

Технология

Как работают российские гиперзвуковые ракеты

Внедрение систем управления потоками газа МГД вблизи этих устройств является ключом к характеристикам, которые, как утверждают русские, приписываются гиперзвуковому оружию, о котором Владимир Путин рассказал в 2018 году.

Жан-Пьер Петитис - французский исследователь на пенсии, который всю свою карьеру провел во французском Cnrs. В частности, он был пионером в области битемпературного МГД в период с 1963 по 1987 год.

Аббревиатура МНД означает "магнитогидродинамика". Русские предпочитают "МГД", что переводится как "магнитогазодинамика". Почему "гидро"? Потому что первоначально изобретателем этого ряда процессов был англичанин Майкл Фарадей.



Michael Faraday 1791-1867

В динамо электрический проводник движется в постоянном магнитном поле, которое индуцирует электрическое поле (электродвижущую силу), величина которого равна VB , где V - скорость проводника, а B - напряженность магнитного поля. Эта система обратима, в том смысле, что если, наоборот, ток с электрической силой B протекает по проводникам, омываемым магнитным полем V , то на этот проводник будет действовать сила, пропорциональная произведению IB . В этом случае динамо ведет себя как электродвигатель. В МГД Фарадея проводник - это жидкость. МГД-преобразователь Фарадея ведет себя подобно нашему динамо (см. рисунки на следующих страницах).

Когда жидкость движется со скоростью V в магнитном поле B , в ней возникает электрическое поле VB , которое стремится вызвать ток. Проблема в том, что жидкости, жидкие или газообразные, если только это не жидкие металлы, такие как ртуть, являются очень плохими проводниками электричества. Когда эти МГД-преобразователи используются в качестве генераторов электроэнергии или МГД-ускорителей, энергия почти полностью рассеивается за

счет эффекта Джоуля. Такие системы эффективны только в том случае, если жидкость получена в результате сгорания твердого топлива, обогащенного цезием - веществом, которое ионизируется при самой низкой температуре, около 3000°С. Таким образом, в пятидесятые годы ученый Андрей Сахаров осуществил целый ряд экспериментов, продолжительность которых составляла всего несколько тысячных долей секунды, но в которых эти генераторы импульсов могли создавать напряжение, достигающее ста миллионов ампер, и в которых металлические снаряды, испаряясь и превращаясь в плазму, могли разогнаться до значительных скоростей. Благодаря ему русские стали лидерами в этой новой области.

Велиховская неустойчивость - смертный час для МГД-электрогенераторов.

В шестидесятые годы ряд стран, таких как Англия, США, Франция, Россия и т.д., пытаются внедрить МГД-генераторы Фарадея для использования первичной энергии, получаемой при сжигании углеводородов, обогащенных цезием. Если бы удалось решить проблему электропроводности, эти генераторы могли бы предложить КПД до 60%, что априори намного выше, чем у обычных генераторов, построенных на основе паровых турбин. Однако сразу же стало ясно, что температуры, которые необходимо было достичь, приближаясь к 3000°С, что позволило бы значительно ионизировать цезий, были несовместимы с имеющимися материалами (керамические стенки и электроды). Тогда американец Керреброк предложил применить операцию, известную как "нетермодинамическое равновесие", когда жидкость, несущая кинетическую энергию, рассматривается как смесь двух жидкостей: жидкости тяжелых элементов, молекул или атомов, с "температурой газа" T_g , и "электронного газа", температура которого T_e выше температуры газа. Такая ситуация царит в простой люминесцентной лампе, известной как "неоновая трубка", но где жидкость на самом деле является паром ртути.

Когда трубка находится под напряжением, немногие присутствующие свободные электроны ускоряются электрическим полем, приобретают энергию и сталкиваются с атомами ртути, поочередно высвобождая новые свободные электроны (так называемый эффект "электронной лавины"). При достижении рабочего режима, практически мгновенно, газ электронов имеет температуру в несколько тысяч градусов, в то время как пары ртути остаются холодными (вы можете положить руку на трубку и не обжечься). Почему этот газ электронов не может передать свою энергию? Потому что эти электроны слишком легкие.

Расчеты показывают, что это "двухтемпературное" состояние не может возникнуть в жидкости, полученной в результате сгорания углеводородов. Ему противостоит присутствие CO_2 , сильно связанного с газом электронов столкновениями. Тогда он "выкачивает" всю энергию, которую электрическое поле VB подводит к электронам. Единственное решение - использовать теплообменник и сообщить ее редкому газу, такому как гелий или аргон, обогащенному этой "затравкой", цезием.¹

На бумаге эта формула кажется многообещающей. Ограничив температуру инертного газа 1500°С, казалось, что мы сможем легко достичь этой пороговой температуры в 3000°С (температура нити накаливания электрической лампы), если достигнем сверхзвукового потока, достаточной скорости V и напряженности электрического поля более одного тесла. Но в 1964 году молодой исследователь Евгений Велихов предсказал очень быстрый рост плазменной неустойчивости², которой он дал свое имя, что приведет к разрушению электропроводности, а значит, исчезнет перспектива удовлетворительной работы генераторов. Один за другим все проекты были заброшены в конце шестидесятых годов.

1 На этой основе в СЕА была построена французская машина "Typhée".
https://www.persee.fr/doc/helec_0758-7171_1996_num_27_1_1323

2 https://en.wikipedia.org/wiki/Electrothermal_instability

1967 год, Франция лидирует в исследованиях МГД на международном уровне

Однако есть одна лаборатория, где неравновесная работа была установлена - в Институте механики жидкостей в Марселе в 1966 году. Следуя формуле, введенной американцем Бертом Заудерером, француз Жорж Инглесакис строит МГД-генератор Фарадея, используя горячий и плотный газообразный всплеск, обеспечиваемый своего рода "плазменной пушкой", называемой "ударной трубой". Струя аргона поступает в сопло размером с пивную банку со скоростью 2,7 км/с, под давлением в одну атмосферу и при температуре 10 000 градусов, обеспечивая электропроводность, достаточно большую для того, чтобы могло произойти МГД-преобразование. В течение нескольких десятков микросекунд этот генератор вырабатывает электрическую мощность в несколько мегаватт. Краткость контакта с газообразным всплеском, преобразованным в плазму, и стенкой-электродом позволяет сделать первый из плексигласа, а второй из красной меди. Магнитное поле в 2 тесла создается разрядом батареи конденсаторов в соленоидах, пропущенных, в течение нескольких тысячных долей секунды, током в десятки десятков тысяч ампер.

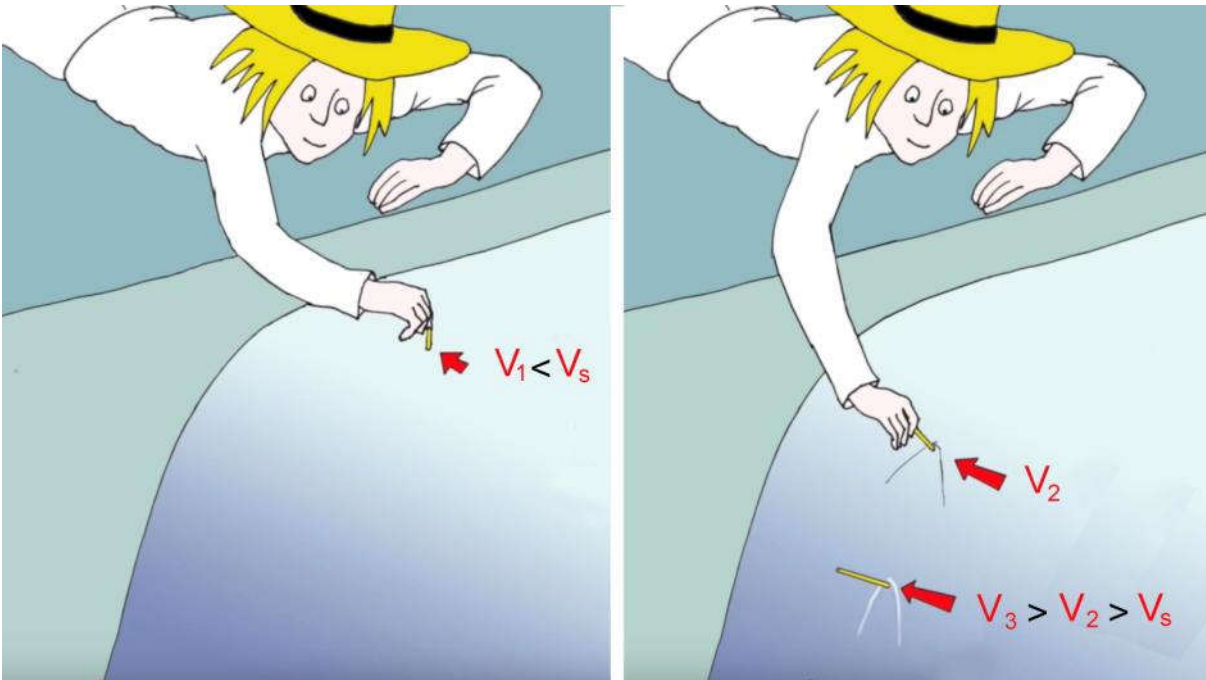
В этой лаборатории Жан-Пьер Пети, овладев теорией явления³, которое и сегодня остается неизвестным для исследователей, внедряет первую систему стабилизации плазмы, что приводит к следующему результату: Температура газа - 6000°C, температура электричества - 10.000°C. Эта работа была представлена в 1968 году на международном симпозиуме в Варшаве и была замечена русскими, мастерами в этой области, и таким образом следующий международный симпозиум по МГД был проведен в Институте Механики Флюидов в Марселе, Велихов заключил, что "французы - самые продвинутые". Но этот первый метод не позволяет опустить температуру газа ниже 4000°C, поэтому эти исследования прекращаются. Для иллюстрации эффективности действия МГД ("сил Лапласа JB") на газы приведем работу Бернара Форестье и Бернара Фонтана, которые на машине, построенной Инглесакисом, сумели придать струе аргона ускорение в несколько тысяч метров в секунду, на длине сопла в 10 см. Работа огромной важности, на которую Франция также не обратила внимания.

Рождение идеи.

