

В добавок как вы видите у этой концепции огромный потенциал (по крайней мере я надеюсь, что видите). Как известно, большинство современных технологий, от интернета и мобильной связи до

реактивных самолетов — это все военные технологии. Да и получить инвестиции на столь масштабный проект проще, если предложить не только мирное, но и военное применение.

А когда эта штука заработает, создать из нее реактор прямого съема будет элементарно. Что означает, что не нужны никакие котлы, паровые турбины и прочий стимпанк, так как энергия выводится из реактора не в виде тепла, а сразу в виде электричества.

Причем этот реактор не будет требовать сложных систем управления. Он будет простой и понятный (электрошокер, конденсатор, плазменная лампочка со специальным покрытием, обернутая в электромагнит, все).

Например, представьте энергетический элемент формата “ядерная батарейка” размером как лампа дневного света, длиной 50см, и диаметром 5см. В нем содержится плазма из трития и дейтерия под давлением в 20 бар (20 атмосфер).

Если прореагирует треть вещества, то выделится около 50МВт энергии. Я считаю треть вещества, так как если не удалять продукты реакции, то по мере того, как их будет образовываться все больше, реакция будет замедляться и ухудшаться, и эксплуатировать на полную такие энергетические элементы смысла мало.

На одном таком топливном элементе типовой электрокар может 6 раз объехать экватор. Или этого хватит на полтора часа полета аэробуса А380. А еще это столько, сколько среднее домохозяйство тратит за 5-10 лет.

А если заменить плазму на водород-урановую, то в таком топливном элементе будет в 10 раз больше энергии. То-есть одна такая “лампочка” позволит слетать аэробусу А380 с Нью-Йорка в Пекин.

А если заменить на водород-боровую, то получится “чистый” реактор без нейтронного излучения, который можно устанавливать в персональные автомобили, экзоскелеты, велосипеды. Во все времена новый скачок прогресса начинался с нового способа преобразования энергии. Но сейчас способов хватает, а источников нет.

Причем такой реактор еще будет и недорогой. Себестоимость одного такого реактора может быть всего несколько тысяч условных единиц. А топливо вообще условно бесплатное будет.

Ну а разговоры про нефть, газ и уголь в контексте энергоносителей просто не будут существовать. Это будет на сколько же нелепо, как обсуждать лошадей в качестве средства для перевозки грузов сейчас.

Правда если такая штука появится “внезапно” - случится коллапс мировой экономики, а вместе с этим начнут сыпаться социальные и политические институты, и начнется такой кризис, что великая депрессия и ковид покажутся ролевой игрой дошкольников. Потому что отпадет потребность не только в нефти, угле и газе, но так же в бензозаправках, единой энергосети, и прочей инфраструктуре.

Сотни миллионов людей потеряют работу (по моим прикидкам, пол миллиарда и больше). Случится общемировой дефолт. Мировой баланс политических и экономических сил кардинально изменится и больше не будет привязан к энергоресурсам, перейдя на новые рельсы интеллектуальных ресурсов (пишу об этом в книге “розумист”). Одновременно с этим начнется глобальная “лудитская” война, где мартышки будут воевать против людей за право оставаться тупыми.

И если вы подумали, что это же ядерную бомбу сделать можно из такого реактора. То да, можно. Так же, как можно нож для овощей воткнуть промеж ребер. Но только вот ядерная бомба уже

сделана. Это же – потенциальный источник чистой энергии. Если какой-то психопат превратит это в бомбу, то ничего глобально не изменится.

При этом даже так не любая мартышка сможет сделать ядерную бомбу в домашних условиях из товаров с алиэксперса будущего. Это так, же как не любой зритель токтика сейчас может хакнуть пентагон при помощи своего смартфона.

А если разбираться в вопросе, то сделать ядерную бомбу можно и сейчас в домашних условиях. Просто чуть сложнее. Так как для этого нужно достать не дейтерий из воды, а уран-235 или плутоний. Но это не то, что бы прям проблема. Было бы желание, как говориться.

Да и не факт, что это вообще проблема. Возможно, это наоборот – решение проблемы. Вернее, повод начать ее решать. Ведь сейчас во всю применяется ядерный террор. Только применяют его те мартышки, что выше статусом. А когда ядерная дубина будет у каждого, кто не прогуливал физику в школе, то придется разрабатывать новые методы противодействия терроризму. Не ядерному оружию, а именно терроризму. А это будет иметь последствия не только для локальных психов-террористов, но и для глобальных террористов в кабинетах.

Начал за винтовку, закончил за крах мирового порядка...

