

Space Colonization Journal, Vol.14, May, 3, 2014.
русская версия журнала «Колонизация космоса», Том №14 от 3 мая 2014 г.

Сверхсветовой реактивный двигатель для межзвездных полётов.

Автор:

Иосиф Иосифович Смутьский

Журнал является научным журналом, имеющим отдельное приложение в виде аналитических записок. Журнал публикует статьи о колонизации космоса, в частности колонизации планет, проблемы и перспективы колонизации Марса, Луны, Венеры и других планет и спутников Солнечной системы, робототехнике, проекты освоения космоса, проблемы, связанные с проживанием в открытом космосе, робототехнике, полетам к другим звездным системам, колонизации планет, спутников за пределами Солнечной системы, а также колонизации других планетарных систем.

Издатель: Space Robotics Corporation, Лондон, Великобритания

ISSN: 2053-1737

Издатель: Space Robotics Corporation Limited.

Адрес издателя: 1st Floor, 2 Woodberry Grove, Finchle, London, United Kingdom, N12 0DR.

Тип журнала: периодический электронный научный журнал, дополненный мультимедийным функционалом, без ограничений на объем публикаций.

Главный редактор журнала: Александр Багров, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института астрономии Российской Академии наук, ведущий специалист сектора «Проектирование космических систем» Научно-производственного объединения им. С. А. Лавочкина.

Дизайн и верстка: Марина Усенко.

ISSN: 2053-1737.

ISSN присвоен журналу организацией: ISSN UK Centre of the British Library, Boston Spa, Wetherby, West Yorkshire, LS23 7BQ, United Kingdom.

Версии журнала:

основная версия журнала: <http://spacecolonization.info>;

русскоязычная версия журнала: <http://spacecolonization.ru> .

Любое использование материалов допускается только с согласия правообладателя Space Robotics Corporation.

Сверхсветовой реактивный двигатель для межзвездных полетов.

Иосиф Иосифович Смутьский

Доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник.

Основное место работы: Институт криосферы Земли Сибирского отделения Российской Академии наук, г. Тюмень, ул. Малыгина, 86, Россия, 625048.

URL: http://www.ikz.ru/~smulski/smull/Smulsky_eng.html, **E-mail:** jmulsky@mail.ru

Получено: 30 апреля 2014. **Принято к публикации:** 2 мая 2014. **Опубликовано:** 3 мая 2014.

Аннотация. Проанализированы предлагаемые принципы движителей для межзвездных полетов и показана их бесперспективность. В космическом пространстве можно перемещаться только за счет реакции выбрасываемого из корабля вещества. Чем больше скорость выбрасываемой струи, тем больше эффективность движителя. При световой скорости струи могут быть достигнуты приемлемые параметры корабля для полета к планетам ближайших звезд. Основываясь на безгипотезных представлениях об электромагнитных взаимодействиях, показаны способы получения сверхсветовых частиц. На одном из них основана идея движителя со сверхсветовой реактивной струей. Рассмотрена последовательность задач для решения проблемы межзвездных полетов. Ближайшей задачей является создание движителя со скоростью струи порядка 100 км/с. Такой движитель позволит обеспечить противоастероидную защиту Земли. Кроме того, с его помощью можно подготовить астероид в качестве основы корабля для межзвездного полета.

Ключевые слова: NASA, межзвездные, полеты, сверхзвуковые, движения, реактивный, движитель, использование, астероидов.

1. Введение.

Настоящая статья написана на основе текста доклада «Обоснование стратегии исследований для межзвездных полетов» на 6-й международной конференции «Системный анализ и управление космическими комплексами», Евпатория 02.07-08.07.2001 г. Тема доклада определилась после знакомства с материалами конференции для приглашенных специалистов со следующим названием «NASA Breakthrough Propulsion Physics Workshop, August 12-14, 1997, NASA Lewis Research Center, Cleveland, OH». Цель и название этой конференции привлекли внимание. Достигнутые человечеством успехи по первым шагам освоения космического пространства послужили поводом к тому, что была проведена конференция по созданию стратегии исследований для межзвездных полетов. Главная проблема таких полетов заключается в движителе. Когда автор познакомился с материалами конференции, то оказалось, что все предлагаемые движители являются нереальными. В связи с этим возник вопрос: а существует ли в принципе способ, который позволит человеку достичь планет других звезд. В этой статье представляется такой способ.