Возвращаясь к теме производства МГД-электричества, отметим, что установка марсельской лаборатории является единственной в мире, где значительная часть кинетической энергии плазмы преобразуется в электричество, благодаря высокой электропроводности аргона, нагретого до 10 000°C. Жидкость претерпевает интенсивное замедление, порождая появление прямой ударной волны, установленной на входе в сопло, постоянного квадратного сечения. Это позволяет предположить, что, воздействуя ионизированной жидкостью, текущей со сверхзвуковой скоростью, на объект, транспортное средство, априори можно предотвратить возникновение ударных волн с тем, что они сразу же влекут за собой: увеличение сопротивления ("волновое сопротивление") и потока тепла, собираемого транспортным средством. Очень быстро Пети, который тем временем покинул IFM, чтобы присоединиться к Марсельской обсерватории, где он продолжает работу над динамикой галактик, рассматривает теоретический контекст этой системы аннигиляции ударных волн. Для иллюстрации мы воспользуемся гидравлической аналогией. Действительно, волны, распространяющиеся на свободной поверхности жидкости, эквивалентны распространению звуковых волн. Если мы погрузим простую зубочистку в поток воды у плотины, то она не создаст никакой поверхностной волны. Когда скорость превышает скорость поверхностных волн (аналогично скорости звука в газе), образуются две волны, аналогичные "волнам Маха" в газе.⁴

3 http://www.jp-petit.org/papers/CRAS/mhd_1969d.pdf

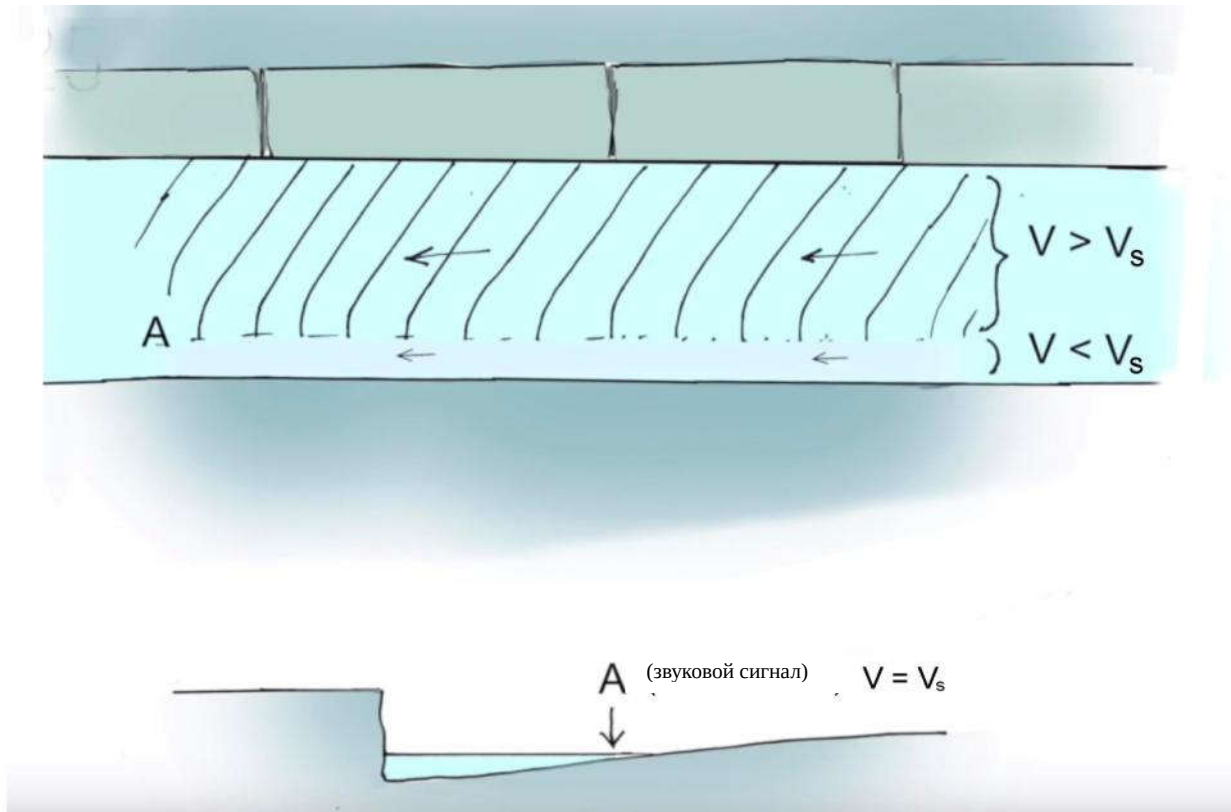
4 Смотрите два видеоролика:



Слева скорость V воды меньше V_s , скорости поверхностных волн: волн нет. Справа эта скорость превышена. Когда она увеличивается, волны ложатся все больше и больше. Угол α , образованный этими волнами и направлением потока, сразу же дает скорость жидкости, причем скорость V_s известна, согласно формуле :

$$\frac{V}{V_s} M(\text{число Маха}) = \frac{1}{\sin \alpha}$$

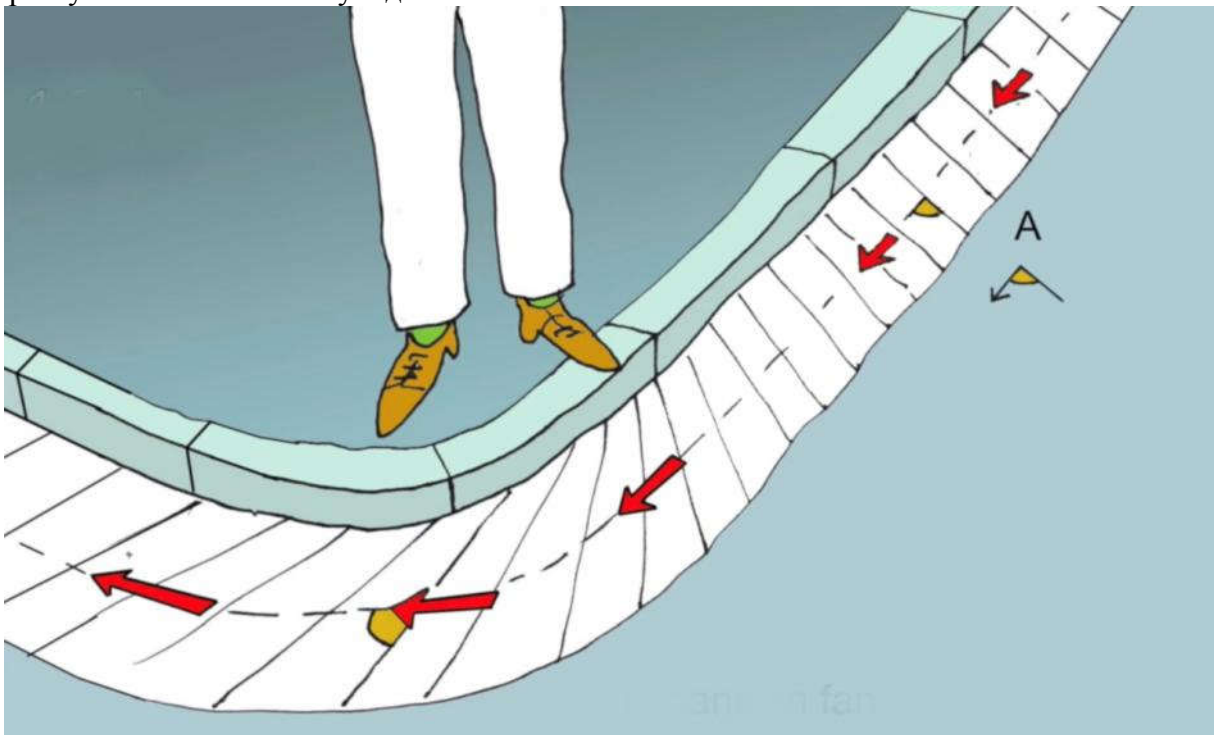
Теперь посмотрите на воду, текущую в водостоке. Неровности у стенки создают эти "волны Маха", которые образуют набор параллельных волнообразных линий (поскольку скорость воды постоянна). Но эти волны искривляются на свободном краю потока и в конце концов исчезают. Это происходит потому, что трение воды о дно уменьшает ее скорость. Они исчезают, когда V становится меньше V_s . Тогда поток на краю этого канала становится "дозвуковым".



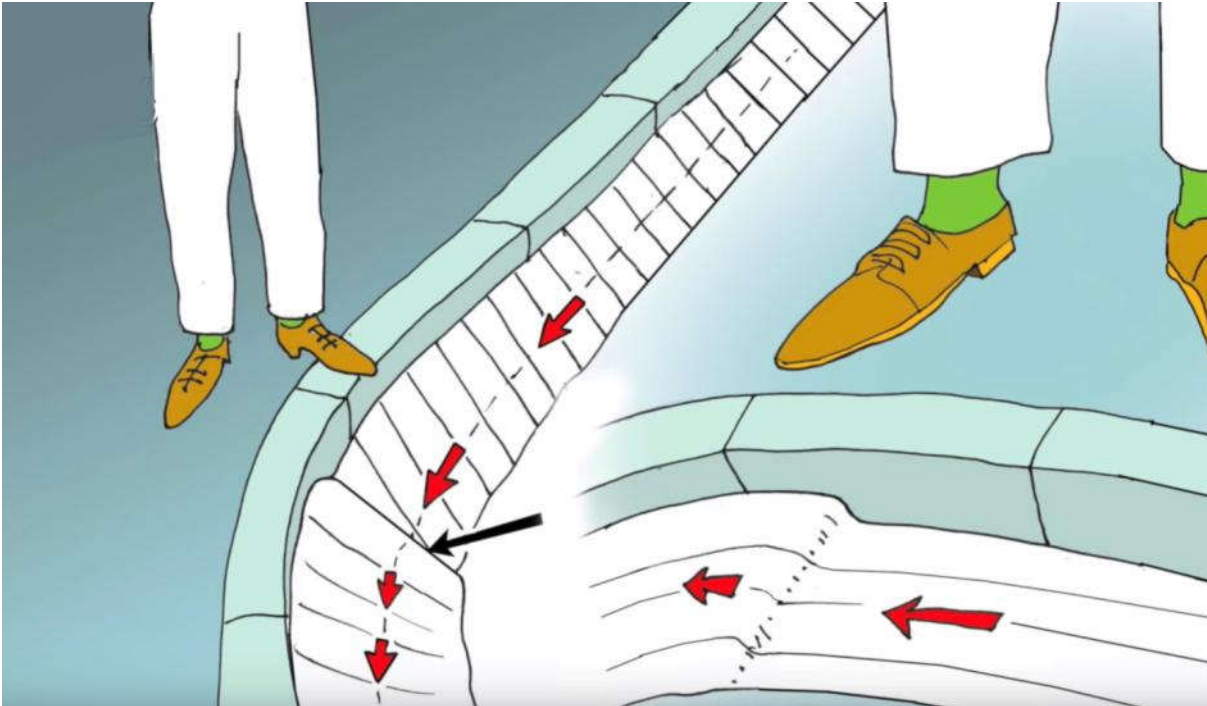
Поток воды в водостоке, вид с высоты птичьего полета.