---

Но на этом принципе можно создать не только пушку или реактор, но и плазменную мышцу или плазменный привод, действующий на базе направляющей из “жесткой плазмы”.

Плазменная мышца может использовать принцип плазменной пружины.

Например, за счет пинч-эффекта можно сжать плазму до 100 000 бар в зоне дуги. Если диаметр дуги будет 3мм, то линейное усилие получится 70кН, что примерно равно 7 тонн-сил. Ни один другой способ даже близко не позволит получить такие усилия в столь малых габаритах. Максимум, что можно сейчас сделать, это лебедку, которая бы тянула трос из углеродных нанотрубок диаметром 3мм с усилием в 7 тонн.

Почему из углеродных нанотрубок, так это потому, что ни трос из стали, ни трос из углеродных волокон, ни даже вольфрамовая моножила с диаметром 3мм не выдержит 7 тонн. И это не говоря о габаритах лебедки, что понадобится для таких задач.

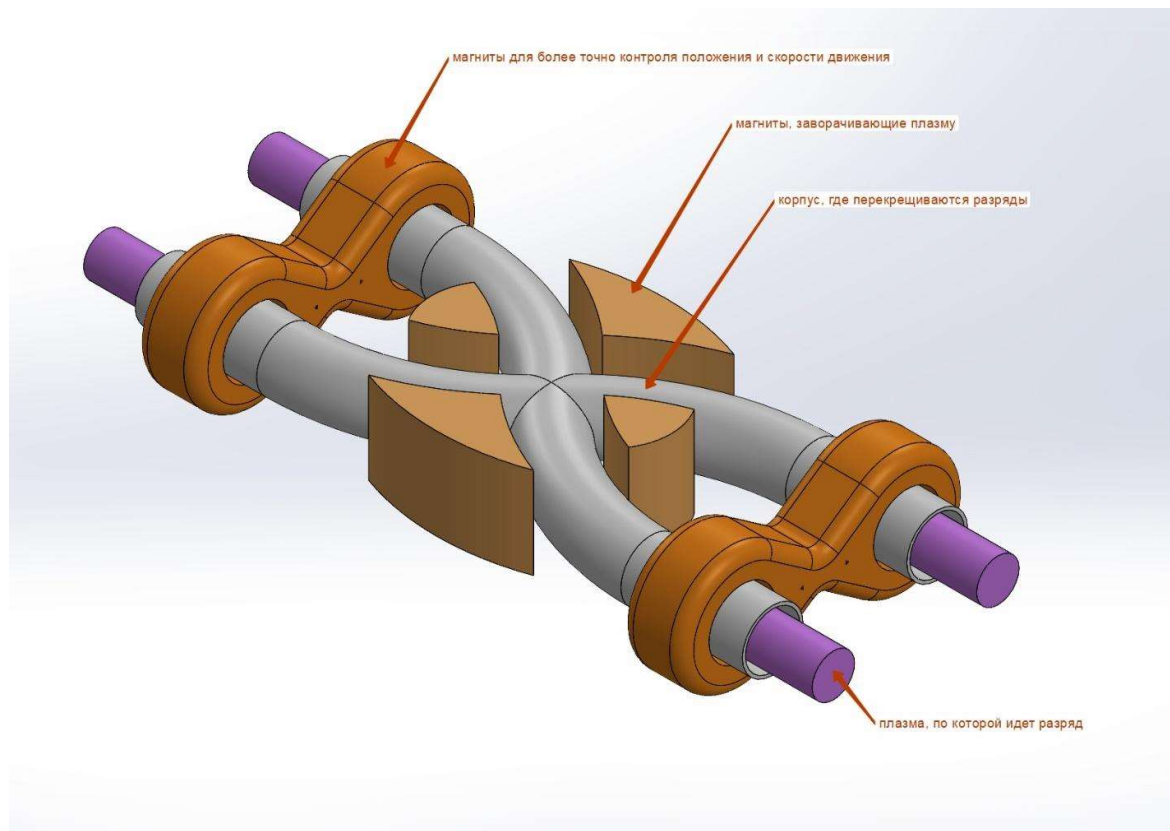
А плазму в теории можно сжимать еще сильнее, но тогда резко возрастает вероятность ядерных реакций в плазменном канале, что может иметь негативные последствия для стабильности и контроля такой плазменной мышцы. А при еще большем сжатии могут начаться процессы, при которых вещество будет распадаться на нуклоны и даже на кварки и глюоны. Что потребует совсем других теорий и методов управления. Отсюда в ближайшем будущем адекватный предел - это 100 000 бар.