Возникает вопрос, является ли этот метод единственным? На международной конференции «Asteroid-Comet Hazard-2009, Russia, St. Petersburg, September 21-25, 2009, инженер Зоран Илиц из Сербии предложил движитель для отклонения опасных астероидов [1]. Суть его предложения заключалась в том, что с помощью тонкой и длинной нити раскручивается груз, а затем он отпускается. На астероид действует импульс движения, обратный по направлению количеству движению груза. Автор заинтересовался этим методом и сделал прикидочные расчеты. Однако, несмотря на кажущуюся привлекательность этого метод, эффективность его оказалась невысокой. Тем не менее, этот пример показал, что необходимо продолжать поиски по разработке движителей. Вполне возможно, что может быть найден такой, который будет лучше предлагаемого в этой статье. При этом возникает вопрос, в какой

области проводить поиски нового движителя и чем руководствоваться? Эти вопросы также обсуждаются в статье.

2. Предлагаемые способы для межзвездных полетов.

Вопрос "Что находится вне пределов области нашего обитания?" всегда является причиной неослабеваемого интереса человека к познанию новых миров. Космические исследования 20-го века показали, что в Солнечной системе только Земля является обитаемой. Поэтому сейчас интерес человека остановился на планетах других звезд.

В настоящее время космические полеты совершаются с помощью реактивной струи сгорающего топлива, скорость которой порядка $v = 5$ км/с. Для путешествия к ближайшей звезде, в соответствии с формулой К.Э. Циолковского, стартовая масса корабля m_0 должна превышать массу возвращающегося m_{rt} в следующее число раз [2]:

$$\frac{m_0}{m_{rt}} = e^{\frac{4c}{v}} = e^{2.4 \cdot 10^5}. \quad (1)$$

Такое большое число свидетельствует о невозможности достижения планет других звезд с помощью реактивной струи сгорающего топлива.

Как уже отмечалось 12-14 августа 1997 года астронавтические ассоциации США проводили рабочее совещание по разработке стратегии исследований по созданию движителя для межзвездных путешествий (Breakthrough Propulsion Physics Workshop). Доклады можно разбить на следующие темы или способы:

1. Межзвездные полеты методом изменения пространственно-временной геометрии: 1.1. Туннелирование времени для целей перемещения; 1.2. Деформационные движители (Warp drive); 1.3. Движение через "червоточины" пространства (Worm hole).
2. Изменение инертной массы как реакции вакуума реактивному движению, в том числе: 2.1. Овладение тайнами гравитации и инерции; 2.2. Использование Казимир-силы (Casimir force – сила притяжения между близкорасположенными металлическими пластинами); 2.3. Использование гипотезы инерционного ветра.
3. Использование энергии нулевой точки вакуума (zero-point energy (ZPE)), в том числе: 3.1. Микрокавитация со световым излучением для реализации ZPE; 3.2. Резонансные диэлектрические микросферы для извлечения ZPE.
4. Сверхсветовой движитель в рамках общей теории относительности (ОТО).
5. Возможные взаимодействия вращающегося типа для безопорного движения.

3. Насколько реальны предлагаемые способы?

Четыре перечисленные выше способа являются гипотетическими предположениями, навеянные абстрактной картиной мира, созданной физикой 20-го века. В отношении пятого способа: взаимодействия вращающегося типа для безопорного движения.

Причина ошибочного представления о том, что с помощью безопорного способа, а также четырех вышеприведенных способов, можно сообщить движение космическому кораблю, заключается в непонимании механики. В учебниках по теоретической механике, как в отечественных, так и в зарубежных, например: Leonard Eisenbud «On the classical laws of motion», говорится о силе, действующей на тела. В действительности силы нет. На одно тело действует другое тело. Человек придумал силу для объяснения этого явления. К сожалению, многие этого не понимают. К удивлению автора, когда автор преподавал теоретическую механику, то узнал, что многие преподаватели всерьез считают, что на тело действует сила. Поэтому в своем курсе лекций «Динамика» слэнг «на тело действует сила» автор не употреблял. Автор всегда стараюсь говорить и писать так: на одно тело действует другое тело, и это воздействие мы описываем силой в таком виде. К сожалению, даже в поданных к

публикации статей автора, редакторы часто исправляют «на одно тело действует другое тело, и это воздействие мы описываем силой» в им выражение «на тело действует сила», и автор не может это исправить. По существу, все ошибки современной физики обусловлены буквальным пониманием слэнга «на тело действует сила».