Почему образуются ударные волны.

Чуть дальше улица поворачивает, как указано. Волнолеты ложатся, скорость увеличивается, а толщина водяной пленки уменьшается. Это аналог "вентилятора расширения" в сверхзвуковом потоке. Мы увидим это позже.



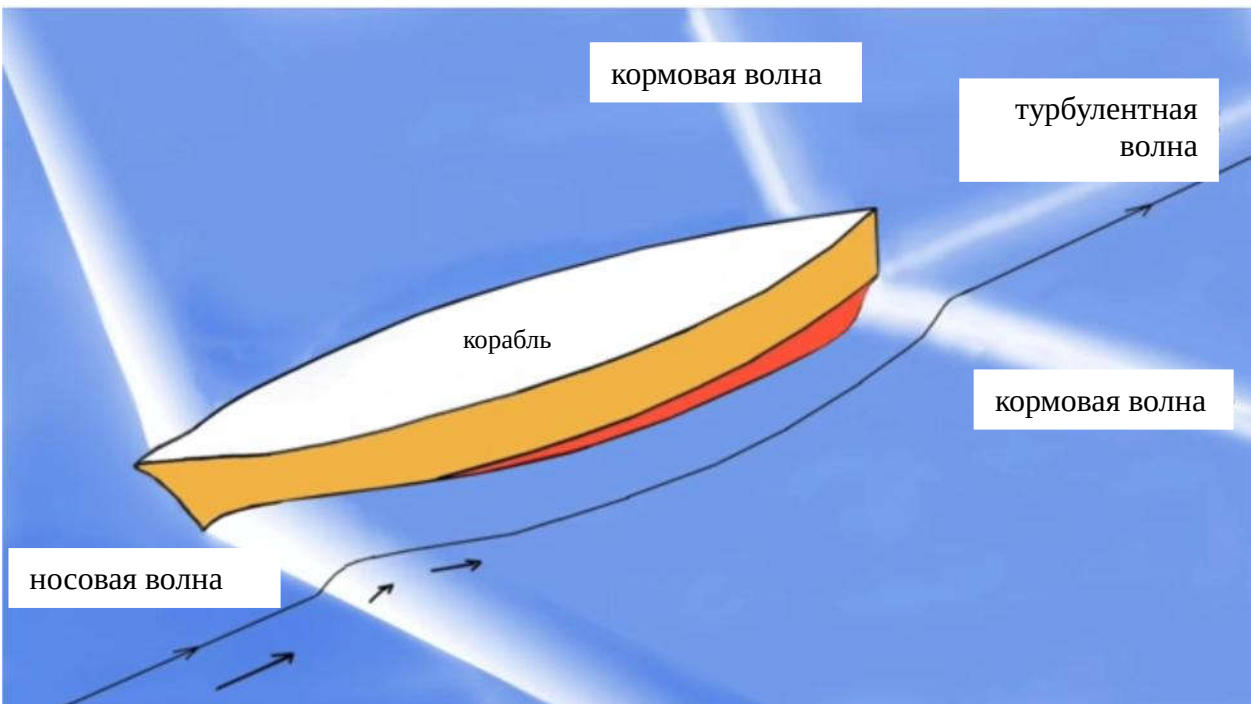
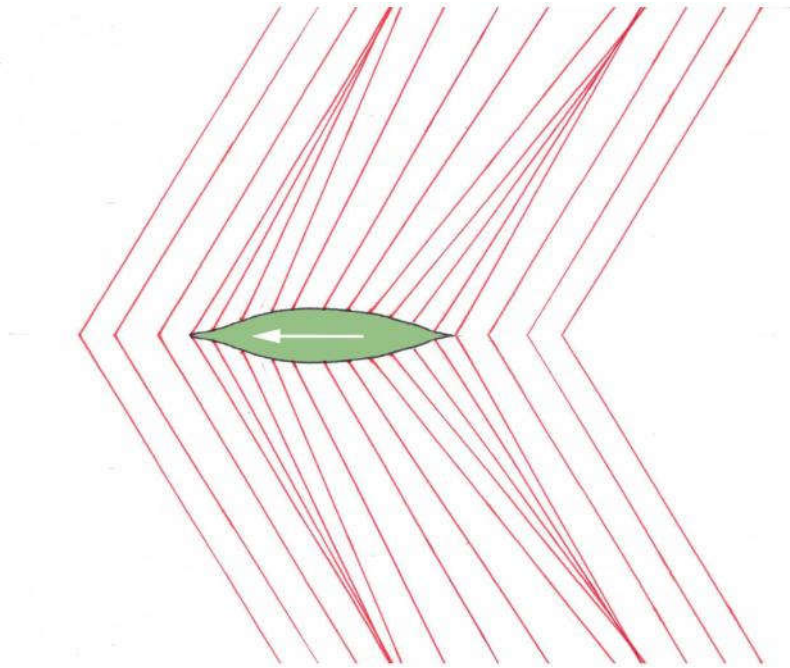
Другая конфигурация, см. ниже. Скорость уменьшается. Волны накапливаются, и возникает скачок, при котором высота воды резко увеличивается, а скорость воды уменьшается. Это верный аналог ударной волны.

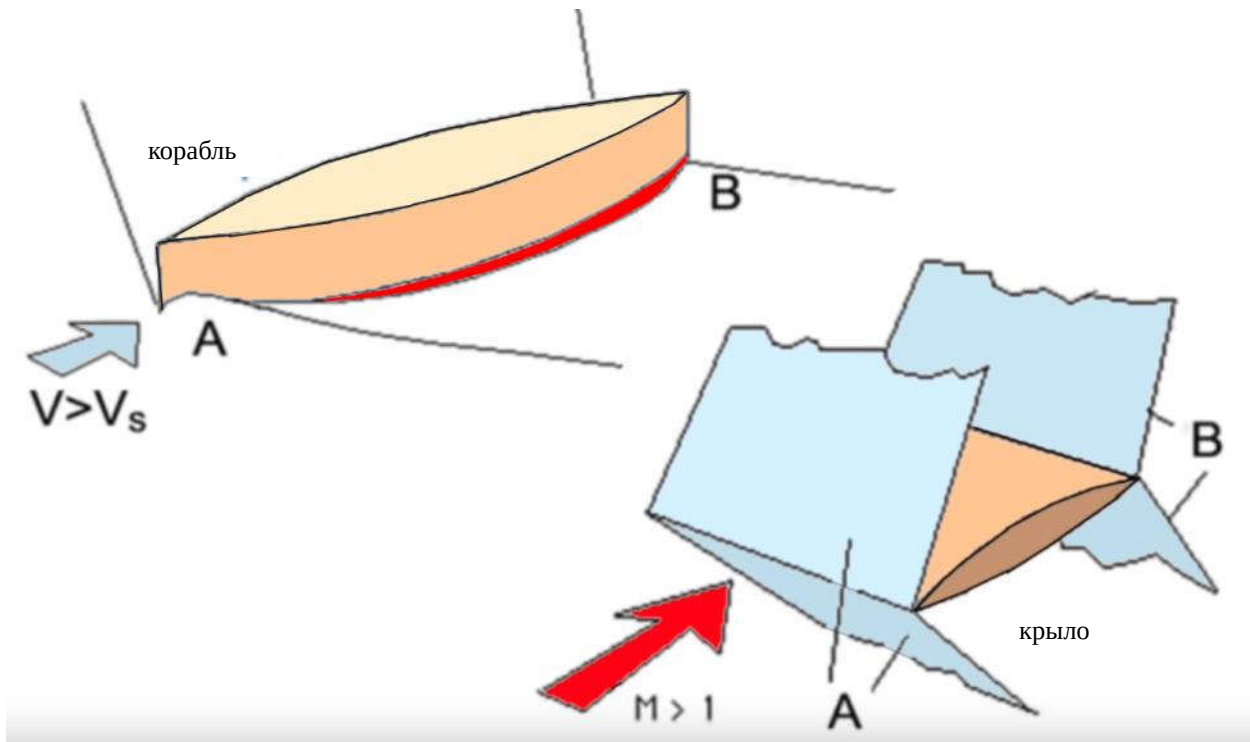


Что порождает эти явления?

Это силы инерции.

Давайте теперь рассмотрим корпус корабля, который движется в воде. Этот эксперимент можно провести в бассейне по гидравлической аналогии. Если относительная скорость жидкости по отношению к этому корпусу превышает скорость поверхностных волн, то волнообразные волны будут иметь тенденцию накапливаться с обеих сторон. Будут образовываться носовые и кормовые волны, которые будут прикрепляться к носу и корме этого корпуса. См. рисунок ниже.

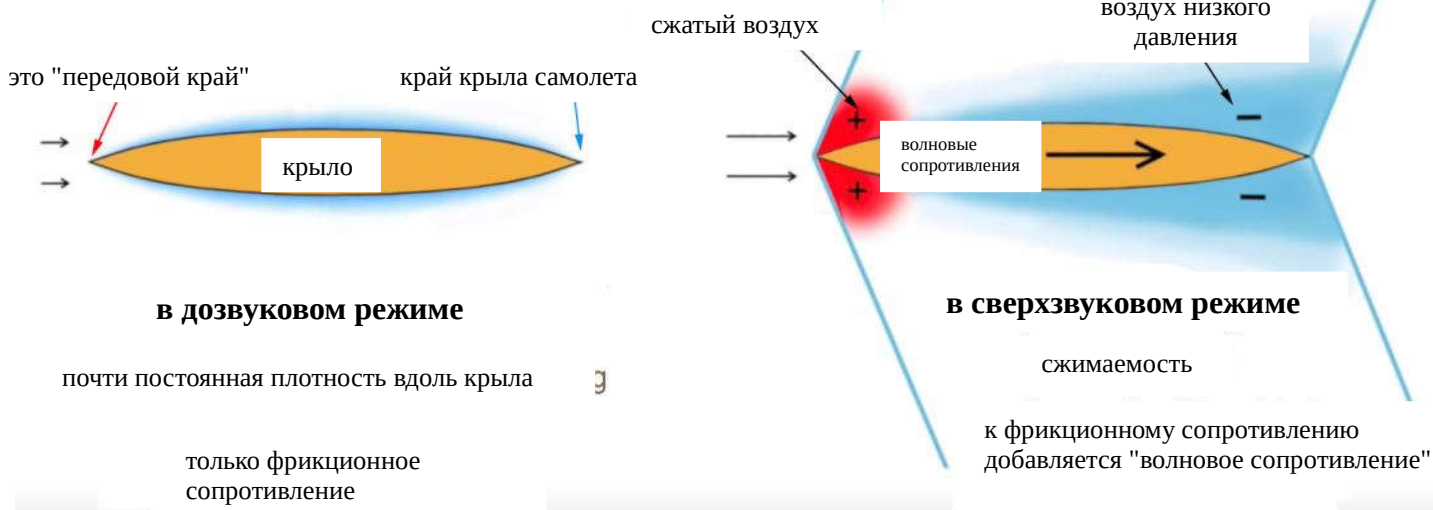




Волновое сопротивление.