При этом такая “мышца” потенциально позволит получить более прочные конструкции в меньших габаритах. Связано это с тем, что плазменная пружина работает на сжатие, а не на растяжение, как обычная мышка. То-есть она толкает, а не тянет. Из-за чего условные “кости скелета” будут работать на растяжение, что позволит сделать их более легкими и компактными, так как им не будет грозить потеря устойчивости, как при работе на сжатие.

Это позволит создавать легкие экзоскелеты, способные развивать огромные усилия. При этом еще и с “взрывной силой”. То-есть при помощи такого экзоскелета можно было бы бросить условный автомобиль на сотни метров, как какой-то Халк. Но при этом по размеру он был бы сопоставим с костюмом “железного человека”.

---

Так же можно сделать плазменные (плазморельсовые) направляющие. Например, можно сделать космический лифт, что движется по струне из жесткой плазмы. Выглядеть он может, условно, вот так:



Это один из вариантов, где управление движением осуществляется со стороны системы, генерирующей разряды. Но можно так же создать систему, что управляет своим положением сама, на основе магнитных полей, при помощи которых она “держится” за плазму. Это позволит создавать орбитальные лифты, орбитальные поезда и другие системы, движущиеся по “рельсам” в воздухе в любом направлении.

И в теории, если подавать разряд с определенной частотой, то можно регулировать длину пружины или положение точки пересечения разрядов. Причем достаточно точно регулировать. Например, есть можно управлять импульсами с тактом в пикосекунду, то точность перемещения будет 0.3мм, а если с временем такта в одну фемтосекунду, то 3 микрона. Но таких технологий пока что нет, пока более-менее стабильны только наносекундные и микросекундные импульсы.

И сила таких мышц и приводов невообразима. Потенциально, конечно, при определенной плотности энергии случится либо ядерная реакция, либо вообще атомы распадутся на кварк-глюонную плазму. Но это не значит, что нельзя сделать направляющие или “плазменные пружины” из кварк-глюонной плазмы.

То-есть то, что я сейчас рассказываю, это не только технология оружия. И у этой технологии невообразимый потенциал. Просто как правило так уж сложилось, что в нашем мире все начинается с оружия. И если бы я начал этот рассказ с плазменных мышц и плазменных линейных двигателей, получилось бы уныло.

Ну а если у вас возникает вопрос, как же завернуть заряд на конце луча и вернуть назад, то на самом деле его не надо заворачивать. Молния не всегда бьет в землю, и многие лучи молний просто рассеиваются в атмосфере, обрываясь. Но правда если заряд так обрывать, то он будет

терять мощность и ослабевать к концу, и лучше, конечно, его развернуть и замкнуть на источник, тогда жесткость рельса будет одинаковой по всей протяженности, и он будет точной фиксированной длины.

Сделать это можно, например, через создание двух параллельных зарядов с фазовым сдвигом. Где разряд идет по одному каналу, а возвращается по-другому. Плюс в таком случае можно использовать рекуперацию (возвращенный разряд назад запасать в конденсатор), из-за чего расход энергии будет минимальный. Но для подобной схемы может понадобиться физический электрод на конце, или очень тонкая настройка, с использованием резонансных частот частиц плазмы и т.д.

И по такой схеме можно сделать даже космический лифт, где станция находится на геостационарной орбите, а к ней идет не физический трос, а трос из плазмы, удерживающий ее и позволяющий перемещать грузы. Причем с космическим лифтом будет проще, так как на конце есть физический объект, который позволяет развернуть заряд через себя.

---

При этом можно даже сделать так, что бы не терялось излучение (а то очевидно, что это все будет светиться очень сильно). Так как при определенных плотностях энергий (которую намного проще создать электростатическим разрядом, чем лазером) происходит самофокусировка излучения в пучок. То-есть там, где есть мощный электростатический разряд высокой плотности, можно пустить самофокусирующийся лазер. А там, где есть лазерный канал, можно пустить электростатический разряд. Добавить сюда еще частицы материи, и получится ультимативный аннигиляционный луч. Причем за счет того, что свет не может покинуть эту область и самофокусируется, луч будет черный, со свечением из плазмы, что притянута им. То-есть получится как черная дыра с аккреционным диском. Только в форме луча. И в моем романе так работает оружие под названием “черное копьё”.

При этом это не то же самое, что лазер. Так как тут объединяется электростатический разряд, электромагнитное излучение, и фокусированный поток материи (плазмы). То-есть эта штука кинетическо-энергетическая. И она материальна (твердая плазма). И она прожжет все, что можно прожечь.