Выше автор не упомянул еще один предлагаемый способ перемещения в космосе с помощью отражения света от зеркальной поверхности, который используют для фотонных движителей. Их применяют не только в научно-фантастических романах, но также закладывают в проекты планируемых космических миссий. Если бы от зеркала отскакивали частицы вещества, которые имеют определенную массу и скорость, то зеркало получало бы импульс движения, обратный по направлению отброшенным частицам. Почему оно получало бы импульс движения? Потому что зеркало воздействовало на частицы, ускоряло их. Поэтому частицы воздействуют на зеркало в обратном направлении. Однако свет, отраженный зеркалом, не является частицей. Свет – это электромагнитное воздействие. Другими словами свет – является названием явления, при котором происходят определенные взаимодействия. Поэтому зеркало не получит импульс движения при отражении света. В связи с этим фотонные ракеты не пригодны для перемещений в космосе.

К идее фотонных ракет привели две ошибочные гипотезы: 1) о радиационном излучении ускоренно движущегося заряда и 2) об искривлении хвостов комет под воздействием солнечного света. Первая гипотеза частично отброшена: на боровских орбитах электрон не излучает. Нужно ее отбросить полностью. Искривления хвостов комет обусловлены траекториями движения частиц, находящихся в них. Кроме того, под влиянием света происходит нагрев тел, а за счет нагрева изменяется взаимодействие нагретых участков с окружающими частицами. Это явление хорошо описывается так называемыми термофоретическими силами.

Итак, рассмотренные гипотетические способы перемещения в пространстве не представляют возможности, развитие которой позволит человеку совершать межзвездные полеты. Поэтому рассмотрим, какие возможности нам представляет безгипотезный подход к познанию окружающего мира.

4. Способы получения сверхсветовых частиц.

Автор считает, что основная мировоззренческая ошибка физики 19-20 веков заключается в том, что вместо изучения окружающего мира происходит его построение на основе вводимых абстрактных понятий: флогистон, электрическая жидкость, эфир, поле, пространство-время, струна и т.д. Вместо того, чтобы описывать взаимодействие тел в тех понятиях, которые человек наблюдает и измеряет, создавалось объяснение с помощью гипотетических конструкций, часть из которых упомянута выше. Например, все опыты свидетельствуют, что взаимодействие двух заряженных тел зависит от их относительной скорости движения. Однако, в теории относительности (ТО) в угоду этим гипотетическим конструкциям принимается, что взаимодействие тел от их скорости не зависит. Поэтому, чтобы удовлетворить экспериментальным данным, было принято, что масса движущегося тела m_v изменяется с его скоростью v так

$$m_v = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}. \quad (2)$$

где m_0 - масса в покое, $\beta = v/c$, а c – скорость света.

Сорок лет назад ученые досконально изучили эту проблему и, опираясь только на экспериментальные результаты, которые описываются законами Кулона, Био-Савара-Лапласа, Фарадея, определили силу взаимодействия между двумя заряженными телами q_1 и q_2 , которая в векторном виде запишется так:

$$\vec{F} = \frac{q_1 q_2 \vec{R}(1 - \beta^2)}{\{1 - [\vec{\beta} * \vec{R}]^2\}^{3/2}}. \quad (3)$$

Как видно, с приближением тела к скорости света ($\beta \rightarrow 1$) не масса его стремится к нулю, как это следует из (2), а сила воздействия на него (3) стремится к нулю. Стремление массы к бесконечности в ТО привело к гипотезе о недостижимости сверхсветовых движений. Как мы видим, такая гипотеза ошибочна. Нет никаких ограничений на скорость движения. Таким же образом мы определили силы взаимодействия между движущимися магнитами и наэлектризованными телами, разработали методику расчета электромагнитных взаимодействий тел, которые движутся с любыми скоростями [2-6]. Эту методику мы продемонстрировали на примерах различных взаимодействий, в том числе и на примерах расчета ускорителей. Метод ТО является приближенным, а её представления – ошибочными.

Как мы видим, предлагаемые варианты движителей являются гипотетическими и единственным реальным движителем в космосе является реактивная струя вещества. Эффективность её возрастает с увеличением скорости. Например, при световой скорости струи $v = c$, согласно (1) начальная масса корабля $m_0 = m_n e^4 = 55 m_n$, что является вполне приемлемым. С таким движителем за 10 лет можно совершить полет до планет ближайших звезд и вернуться на Землю. При сверхсветовой скорости струи время путешествия будет еще меньше.

