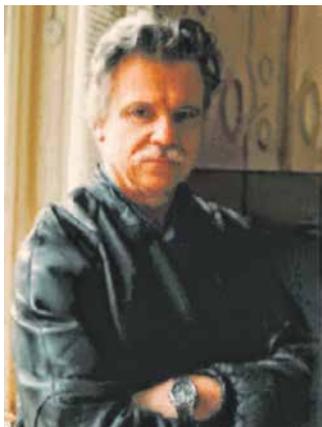


Ракетные двигатели БЕЗ топлива и отбрасывания массы



Лев Сапогин, профессор, д. т. н.



Владимир Джанибеков, лётчик-космонавт СССР

Во вторник, 12 сентября 2017, средства массовой информации разразились сенсацией – китайские учёные объявили на весь мир о создании рабочего варианта микроволнового двигателя EmDrive, работу которого трудно объяснить фундаментальными законами классической физики. Объявлено это не где-нибудь, а на государственном телеканале CCTV-2 – в Китае это очень серьёзно.

Ранее, в августе 2014, эксперты NASA успешно испытали двигатель EmDrive, над которым больше 10 лет смеялись учёные. Принцип работы этого двигателя нарушает фундаментальные законы физики, но он необъяснимым образом работает, кардинально меняя перспективы освоения космоса.

Двигатель EmDrive был изобретён британцем Роджером Шоуером (Roger John Shawyer), он не нуждается в топливе, поскольку в нём используется энергия микроволн. Первая экспериментальная модель была построена ещё в 2003 г., тогда устройство дало тягу 16 миллиньютонов. Над изобретателем продолжали смеяться даже тогда, когда эксперимент в 2009 г. успешно повторила группа китайских исследователей. Теперь отчёт об испытаниях опубликован на сайте NASA.

В статье американских исследователей, работавших под руководством доктора Гарольда Уайта (Harold White) из Космического центра им. Линдона Джонсона, описаны восемь дней августа 2013 г., в течение

которых была продемонстрирована жизнеспособность невероятной идеи. Как поясняет Hi-News, двигатель Шоуера генерирует тягу путём колебаний микроволн внутри вакуумного контейнера. Электричество, необходимое для создания микроволн, добывается с помощью солнечного света. Таким образом, устройство не требует использования рабочего тела и фактически может работать вечно, до момента механической поломки.

«Испытания показали, что уникальная конструкция микроволнового двигателя действительно позволяет создавать силу, которую невозможно описать с помощью классической теории электромагнетизма, и всё же установка предполагает взаимодействие с квантовым вакуумом виртуальной плазмы», – говорится в представленном NASA отчёте. Замеры показали наличие тяги в 30–50 микроньютонов – очевидно, столь незначительная тяга объясняется тем, что в NASA испытания проводились при уровне мощности, в 50 раз меньшем, чем применённый

Шоуером, и в 150 раз меньшем, чем в эксперименте китайских учёных. Как поясняет портал Gizmodo, идея этого двигателя противоречит основным принципам закона о сохранении импульса. Проще всего было бы допустить, что двигатель работает из-за того, что при испытании была допущена ошибка, однако тогда надо предположить, что такая же промашка допущена не только самим изобретателем, но и двумя независимыми командами исследователей.

The Guardian Liberty Voice напоминает, что NASA давно ищет возможности для прорыва в области космических путешествий, и EmDrive может сделать миссии по освоению дальнего космоса значительно более реальными. До сих пор космические разработки опирались на законы классической механики. Принципиальная новизна двигателя Шоуера, по мнению издания, состоит в том, что его действие основано на специальной теории относительности Эйнштейна и принципах движения импульсов света, хотя это, по нашему мнению, не совсем так.

Парадоксы лучистого трения

В 2008 г., в ТМ №№9 и 11, мы поместили две статьи Л.Г. Сапогина и В. А. Джанибекова «Прорыв в новую физику» и «Какая физика запрещает вечный двигатель?», в которых были описаны основы унитарной квантовой теории (УКТ), а также теоретическая идея создания реактивного двигателя, не отбрасывающего какой-либо массы. Кроме этой научно-популярной статьи ещё в 2000 г. авторы опубликовали в американском журнале *New Energy* теорию похожего двигателя в значительно более строгом изложении. Подробности читатели при желании могут найти в статьях авторов в американских журналах *Journal of New Energy* Vol. 5, #1, 2000 и *SOP Transactions on Theoretical Physics* Vol. 1, № 3, 2014, или в книге «Унитарная квантовая теория и новые источники энергии», второе издание которой появилось в США в 2016, в нём подробно рассмотрены как возможности создания новых источников энергии, так и теория EmDrive. Все можно найти в Интернете:

<http://www.sciencepublishinggroup.com/book/B-978-1-940366-43-2>

В этой же книге с большой точностью (доли процента) вычислена постоянная тонкой структуры (1/137) и спектр масс многих элементарных частиц, например позже открытые Хиггсовский бозон и два пентакварка.