В добавок это не только луч. Если так сделать плоскость или поверхность, то она будет перемалывать все, что будет через нее проходить. Электромагнитное излучение, электростатический разряд, материю. Это будет идеальный “щит”. Причем потенциально самоподдерживающийся идеальный щит. Так как когда он что-то будет перемалывать, из массы этого “чего-то” будет выделяться энергия, и ее количество будет пропорционально затратам на перемалывание. И таким образом затрат энергии почти не будет.

При этом это будет не “вечный двигатель”. То-есть это не тот случай, когда включил, и выключить нельзя. Связано это с тем, что в случае с материей не вся ее масса может быть превращена в энергию, а лишь 98-99% от нее. Так как есть еще кварки, которые не могут быть перемолоты в энергию. И отсюда, что бы этот щит или копьё работали и поддерживались, нужно затрачивать энергию из внешнего источника (которая будет скорей всего в виде электромагнитного излучения). И если перестать это делать, то все просто рассеется.

Но так как электромагнитное и другое излучение, по сути, заперто в этом луче, то потери энергии будут в виде волн в пространстве.

Так же, учитывая то, что образуются волны в пространстве, при помощи подобных систем можно попробовать их фокусировать, сделав тем самым либо искусственную гравитацию, либо антигравитацию, либо гравитационные захваты.

Ну а если не создавать на сколько плотный луч, с которым можно взаимодействовать только через пространственные волны, а всю материю и электромагнитное излучение он перемалывает на энергию, а создать более “лайтовую” систему на базе плазменной пружины, то можно получить “плазменную лебедку”, что позволит легко опускать или поднимать грузы между планетой и орбитой.

Да, про космический лифт я уже говорил. Но тут я имею в виду системы разгрузки и погрузки для транспортных космических кораблей. Такие себе “космические краны” без тросов.

Например, если на контейнере сделать трубу в виде полупетли, что просто заворачивает плазму на 90 градусов, то получится система подъема на базе “твердой плазмы”, прочность “тросов” которой ограничена только плотностью энергии электростатических разрядов.

Правда нужно будет решить проблему излучения, через которое будет уходить огромное количество энергии, но в теории это реально. Но в теории это возможно. Например, можно использовать еще один плазменный канал из диполей, которые перенаправляют излучение не в стороны, а вдоль троса до источника. Где его можно рекуперировать и снова отправлять в работу (плазма будет работать как нелинейный кристалл).

---

Но как я сказал, потенциально эта система и этот принцип “перекрестных разрядов” или “плазменной пружины” - не только оружие, но еще и линейный привод, способный создавать невообразимое усилие и обеспечивать достаточно высокую точность перемещений. А так же эту штуку можно использовать как двигатель, перемещая не только другие объекты, но и себя относительно других объектов. Причем перемещать исключительно точно (движение с околосветовой скоростью с мгновенными ускорениями и торможениями). Но понятно, что это технологии не близкого будущего. И если такая технология будет освоена, это можно называть эрой. То-есть “черное копье” это предпоследняя технология человечества.

Ну вернее основа последней технологии. Так как это можно не только в линию вытянуть, а создавать разные сложные объемные структуры. Потенциально если отправлять короткие заряды с разным знаком, то они могут отталкиваться или притягиваться друг к другу. То-есть заряды, отравленные из одной точки, могут расходиться, а после сходиться. И так можно строить любые структуры. И точность этих структур зависит от частоты. И потенциально частоты могут быть сопоставимы с резонансными частотами атомов или длинами волн, что будет давать возможность строить структуры с точностью до нанометров или даже точнее, если использовать полупериоды или четверть периоды.

А дальше только манипуляция пространством на уровне преобразования материя-энергия, что знаменует переход в эру “абсолюта”, где не будет не то, что разделения на технологию и магию, а где само понятие технологии и магии не будет иметь смысла, потому что можно будет воплотить все, что пожелаешь, и только идея будет иметь ценность. То-есть эра абсолюта, это эра не технологии и магии, а эра Эйдеса, где идеи будут обретать форму напрямую, минуя цикл преобразований. Так как когда можно воплотить все, что только можно придумать, смысл и ценность имеют только идеи.

---

Но все вышеописанное - лишь фантастическая концепция из моего романа. А что бы начать воплощать ее в реальность, мне нужны деньги. Так что если у вас они есть, и вы хотите мне их дать, связаться со мной можно через Boosty или Patreon.

<https://boosty.to/akkoxe>

<https://www.patreon.com/akkoxe>