Согласно (3) при достижении относительной скорости $v = c$ сила воздействия на заряженную частицу стремится к нулю. Поэтому при взаимодействии двух заряженных тел можно достигать только скорости света относительно ускоряющегося тела. Но если это тело само в направлении ускорения будет двигаться со скоростью v (например, относительно поверхности Земли), то ускоренная частица будет двигаться с абсолютной скоростью $v_{abc} = c + v > c$, т.е. со сверхсветовой скоростью.

В качестве примера рассмотрим ускорение сгустка положительных частиц 1 (см. рис. 1) сгустком отрицательных частиц 2, масса которых $m_2 \gg m_1$. Пусть сгустки выводятся из ускорителей-накопителей с одинаковой скоростью v близкой к скорости света. В процессе сближения сгусток 1 приобретает относительную скорость v_1 , и его абсолютная скорость становится больше c , а скорость сгустка 2 практически не изменяется из-за большой его массы. Затем к сгусткам прикладывается поперечное воздействие F и сгусток 1 уводится с линии ускорения. Из-за большой скорости сгустка 1 поперечное воздействие F его не отклоняет. Расчеты показывают [2], что при реально достижимом сгустке электронов 2 с числом частиц $N_2 = 6 \cdot 10^6$ и диаметром 2 сантиметра он может ускорить сгусток протонов до абсолютной скорости $1.3c$.

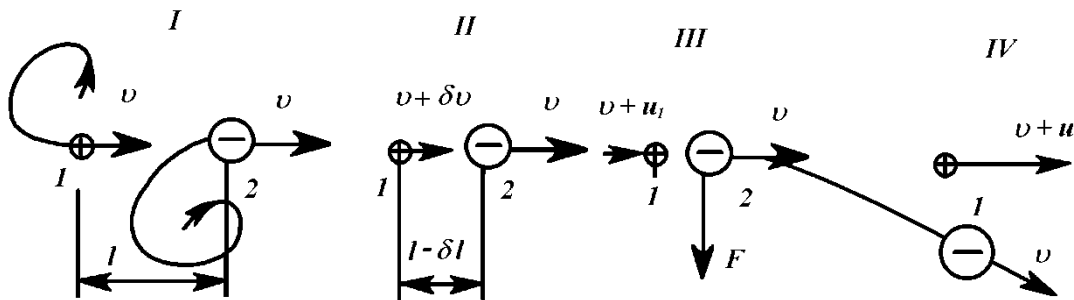


Рис. 1. Сверхсветовое ускорение при притяжении разноименно заряженных сгустков: 1, 2 – номера сгустков; I, II, III, IV – номера положений.

Могут быть и другие схемы ускорения. Рассмотрим столкновительное ускорение одноименно заряженных частиц. Пусть протон со скоростью v_0 на бесконечности (рис. 2) направлен на неподвижный позитрон. Он приближается к позитрону и одновременно позитрон ускоряется.

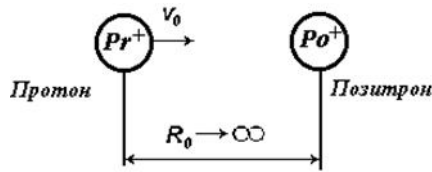


Рис. 2. Начало этапа ускорения.

При приближении на наименьшее расстояние R_{min} (рис. 3) скорость позитрона относительно протона станет равной нулю, а относительно установки – v_0 .

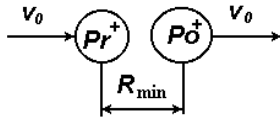


Рис. 3. Средний этап ускорения.

Затем позитрон начинает удаляться от протона (рис. 4). Его скорость при удалении на бесконечность относительно протона равна $v_{rel} = v_0$, а относительно установки будет $v_{po} = v_0 + v_{rel} = 2v_0$.



Рис. 4. Конец этапа ускорения.