Носовая и кормовая волны вокруг этого корпуса являются точными аналогами лобовой и "кормовой" ударных волн, которые возникают на крыльевом профиле, погруженном в сверхзвуковое течение газа. Сразу становится очевидным, что это вызывает сопротивление в дополнение к фрикционному сопротивлению, которое обусловлено инерционными силами. Непосредственно за носовой волной уровень воды резко повышается, что сопровождается избыточным давлением на корпус. И наоборот, уровень воды вдоль бортов опускается ниже ватерлинии, что означает падение давления на корпус. Сочетание этих двух факторов дает увеличение силы, которую необходимо преодолеть для движения. Аналогичное явление в газе, создающее волновое сопротивление, которого не существует в дозвуковых судах (в гидравлических уровень воды остается постоянным вдоль профиля, соответствующего ватерлинии).

поперечное сечение крыла самолета, помещенного в сверхзвуковой поток



Вблизи передней кромки, при пересечении ударной волны, воздух внезапно вновь сжимается и поэтому нагревается. На передней кромке существует "точка застоя", где вся кинетическая энергия падающего воздуха преобразуется в (абсолютную) температуру. Таким образом, она изменяется как квадрат этой скорости и, следовательно, "числа Маха". Таким образом, мы можем видеть проблемы, возникающие в сверхзвуковом режиме. Для такого самолета, как "Конкорд", летящего со скоростью 2 Маха, температура остановки достигает 250°C . У стенки, из-за фритирования, эта температура достигает 200°C . Явление волнового сопротивления удваивает глобальное сопротивление. Далее мы имеем американский самолет SR-71, летящий со скоростью 3,2 Маха. Добавьте к этим температурам еще 100 градусов. В своей кабине пилот одет в охлаждающий костюм. Он не может прикоснуться к стеклам своей кабины, температура в которой поднята до 300°C .



Свыше 5 Махов - это область, квалифицируемая как гиперзвуковая. Современные ракеты класса "воздух-воздух" находятся в этом диапазоне чисел Маха. Противоракета Patriot, которой должна быть задана максимальная скорость, поднимается к цели на скорости 6 Махов. После этого тепловые эффекты становятся значительными, но эти устройства работают в течение ограниченного времени.

В 2018 году Владимир Путин заявил, что у России есть ракета "воздух-воздух" "Кинжал", летящая со скоростью 10 Махов, в десять раз превышающей скорость звука в плотном воздухе, с дальностью полета в тысячу километров, что подразумевает время полета до десяти минут. В недавней статье в Scientific American два специалиста выражают сомнения в его существовании⁵. Действительно, исходя из обычной механики жидкости, температура остановки достигает значения в несколько тысяч градусов, несовместимого с поведением существующих материалов. Но Путин уточняет, что на этой машине температура не превышает 1400°C.

Новая "активная" механика жидкости.

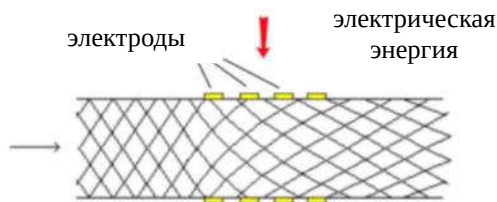
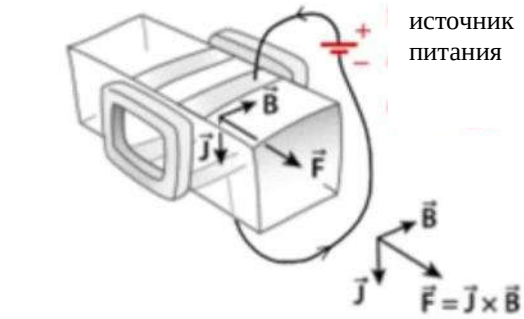
В 1976 году Жан-Пьер Пети заложил основы новой "активной" механики жидкости, в которой летательный аппарат больше не пассивно воспринимает падающий поток воздуха. Затем он воздействует на этот воздух, ионизируя его, превращая в электрический проводник⁶. Затем, используя магнитное поле и электрический разряд, связанный с набором электродов, он оказывает силу на окружающую воздушную массу. Приведем некоторые цифры. Рассчитаем объем воздуха, окружающего ракету, в один кубический метр. Тогда ракета создает магнитное поле в один тесла и электрический разряд, соответствующий одному амперу на квадратный сантиметр. В результате сила, действующая на эту массу воздуха, составляет одну тонну. Здесь мы обнаруживаем чрезвычайную эффективность этих сил (Лапласа), когда они действуют на эти легкие объекты, которыми являются газы.

На двух рисунках ниже показаны два типа работы преобразователя Фарадея. Слева - работа в качестве плазменной газовой педали. Энергия должна быть подведена. Линии Маха лежат вниз. Справа - работа в качестве генератора электроэнергии. Линии Маха выпрямляются. Это выпрямление может доходить до их накопления, отсюда рождение правой ударной волны, которую наблюдал Жан-Пьер Пети в 1966 году в своих экспериментах в Институте механики жидкости в Марселе.

5 <https://www.scientificamerican.com/article/the-physics-and-hype-of-hypersonic-weapons/>

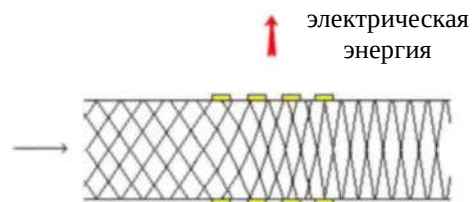
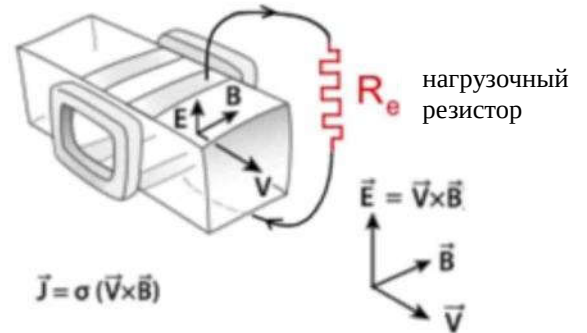
6 Смотрите "научный комикс", "БАРЬЕР ТИШИНЫ".
<http://www.savoir-sans-frontieres.com/download/eng/mursilence.htm>

Ускоритель Фарадея



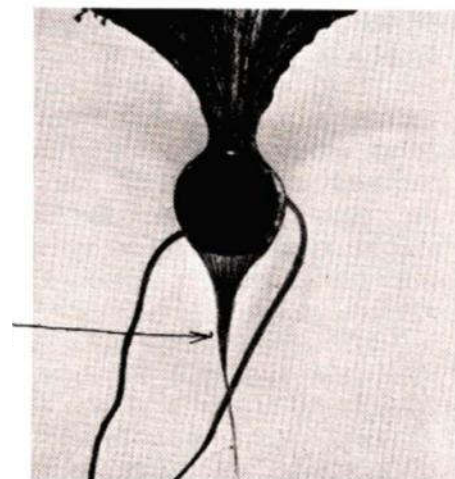
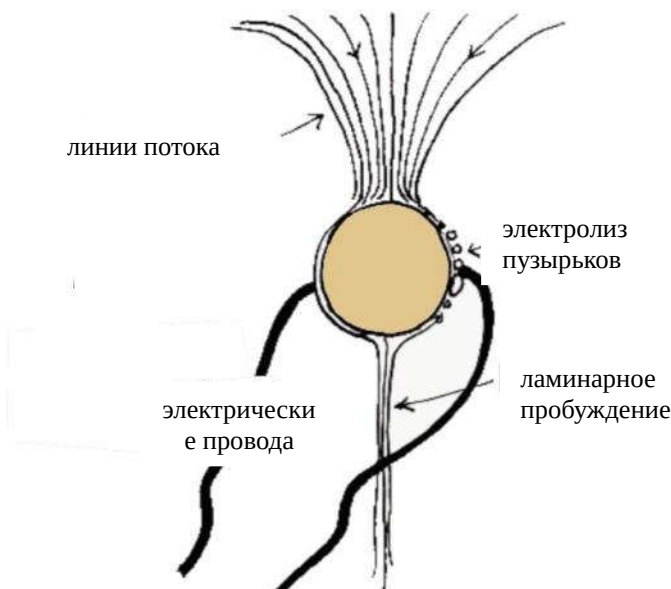
ускорение

Генератор Фарадея



замедление

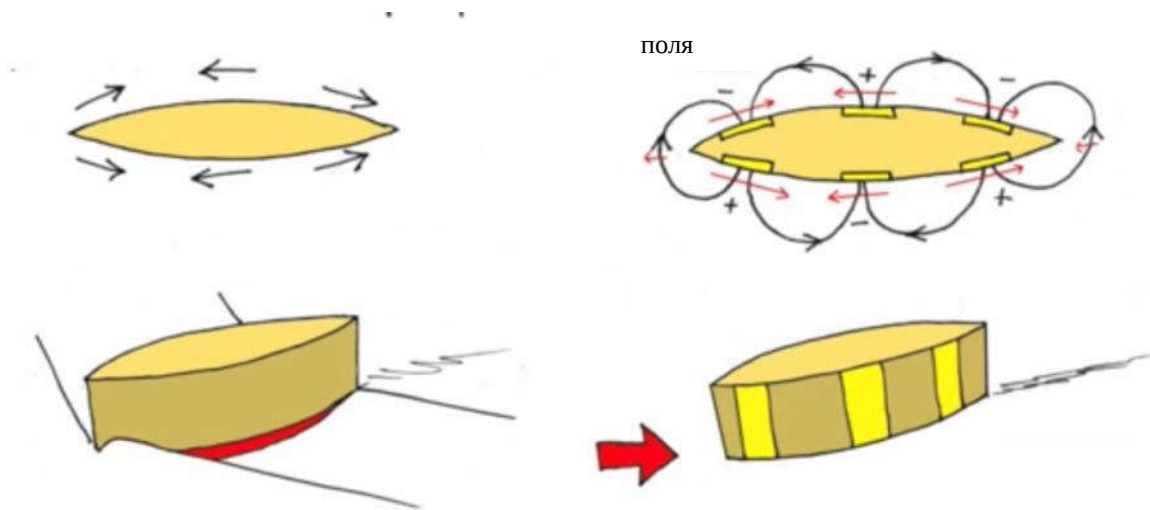
Петит отмечает, что, реализовав адекватное поле сил Лапласа, можно воздействовать на геометрию линий Маха. Таким образом, мы можем сохранить их параллельность и тем самым устранить основную причину появления ударных волн. Он поручил своему ученику Бертрану Леброну провести численное моделирование, в котором плазма должна ускориться на переднем и заднем краях линзовидного профиля, оснащенного пристеночными электродами, и, наоборот, ускориться на флангах, благодаря третьей паре электродов. Ранее, в 1977 году, было успешно проведено гидравлическое моделирование.