Поэтому мы решили обратиться к авторам за комментариями.

Лев Георгиевич и Владимир Александрович подошли к задаче фундаментально, и присланный в редакцию материал, как мы считаем, интересен не только в связи с вопросом, послужившим причиной его появления. Начали авторы издаека – с непростой, как выясняется, истории теоретического осознания принципа реактивного движения...

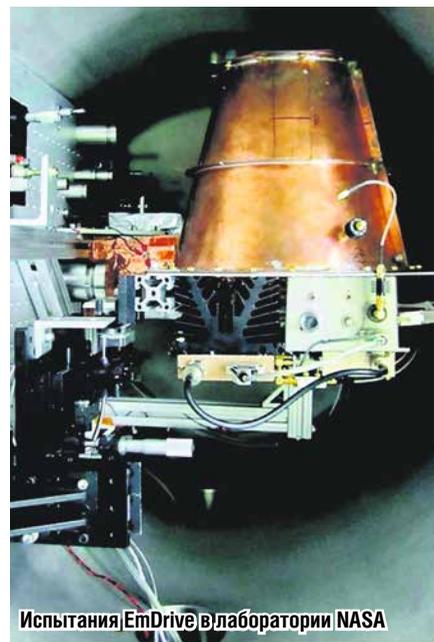
...Чтобы от него отталкиваться!

Рассматривая историю возникновения и использования реактивного движения, можно только удивляться тупости и слепоте человеческой мысли. Хотя реактивное движение известно 20 веков (знаменитое колесо Герона Александрийского – примерно 1 в. н. э.), полное понимание принципа реактивного движения возникло, как это ни парадоксально, всего около сотни лет назад! По-видимому, впервые, этим серьёзно занялся русский профессор И.В. Мещерский в своей механике тел переменной массы. А в 1897 г. К.Э. Циолковский вывел уравнение движения ракеты, основанное на законе сохранения импульса, – теперь оно знакомо каждому студенту технического вуза, изучающему физику.

Мысли об использовании ракетного принципа для передвижения в космосе высказывались Циолковским ещё в 1883 году. Систематически заниматься математически строгой теорией движения реактивных аппаратов он начал в 1896 г., а в 1903-м в журнале «Научное обозрение» была напечатана первая часть основополагающего труда – статьи «Иссле-

дование мировых пространств реактивными приборами». В этой статье и последовавших продолжениях (1911, 1914 гг.) учёный, опираясь на законы классической механики, разработал основы теории жидкостного ракетного двигателя и провёл теоретическое исследование движения «реактивных приборов», обосновав возможность применения ракет для межпланетных сообщений.

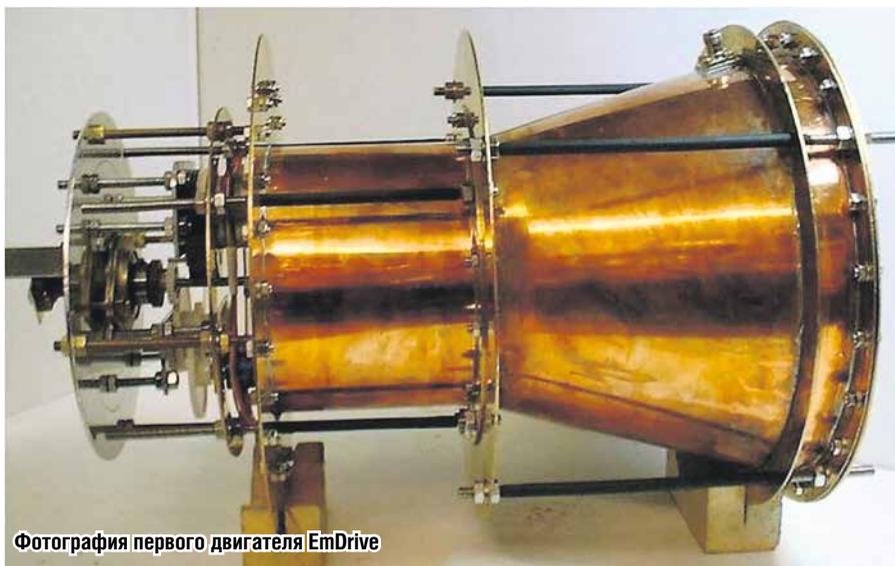
Рассмотрение практической задачи прямолинейного движения ракеты



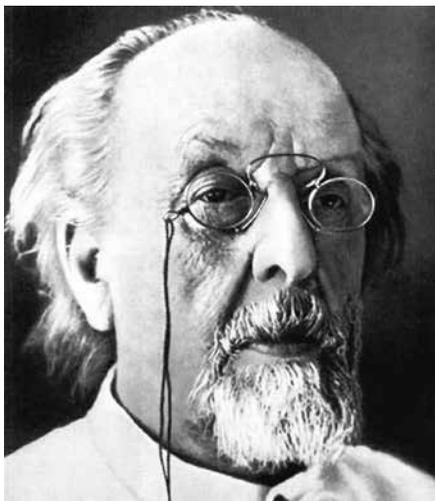
Испытания EmDrive в лаборатории NASA

привело Циолковского к решению новых проблем механики тел переменной массы. Им впервые была решена задача посадки космического аппарата на поверхность планет, лишённых атмосферы, и разработана теория многоступенчатых ракет. Он первым решил задачу о движении ракеты в неоднородном поле тяготения и рассмотрел (приблизённо) влияние атмосферы на полёт ракеты, а также вычислил необходимые запасы топлива для преодоления сил сопротивления воздушной оболочки Земли.

Нет нужды доказывать, что основания для всех космических исследований были заложены работами К.Э. Циолковского. Но мало кто знает, как это было встречено в до-революционной России. К нему



Фотография первого двигателя EmDrive



Константин Циолковский (1857–1935), теоретик космонавтики

отнесли, грубо говоря, как к полоумному чудаку, тем более что он был почти глухой. Много позже, уже в советские времена, стареющий Циолковский написал письмо И. В. Сталину. Можно по-разному относиться к этому периоду истории, но Сталин, во-первых, ему сам (!) ответил, во-вторых, помог с получением хорошей пенсии и даже наградил орденом. Таким образом, почти перед смертью величайший учёный получил хотя бы некоторую долю признания и заслуженного уважения. Следуя известным стереотипам, кто-то может подумать: «Россия – дремучая страна, в других странах к великим людям относятся не так. И ошибётся. Вот история Роберта Годдарда (Robert Homer Goddard, 1882–1945)».



Роберт Годдард (1882–1945), создатель жидкостных ракет

Этот американский исследователь получил образование в политехническом университете и в Университете Кларка (отметим, что Циолковский был самоучкой). Очень долгое время он не подозревал о существовании Циолковского, но область его интересов была той же: ракетное движение. Годдард стал поистине одним из пионеров космонавтики, основы которой он заложил в своей книге 1919 года издания. В 1926 г. он запустил первую в мире ракету с ЖРД, через шесть лет построил ракету с гироскопической стабилизацией, в 1935 г. его ракета превысила скорость звука, а патент на конструкцию двухступенчатой ракеты он получил ещё в 1914 г...

Если кто-то думает, что американская научная общественность в те годы хоть как-то поддержала Годдарда, то он жестоко ошибается. Вот издательская цитата одной из самых главных газет Америки – The New York Times. Мы специально даем полный текст, так как многие наши читатели знают английский:

«Professor Goddard does not know the relation between action and reaction and the need to have something better than a vacuum against which to react. He seems to lack the basic knowledge ladled out daily in high schools».

New York Times editorial about Robert Goddard's revolutionary rocket work, 1921.

«Профессор Годдард не знает разницы между действием и противодействием. Надо иметь что-то лучшее, чем вакуум, чтобы от него оттолкнуться. Ему не хватает знаний, которые даются ещё в школе».

Редакция «Нью-Йорк Таймс» о революционных работах Роберта Годдарда в области ракетостроения, 1921.

Нам неизвестна реакция профессора Годдарда, но он мог бы сказать редакции с таким убогим мышлением, что ракета как бы отталкивается от выпущенных ею газов.

Далее мы увидим, что, даже получив сравнительно недавно достоверную классико-механическую теорию реактивного движения, не все представители научного сообщества отчётливо понимают, что механика Ньютона не позволяет в космическом пространстве создавать тягу, не

отбрасывая массу. Авторы помнят, что еще в середине 60-х годов прошлого века на ТВ СССР были популярные передачи о машине Дина, инерциоидах Толчина – их движение было связано с нелинейной зависимостью силы трения от скорости и не нарушало никаких законов классической механики.