1976 : подавление турбулентного потока силами Лоренца

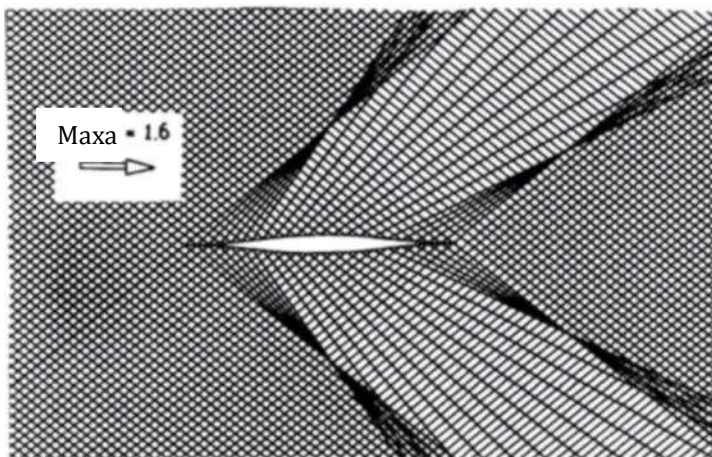
См. рисунок выше. Вокруг небольшой модели, помещенной в поток подкисленной воды, имитирующий сверхзвуковой поток со скоростью 1,4 Маха, снабженной тремя парами

электродов и помещенной в магнитное поле в один Тесла, носовая и кормовая волны были аннигилированы:

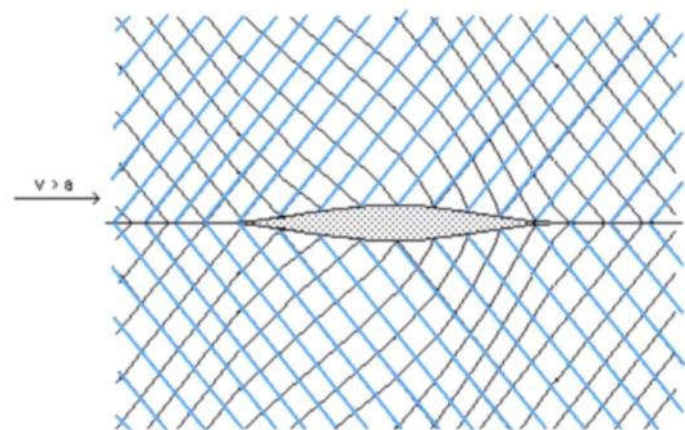


Уничтожение носовых и кормовых волн, 1977 год

Затем Пети и Лебрен взялись за расчет сверхзвукового потока вокруг аналогичной модели, погруженной на этот раз в поток аргона при температуре 10 000 градусов, который является хорошим проводником электричества. Это предполагает чередование входа и выхода энергии, причем энергия, которая должна быть предоставлена для того, чтобы ударные волны исчезли, является разницей между ними. Расчеты проводились на пяти персональных компьютерах Mach Intosh, работающих в сети, благодаря передаче данных на 3-дюймовых дискетах. Только одна из этих машин не смогла справиться с таким расчетом. Вот результат, полученный в начале восьмидесятых годов прошлого века



Внешний поток вокруг тонкого крыла .
Пересечение характеристик в отсутствие силового поля $j \times B$, восходящий поток Маха = 1,6



Синие линии параллельны, ударов можно избежать
Линии Маха от действия силового поля $j \times B$

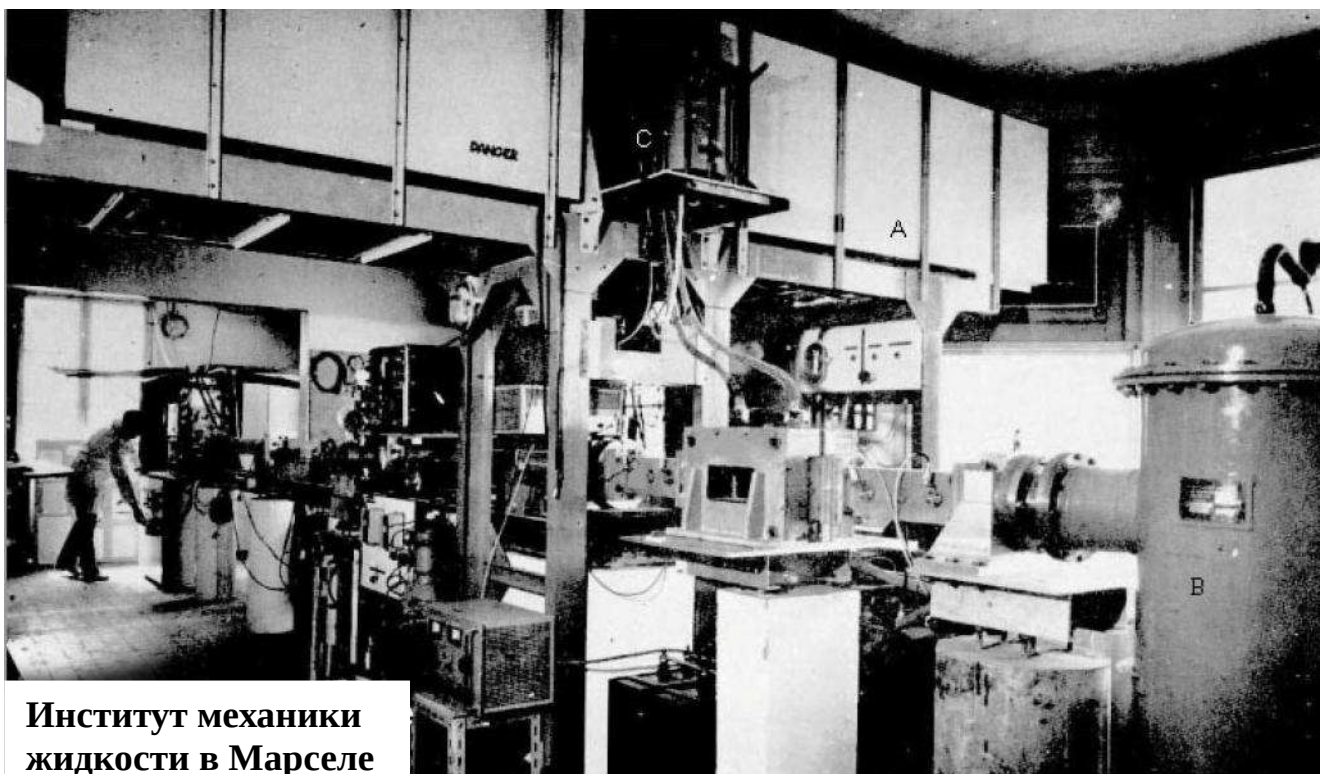
Как видно на рисунке справа, больше не происходит накопления волн Маха, что свидетельствует о рождении ударных волн. Таким образом, продемонстрирована возможность сверхзвуковых полетов без ударных волн (аннигиляция турбулентности также

была продемонстрирована в 1975 году). Эта работа должным образом опубликована в физическом журнале высокого уровня⁷.

Эти идеи аннигиляции ударных волн распространились и в России, где Пети представил их на международной встрече по МГД⁸, куда он поехал за свой счет в 1983 году. Те же идеи были экспортированы в Китай в 1992 году, во время международного симпозиума по МГД⁹, на котором он не смог присутствовать из-за отсутствия средств.

Восьмидесятые: французский МГД, продолжение и конец.

Расчеты, проведенные Пети и Лебруном, заключаются в вычислении всех параметров эксперимента по подавлению ударной волны в аэродинамической трубе с горячим аргоновым потоком, аналогичной той, которую Пети построил в своей лаборатории в Марселе в 1965 году:



Институт механики жидкости в Марселе

Аэродинамическая труба Жана-Пьера Пети с приводом от горячих ударов, 1965 год.

Мы находимся в середине восьмидесятых годов. Французская лаборатория CORIA в Руане располагает аэродинамической трубой с горячим аргоном такого типа. Пети предлагает оснастить ее конденсаторами и соленоидами для реализации ключевого эксперимента, соответствующего диссертации Лебрена. Таким образом, был разработан контракт с Cnrs. Но тут вмешалась армия. Для армии такие исследования являются предметом оборонной тайны. Пети, как и его друг математик Александр Гротендик, был принципиально против любого сокрытия научных результатов. Затем он был отстранен от контракта, и проект, лишенный его указаний и управляемый исследователями, не имеющими опыта работы с плазмой, быстро превратился в фиаско. Кроме того, его изгнание было мотивировано соображениями,

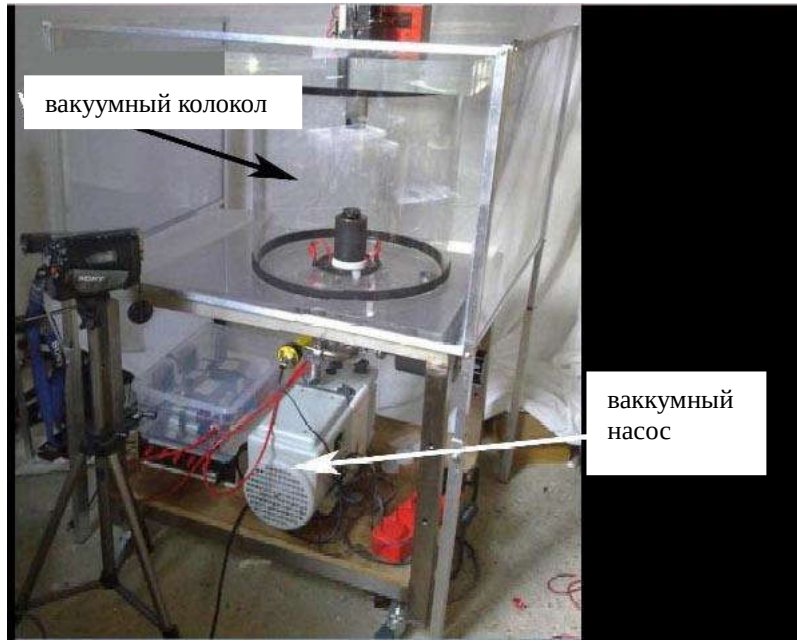
⁷ <http://www.jp-petit.org/papers/MHD/1989-EurJMech-1.pdf>