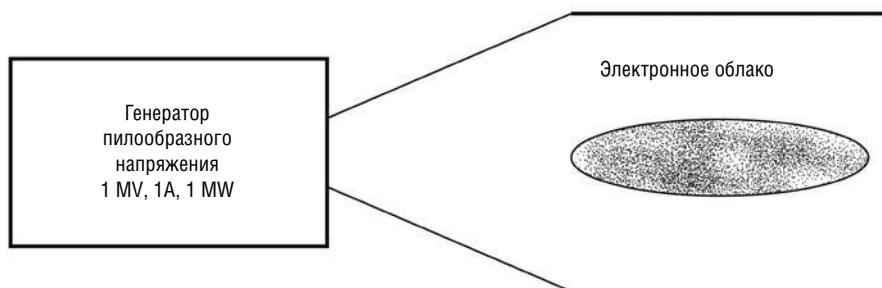
Итак, обычные реактивные двигатели преобразуют подводимую энергию в кинетическую энергию струи рабочего тела, вытекающей из сопла двигателя, и сила реакции этой струи – сила тяги – разгоняет аппарат. Однако существует возможность создания очень слабой постоянной тяги – внимание! – без отбрасывания массы. Такая возможность существует, но уже не в рамках ньютоновской механики.

Вспользуемся простой аналогией. Классическая «завальная» задача по физике для вступительных экзаменов в университет: имеется лодка в неподвижной воде и человек с мешком песка в этой лодке; может ли он, осуществляя любые манипуляции с мешком, заставить лодку двигаться вперёд неограниченное время?

Правильный ответ: следует бросать мешок с носа на корму, затем медленно переносить мешок на нос лодки, снова бросать и т. д. Лодка будет осуществлять колебательное движение и, поскольку сила вязкого трения Стокса зависит от скорости, его средняя величина будет постоянным линейным перемещением.

Нечто похожее можно осуществить в классической и квантовой электродинамиках, и связана такая возможность с силой радиационного трения Лоренца. Эту силу еще называют лучистым трением. Появление этой силы можно понять, если рассмотреть взаимодействие заряда и порождённого им при ускорении электромагнитного поля.

Для покоящегося заряда сила такого взаимодействия – можно сказать, «самовоздействия» – равна нулю, иначе свободный заряд испытывал бы самоускорение. Заряд начинает двигаться, но электромагнитное поле, скорость распространения которого конечна, не может перестроиться мгновенно. Ускоренный заряд как бы налетает на собственное



Колебания электронного облака в плоском конденсаторе

поле; по-иному это можно описать как возникновение потока электромагнитной энергии, направленного навстречу заряду и тормозящего его. Появляется «электромагнитная вязкость», величина которой зависит от ускорения.

Но это уже не механика Ньютона, и это уже не замкнутые системы! Дело в том, что в унитарной квантовой теории нет законов сохранения импульса и энергии для одиночных частиц. Законы сохранения появляются в ней после усреднения по ансамблю частиц. Вообще говоря, это же имеет место и в обычной квантовой теории, так как для малых энергий процессы случайны. Чтобы выйти из затруднительного положения, творцы квантовой механики стали говорить, что она не описывает одиночные процессы. Нет, на самом деле она их описывает, но может предсказать только вероятности, а тогда законов сохранения нет для одиночных событий с малой энергией, и они, так же, как в УКТ, появляются при усреднении по ансамблю.

Как использовать это явление? Пусть в вакууме находится плоский конденсатор, между пластинами которого имеется облако зарядов. Прикладывая к пластинам пилообразное напряжение, можно заставить облако колебаться между пластинами с разными величинами ускорения и скоростей в прямом и обратном направлениях. Важно так подобрать параметры процесса, чтобы электроны не успевали соприкасаться с пластиной. За счёт неодинаковых сил радиационного трения в прямом и обратном направлениях возникнет сила тяги (реакция) вдоль линий электрического поля. Излучение таких ускоренных зарядов всегда

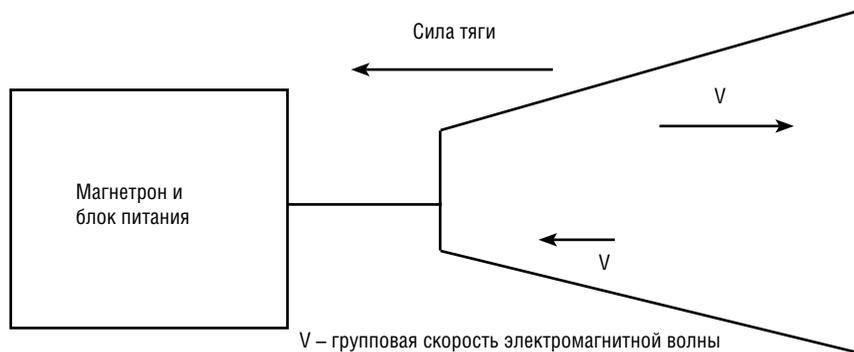
перпендикулярно направлению их движения и может быть заэкранировано, но, самое главное, оно не меняет импульса по направлению электрического поля конденсатора.

Таким образом, мы получаем силу тяги, затрачивая на этот процесс энергию, но не отбрасывая никакой массы. В упомянутой выше статье в журнале *New Energy* авторы дали точное аналитическое решение этой задачи: тяга в несколько микрограммов возникает в плоском конденсаторе с расстоянием между пластинами в десятки метров, содержащем облако в $\sim 10^{19}$ электронов, при приложении пилообразного напряжения в миллион вольт и токе 1 ампер – потребляемая мощность 1 МВт.

Жалкий результат при такой богатой технической фантазии! Конечно, такое использование плоского конденсатора с электронным облаком с практической точки зрения абсолютно бесперспективно. Но если существуют стабильные заряженные частицы с массой, по крайней мере в миллион раз меньше массы электрона, то тогда технически эта идея становится весьма любопытной. Спектр масс элементарных частиц, вычисленных в унитарной квантовой теории, это не запрещает. Можно напомнить о лодке в неподвижной воде, она будет двигаться, даже если вёсла не вытаскивать из воды, а перемещать их с различной скоростью вперед и назад... но это будет уже не замкнутая система.

Физическая подоплёка самой возможности получения движения путём отбрасывания массы – фундаментальный закон сохранения импульса. В замкнутой системе полный вектор импульса с течением времени не меняется. В случае ракеты зам-

кнутая система – это ракета и отбрасываемая ею масса газа. В такой системе, конечно, никакой тяги нет, и её центр масс сохраняет неизменное положение в пространстве. Если ракету поместить в замкнутый объём, то этот объём двигаться не будет. Существует очаровательная шутка среди офицеров-ракетчиков: опишите перемещение центра масс ракеты после старта и попадания её в цель. Ответ, конечно, парадоксален: он так и остался на старте ракеты, а ракеты там уже нет. Но нам не нужна система «ракета + струя»! Нас интересует движение ракеты, а она без своих газов является системой разомкнутой. Ракета со своим двигателем – разомкнутая система, поэтому она и летит. Современная квантовая наука сохраняет понятие замкнутых систем и, как и классическая динамика, не допускает возможности реактивного движения без отбрасывания массы. Обычная квантовая механика строилась по образцу классической. Однако УКТ отличается от обычной квантовой теории, квантовая картина мира в ней иная. Частица в УКТ – не точка с туманными свойствами и фиксированными параметрами, а сгусток некоторого единого поля. Этот сгусток при своём движении появляется и исчезает за счёт дисперсии парциальных волн, на которые можно разложить по преобразованию Фурье сгусток некоторого единого поля. Сами Фурье-компоненты имеют очень малую амплитуду и поэтому могут проникать через любые материальные стенки, и частицы могут внезапно появляться и исчезать в любой системе. Поэтому в УКТ принципиально не могут существовать замкнутые системы, а это значит, что в рамках теории может существовать двигатель, работающий как бы за счёт «отталкивания от электрон-позитронного вакуума за стенками двигателя». Другими словами, частицы, от которых оттолкнулся двигатель, могут даже уйти из объёма конденсатора и размазаться по всей Галактике, и унести с собой импульс, то есть полученный импульс не сохранить, так как законов сохранения нет. А почему их нет? Потому что бессмысленно говорить о сохранении



Колебания электронного облака в плоском конденсаторе

в незамкнутой системе! Тут снова уместно вспомнить о перемещении лодки в неподвижной воде – описанную выше тестовую задачу для абитуриентов. Думающий читатель сразу попытается возразить и сказать, что если вода находится внутри лодки, то движение вёсел внутри лодки не приведёт к её перемещению. Это безусловно так, так как система замкнута. Чтобы успокоить этого читателя, надо сказать, что эта аллюзия не правильна, нельзя в унитарном квантовом мире произвести разделение на объём внутри и вне резонатора... Движение заряда внутри конденсатора связано со всей Метагалактикой, и поэтому система не замкнута. Кстати, Мах был первым философом и механиком, который утверждал, что проявление инерции связано со взаимодействием массы с мировым потенциалом окружающих неподвижных звёзд. И подчеркнём ещё раз, что в двигателе, опирающемся на УКТ, мы имеем дело не с классической квантовой теорией и не с замкнутой системой.