<http://www.jp-petit.org/papers/MHD/1989-EurJMech-2.pdf>

⁸ <http://www.jp-petit.org/papers/MHD/1983-Moscow-shockwave.pdf>

⁹ <http://www.jp-petit.org/papers/MHD/1992-Beijing-shockwave.pdf>

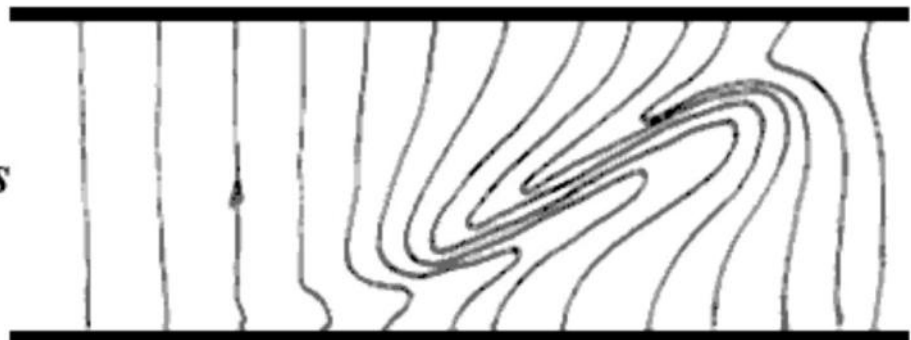
которые можно квалифицировать как внеучные¹⁰. Хотя он переориентировал свои исследования на космологию¹¹, Пети продолжал свою экспериментальную работу в импровизированной лаборатории, оборудованной в комнате горничной в Экс-ан-Провансе. Он работал в воздухе низкого давления, что соответствует условиям полета гиперзвуковых планеров. Продвинутое исследование, очень сложное на теоретическом уровне, затем проводится с материалами, выброшенными лабораториями региона.



Импровизированная лаборатория Ж.П.Пети

Подавление ударных волн и в целом реализация МГД систем на космических аппаратах, развивающих гиперзвуковую скорость, сталкивается с двумя проблемами: электротепловой неустойчивостью Велихова¹² и пристеночным деконфинированием плазмы в окрестностях космических аппаратов.

$$t = 6 \mu s$$



**искажение линий электрического тока
электротермической неустойчивостью Велихова**

¹⁰ <http://www.jp-petit.org/papers/MHD/1977-Petit-Viton-aerodyne2.pdf>

¹¹ <https://youtu.be/DtWqAK4mVX0>

¹² https://en.wikipedia.org/wiki/Electrothermal_instability

Пети - один из немногих ученых, который благодаря своим теоретическим способностям освоил неустойчивости плазмы. В 1969 году он рассчитал условия для развития Велиховской неустойчивости¹³. В начале восьмидесятых годов в 1981 году он представил окончательный способ управления Велиховской неустойчивостью¹⁴. Чтобы электрический разряд не стал очагом сильной турбулентности, его необходимо поддерживать с помощью "магнитных пленок". Что касается плазмы, то эти "фольги" на самом деле являются областями с сильными магнитными полями. И снова эксперимент оказывается успешным, и этот результат также представлен в России в 1983 году¹⁵. В последствии Пети эксплуатирует эту концепцию, оперируя пристеночным удержанием плазмы¹⁶.

Российские гиперзвуковые ракеты.

В середине восьмидесятых годов Евгений Велихов стал вице-президентом Академии наук СССР и научным советником Кремля по вопросам обороны. Прочитав статьи Пети, он понял, что тот решил фундаментальные проблемы, связанные с любой реализацией гиперзвуковых ракет. Поэтому Россия в обстановке строжайшей секретности взялась позиционировать себя в этой новой области, имеющей важное стратегическое значение. Предусматривается несколько направлений. С начала восьмидесятых годов русские освоили производство электроэнергии с помощью павловских генераторов.



геофизический импульсный магнитогидродинамический генератор *"Pamir-2"*

Это МГД-генераторы, использующие энергию, выделяемую при сгорании твердого топлива, легированного цезием. Системы намагничивания работают за счет

13. http://www.jp-petit.org/papers/CRAS/mhd_1969d.pdf

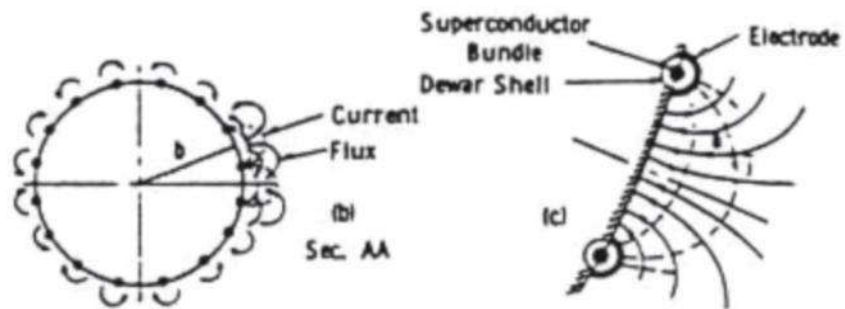
14. http://www.jp-petit.org/papers/CRAS/mhd_1981.pdf

15. <http://www.jp-petit.org/papers/MHD/1983-Moscow-instability.pdf>

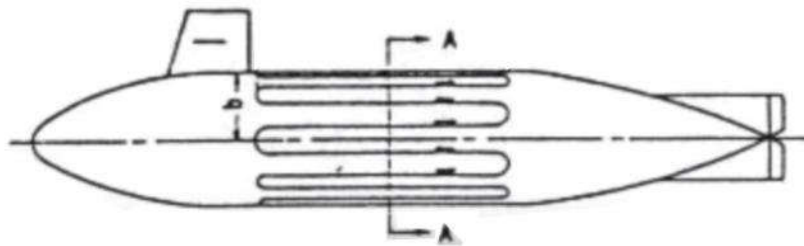
16. <http://www.jp-petit.org/papers/MHD/2011-ActaPhysPolA.pdf>

самовозбуждения. Вырабатываемая мощность составляет десятки мегаватт в течение нескольких минут. Электрическая энергия, вырабатываемая этими генераторами, может питать пристеночные электроды и системы ионизации и намагничивания, которые представляют собой конкретизацию принципов, описанных Пети в середине 1970-х годов. Это приведет спустя годы к созданию ракеты "воздух-воздух" или "земля-воздух" Kinjal, летящей со скоростью 10 Махов в плотном воздухе и с дальностью полета в тысячу километров. На имеющихся фотографиях конический колпак оснащает ракету во время ее транспортировки под самолетом МиГ-29. Он выбрасывается при срабатывании МГД-системы, демонстрируя расположение электродов и прямую, а не заостренную переднюю кромку. Гиперзвуковой поток контролируется во всех точках, не только в передней части самолета, но и по всей стенке, благодаря пристеночной системе ускорения, первоначально изобретенной американским инженером Вестом, заново изобретенной и активно изучаемой Ж.П.Пети. Смотрите это видео¹⁷. Ракета меняет направление не с помощью аэродинамических управляющих поверхностей, эффективность которых ограничена, а играя на интенсивности сил Лапласа, то есть используя "МГД-систему пилотирования", что придает ей исключительную маневренность. Его способность приближаться к цели на малой высоте выводит его из зоны действия радаров на большей части его курса. Окружающая его плазменная оболочка, поглощающая лазерные выстрелы, делает его недостижимым для этих сверхмощных систем обороны. Против такого оружия, недавно развернутого русскими в Украине, которое может нести обычные или ядерные заряды, нет никаких контрмер. Эта система пристеночного движителя использовалась россиянами для обеспечения низкоскоростной, бесшумной тяги для атомных подводных лодок. Когда в стране было принято решение перестроиться в стратегическом плане, чтобы противостоять разработке американцами противоракетных систем после односторонней денонсации ими соглашений SALT, русские быстро спроектировали подводный беспилотник "Посейдон", работающий на электричестве от ядерного реактора. Корпус, более толстый, чем у подводных лодок, позволяет ему приближаться к цели, развивая глубину 1200 метров и скорость 200 км/ч, достигаемую благодаря пристеночной МГД-двигательной силе, что делает его недостижимым для любого перехвата торпедами. Заряд мощностью 100 мегатонн, зажженный вблизи береговой линии, создает цунами высотой 500 м, способное разрушить весь юг Англии, оставив на поверхности землю, отравленную радиоактивными отходами.

17 <https://youtu.be/sGViQxiihjo>

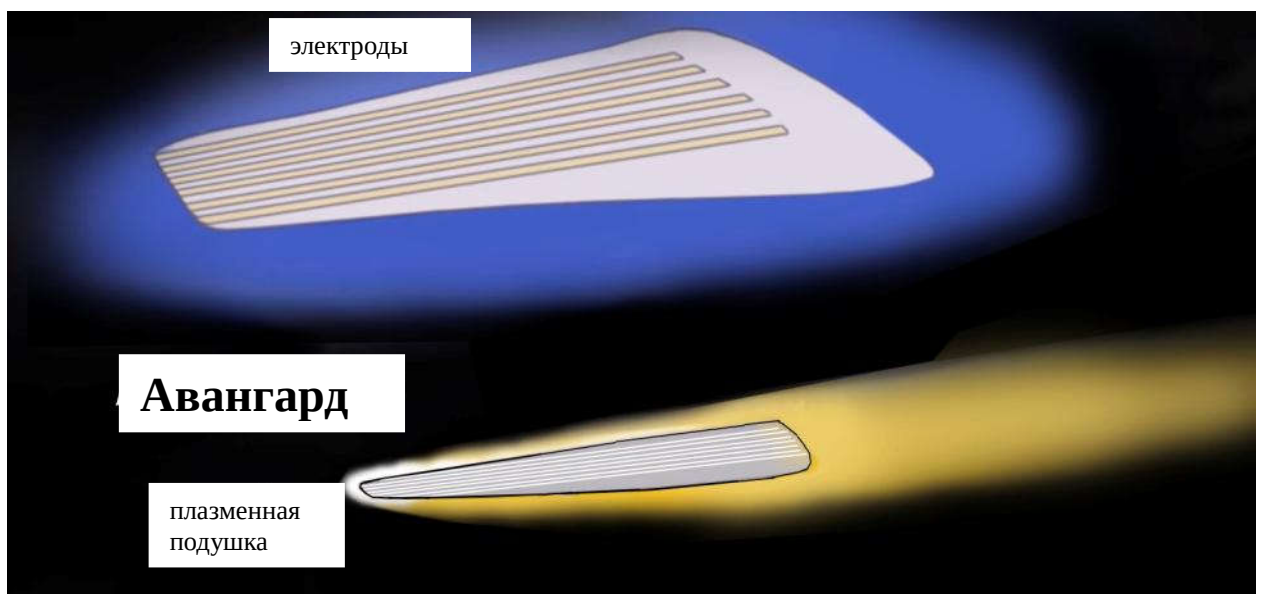


Stewart Way патент 1966



Пристеночная МГД-двигательная система, изобретенная американским инженером Стюартом Вестом

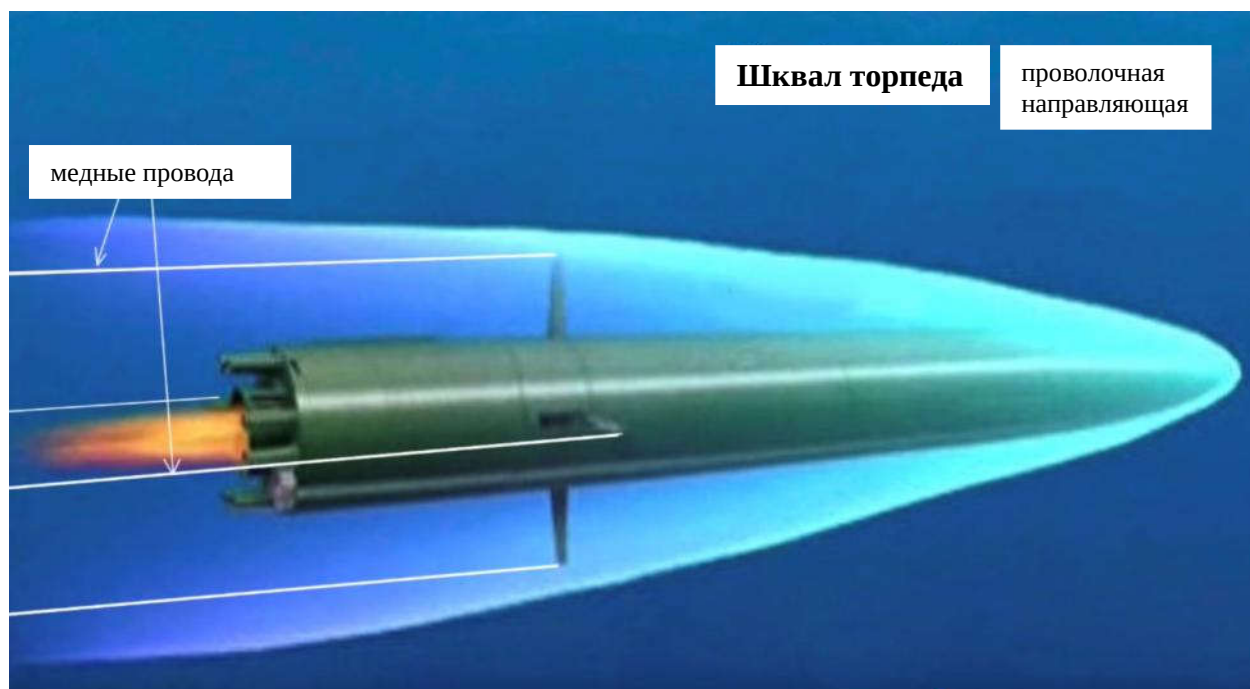
Гиперзвуковой планер "Авангард" представляет собой композитный аппарат. Часть его поверхности, оснащенная пристеночными МГД-электрогенераторами, питает части, предназначенные для аннигиляции ударных волн и отмены сопротивления. Это называется "МГД-обход".



Что такое фрикционное сопротивление?

Когда автомобиль движется в жидкости, молекулы массы m , находящиеся в непосредственном контакте со стенкой, на краткий миг становятся встроенными в нее. Затем они получают скорость V объекта, таким образом, количество движения mV , ориентированное в направлении движения. Когда они высвобождаются в окружающую жидкость, они сообщают это дополнительное количество движения своим собратьям-молекулам. Таким образом, это количество движения передается от одной молекулы к другой через так называемый пограничный слой. Для того чтобы поддерживать свою скорость, машина должна иметь систему тяги, которая противодействует этому количеству движения, постоянно передаваемому жидкостями. Другими словами, эта тяга должна противостоять силе трения, или сопротивлению. Это явление тем более важно, что жидкость плотная. Таким образом, трение, действующее на торпеды, противодействует их движению со скоростью, значительно превышающей 100 км/ч.

Решение, применяемое русскими с 1970 года, заключается в уменьшении трения путем замены жидкости, контактирующей с торпедой, воды, водяным паром, который торпеда создает путем впрыска очень горячего горючего газа в передней части. Именно так работает их торпеда Shkval¹⁸, приводимая в движение пороховой ракетой и управляемая проволокой.



Здесь и далее - сопло впрыска газа, образующегося в результате сгорания твердого топлива:

18 https://en.wikipedia.org/wiki/VA-111_Shkval



Регулируемый с помощью простых приводов, он позволяет модулировать поток газа, впрыскиваемого с одной или другой стороны торпеды. Это создает дифференциальное трение на противоположных стенках и, таким образом, представляет собой чрезвычайно эффективное средство пилотирования аппарата, принципиально отличающееся от классических элеронов или системы поворотных сопел.

Отмените фрикционное сопротивление с помощью МГД.

Пристеночная педаль газа Стюарта Уэста не только отменяет трение, но и обращает его вспять. После этого она становится движущей силой машины. Это режим движения российского подводного беспилотника "Посейдон", гораздо более тихий, чем пропеллеры.

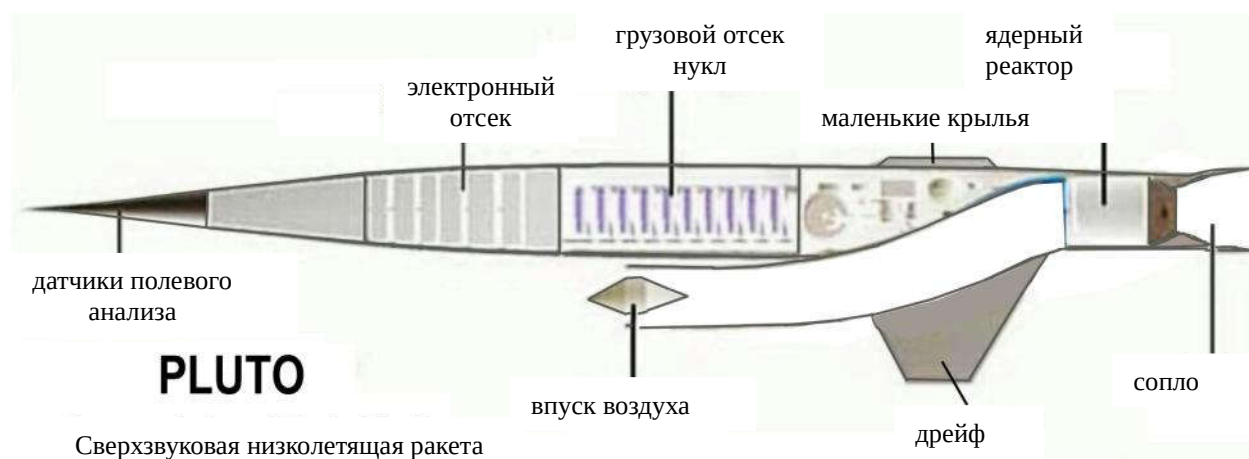
И здесь модуляция трения заменяет классические аэродинамические (или гидродинамические) поверхности управления, что придает вашим машинам несравненную маневренность. Легкий и маленький, Avangard развивается, как камешек, ricochetящий от поверхности воды, в очень высоких слоях атмосферы. Avangard - это не "волновой райдер", машина, которая обеспечивает подъем благодаря избыточному давлению, связанному с ударной волной на ее нижней части, чье отношение L/D скольжения¹⁹ не превышает нескольких единиц, из-за значительного сопротивления, присущего присутствию ударных волн, и трения. С аннулированием всего сопротивления МГД коэффициент скольжения Авангарда становится, наоборот, очень важным. Его МГД-пилотирование на высоте от 40 до 80 километров дает ему возможность приближаться к цели зигзагами на тысячи километров, не будучи

19 где L - расстояние, которое может пройти планер, теряя высоту D

обнаруженным, а плазменный кокон, который его окружает, придает ему скрытность и защищает от лазерного огня, что делает его практически невозможным для перехвата.

Американская система обороны, по сути, была развернута для борьбы с баллистическими ракетами после полета над Северным полюсом. Их система Aegis, установленная на кораблях, дополняет эту систему и направлена на защиту от океанов, но остается имитационного диапазона. Чтобы обойти такую систему обороны, русские создали тяжелую ракету "Сармат"²⁰, весом 200 тонн, способную нести 10 тонн полезной нагрузки. Это уже не совсем баллистическая ракета в том смысле, что скорость, сообщаемая полезной нагрузке, достигает скорости орбиты, что позволяет предусматривать околоземные траектории, пролетая над Южным полюсом на относительно скромной высоте, что дает возможность избежать радиолокационного обнаружения. В терминальной фазе аппарат может доставить до двадцати четырех небольших гиперзвуковых планеров Avangard.

Чтобы дополнить эту панораму, русские взяли на вооружение американский проект пятидесятых годов, проект "Плутон"²¹.