Мировой потенциал звёзд

Однако вернёмся к двигателю, изобретённому Шоуером и испытанному в NASA и Китае.

Надёжная информация о его устройстве отсутствует. Если бы не было рассмотренных выше идей, то можно было бы говорить о том, что этот двигатель опровергает фундаментальную науку. Сам Шоуер предлагает такое объяснение его работы: групповая скорость электромагнитных волн в узкой части конического резонатора меньше, чем в широкой, давление электромагнитных волн на противоположные стенки будет разным, и именно эта разница давлени-

ний и создаёт силу тяги. И его совершенно не смущает, что в его рассмотрении система замкнута, и должен выполняться закон сохранения импульса, а это значит, что никакой тяги прибор развить не может.

Тем не менее, как мы знаем, в разных странах было создано несколько моделей такого двигателя. Известно, что мощности магнетронов на частоте 2,45 GHz, которыми запитывались разные резонаторы, были от 850 Вт до 2 кВт, добротности резонаторов – от 6000 до 45000. И двигатели показывали тягу, очень маленькую, но надёжно фиксируемую.

По-видимому, в таком двигателе эксплуатируются рассмотренные нами идеи, а вместо облака электронов использована плазма в высокочастотном резонаторе, возбуждаемая электромагнитным полем. Авторы EmDrive утверждают, что в резонаторе вакуум, но, судя по различным снимкам, конические резонаторы собраны на винтах без пайки. Вряд ли вакуум в них ниже долей миллиметра ртутного столба. При таком давлении и мощных магнетронах оставшийся газ будет полностью ионизован. При этом ионы из-за большой массы будут практически неподвижны, а свободно колебаться будут только электроны. В нашем подходе система теперь не замкнута, а потому наличие тяги не будет противоречить новой фундаментальной науке, законов сохранения нет, электроны могут на себя взять часть переданного им импульса и стенкам его не передавать.

Надо сказать, в NASA пришли к похожему заключению. Учёный Гвидо Фетта (Guido Fetta) и группа Уайта – мы ещё не сказали, что его подразделение Eagleworks занимается в NASA

исследованиями нетрадиционных источников силы тяги, – в своей работе о принципе функционирования двигателя, подобного двигателю Шоуера, пишет следующее:

«Результаты наших испытаний показывают, что устройство, имеющее замкнутый рабочий объём, представляющий собой резонансную полость, является новым типом электрического двигателя. Сила тяги, создаваемая этим двигателем, не имеет отношения ни к одной фундаментальной силе или известному электромагнитному явлению. То, что заставляет этот двигатель работать, мы можем описать термином “взаимодействие квантовой виртуальной плазмы в вакууме”, что, в общем-то, абсолютно не проясняет суть наблюдаемых нами эффектов».

Можно понять исследователей из NASA, которые написали о «взаимодействии с квантовой виртуальной плазмой», – что-то в таком роде им крайне необходимо, чтобы сделать систему незамкнутой. Но они наверняка понимают, что в глубоком вакууме при его сильной поляризации будут рождаться электрон-позитронные пары, которые в поле будут колебаться в разные стороны, и никакой тяги вообще не будет. Надо полагать, именно поэтому их рассуждения выглядят столь туманно.

Двигатель как с резонатором, так и с плоским конденсатором – это незамкнутые системы с позиций унитарной квантовой теории, поскольку энергия любой частицы периодически размазывается по всему пространству, а потом снова собирается. Другими словами, происходит постоянный обмен материей, энергией и импульсом со всей галактикой, и никакие стенки не могут этому препятствовать. По этой причине в УКТ принципиально все квантовые системы незамкнутые, а замкнутость, – это идеализация для в механики Ньютона. Наверняка, если сделать глубокий вакуум в резонаторе, то тяга исчезнет. Точно так же она исчезнет, если магнетрон будет выдавать чисто синусоидальные колебания. На самом деле этого в жизни никогда нет, спектр колебаний магнетрона очень сложен.

Впрочем, это наши догадки, хотя и тщательно продуманные...