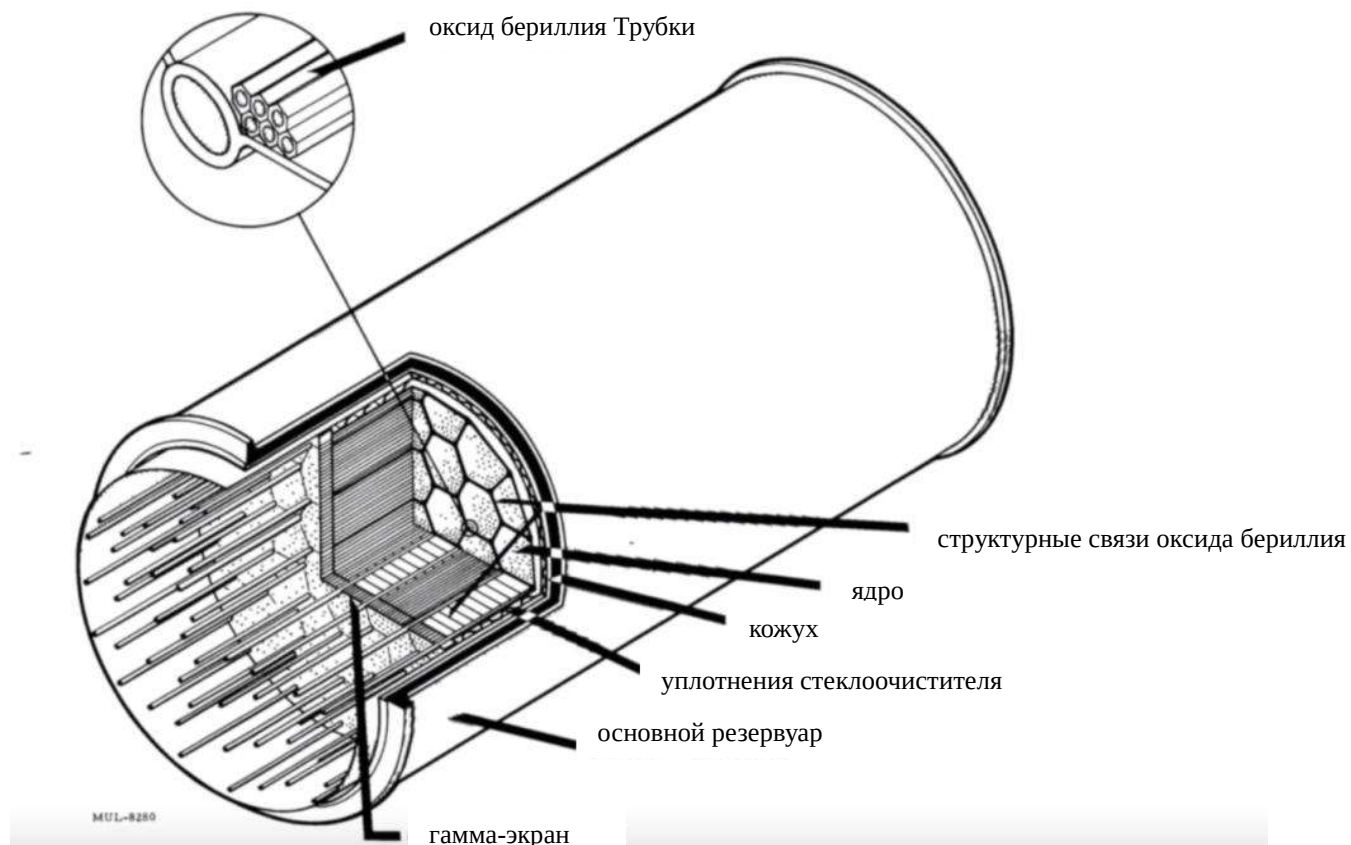


20 https://fr.wikipedia.org/wiki/RS-28_Sarmat

21 https://fr.wikipedia.org/wiki/Projet_Pluto

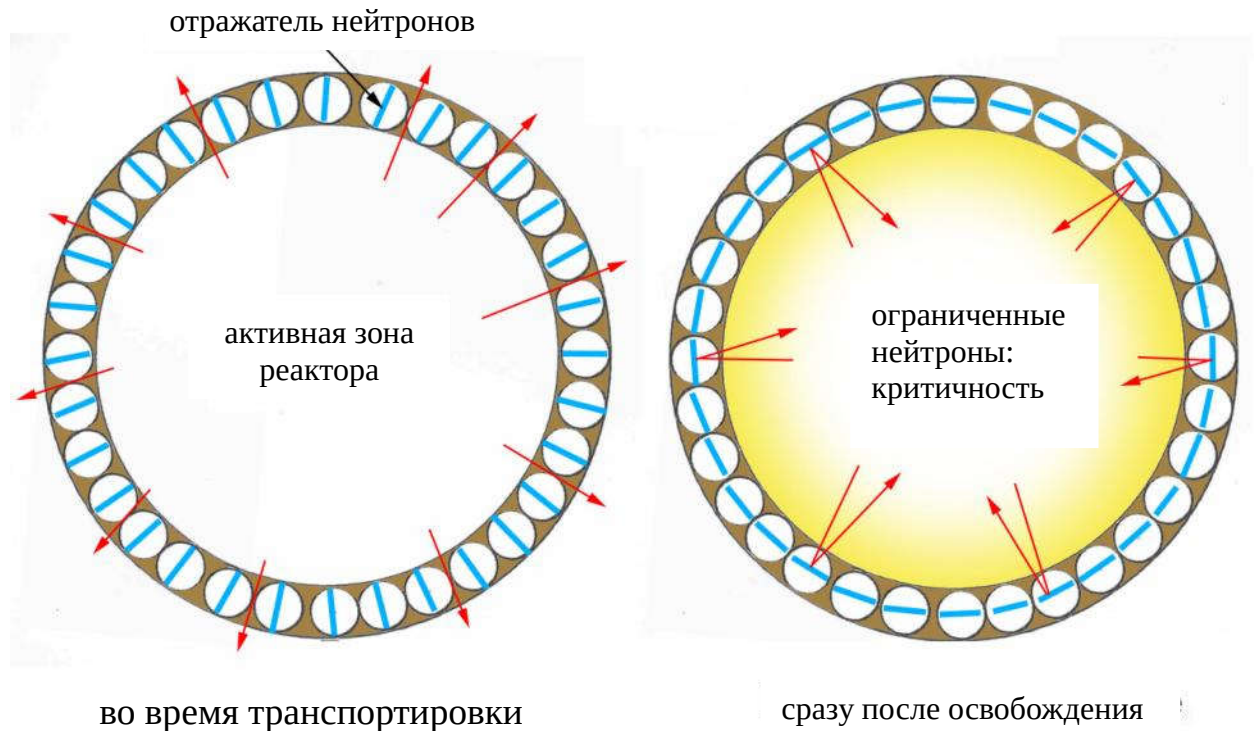


Затем это тяжелая крылатая ракета, развивающая на малой высоте скорость 3 Маха. Она оснащена термопульсивным соплом, своего рода реактивной струей, в которой воздух доводится до температуры 1200°C после прохождения через сотню трубок, обеспечивающих охлаждение мини-ядерного реактора, без какой-либо брони. Он представлен установленным на платформе, смонтированной на рельсах. Затем он приводится в движение пороховыми ускорителями, после чего в действие вступает его ядерный двигатель. Здесь и далее - ядерный двигатель Плутона:

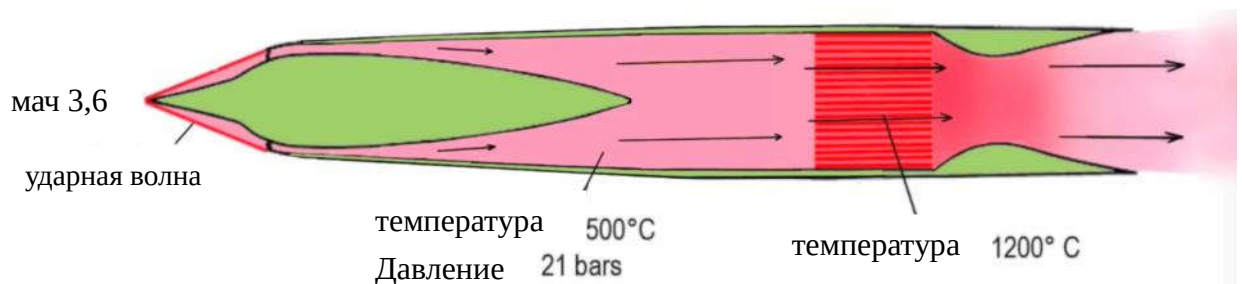


Ядерный двигатель Плутона

Запуск этого двигателя был протестирован в США. Он окружен цилиндрическими элементами, каждый из которых может поворачиваться на 90°. Рисунок слева: во время транспортировки эти элементы пропускают нейтроны. Сразу после выпуска, рисунок справа, они образуют цилиндр вокруг активной зоны реактора, отражая нейтроны. После этого реактор переходит в критическое состояние.



Автономность этой сверхзвуковой крылатой ракеты в этом случае неограниченна. В 1957 году она была рассчитана либо на двадцать ядерных зарядов ограниченной мощности, либо на один заряд мощностью 50 мегатонн. Российская ракета является ее миниатюрной версией.



Российская ядерная крылатая ракета.

Как и в двигателе Плутона, до момента выпуска реактор удерживается от критического состояния своего рода "жалюзи", которые окружают его. После выпуска эти жалюзи поворачиваются и становятся цилиндрической оболочкой, отражающей нейтроны.

Затем это устройство, гораздо менее тяжелое, может нести бомбардировщик. Объем и масса электроники, очевидно, намного меньше. После активации, помимо заложенных ядерных зарядов, его реактор представляет собой грязную атомную бомбу высшего класса. Американцы, завершив разработку бортового реактора, отказались от проекта в связи с разработкой баллистических ракет.

Представленная сегодня как действующая, одна из этих ракет взрывается в 2019 году во время испытаний. Французские секретные службы извлекают ядерные отходы в атмосферу, что свидетельствует о реальности проекта. Меня посетил армейский посланник, предложив мне 3000 евро за написание отчета об основных характеристиках этого нового российского оружия, плюс предложение провести семинары с зарплатой инженера-консультанта высокого класса, призванные ввести наших военных инженеров в курс дела.

Предложение не сопровождается эффектом.

Заключение

Вывод таков: вопреки статье, появившейся в недавнем номере журнала Scientific American, президент Путин в 2018 году не блефовал. Чтобы избежать новой разрушительной гонки вооружений с целью установления паритета, противоракетного оружия против противоракетного оружия, русские выбрали качественный, а не количественный подход. При стоимости военных расходов в десять раз меньше, чем у Соединенных Штатов, с этим гиперзвуковым оружием и этим подводным беспилотником, они имеют неостановимые возможности возмездия, слишком разрушительные, чтобы кто-то захотел сокрушить Россию. Это и было их целью. Увеличивает ли это новое оружие риск возникновения пожара? Не больше и не меньше, чем предыдущие. В любом случае, текущие события показывают, что нет никакой необходимости в ядерном оружии, чтобы продолжать убивать друг друга, больше, чем когда-либо. Что остается удивительным, так это количество денег и мозговой силы, повсеместно направляемых на создание устройств смерти, вместо того чтобы разрабатывать новые источники энергии. По этому поводу я предсказываю, что однажды нам удастся от химических взрывчатых веществ, активирующих МГД компрессоры, вдохновленные Z-машиной, инициировать реакции анейтронного синтеза смеси бора и водорода, эта техника приведет к "зеленым" термоядерным бомбам, причем... миниатюрным. В 2008 году мы пытаемся привлечь внимание Министерства исследований к этой формуле, с целью привести к источнику энергии, неисчерпаемому и безотходному, которого ждет мир. Тут же вмешивается армия:

- Сначала бомбы, потом энергия.