Начальная скорость протона, которая позволяет частицам сблизиться на расстояние, равное сумме радиусов протона и позитрона $R_{min} = R_{pr} + R_{po}$ определяется выражениями [2]:

$$v_0 = \sqrt{1 - \exp \alpha_{pr}}, \tag{4}$$

где

$$\alpha_{pr} = - \frac{2e^2}{c_1^2 m_{po} (R_{pr} + R_{po})}. \tag{5}$$

После подстановки параметров получаем $\alpha_{pr} = -1.34$, а начальная скорость протона $v_0 = 0,859c$. При этой скорости протона позитрон ускорится до $v_{po} = 2 v_0 = 1.72c$, т.е. мы имеем сверхсветовые позитроны. Этим способом можно также ускорять электроны антипротонами.

5. Вариант сверхсветового реактивного движителя.

Приведенные способы ускорения частиц до сверхсветовой скорости могут быть использованы для сверхсветового реактивного движителя, схематически представленного на рис. 5 ниже.

Он состоит из двух ускоряющих устройств для тяжелых частиц: 1 – для протонов (Pr); 2 – для антипротонов (aPr) и двух отклоняющих устройств: 3 – для антипротонов и 4 – для протонов. Эти устройства обеспечивают циркуляцию тяжелых частиц в плоскости xu по двум контурам: по контуру I – протонов; по контуру II – антипротонов.

В устройствах 1 и 2 тяжелые частицы поочередно вводятся со скоростью v_0 на осевую линию x реактивного движителя. В отклоняющих устройствах 3 и 4 эти частицы выводятся из осевой линии: в контур I – протоны и в контур II – антипротоны. В перпендикулярной к чертежу плоскости (см. на рис. 5 сечение A-A, плоскость xz) расположены два контура эжекции и ускорения легких частиц: 5 – для электронов (e), 6 – для позитронов (po). Эти устройства поочередно со скоростью $v_0 - \delta v$ вводят легкие частицы на осевую линию x реактивного движителя.

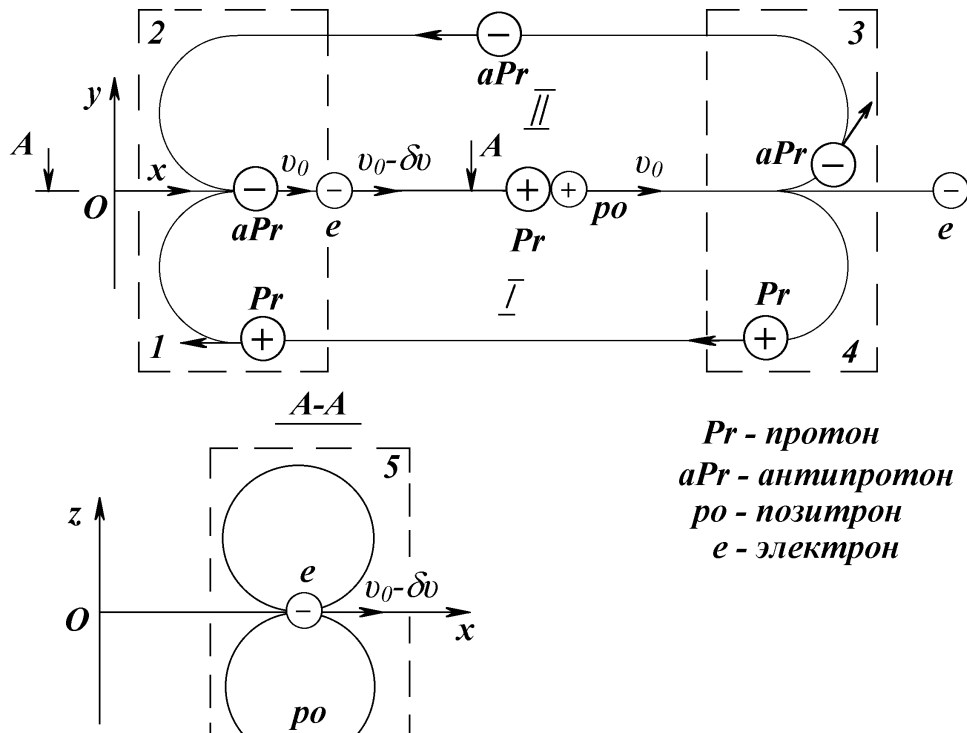


Рис.5 . Схема реактивного движителя со сверхсветовой струей ускоренных частиц.

На осевой линии x происходит столкновительное ускорение одноименно заряженных частиц. В левой части (рис. 5) показана начальная стадия ускорения электрона антипротоном. Так как скорость впрыскивания электрона меньше скорости антипротона, то антипротон догоняет его. При этом скорость электрона растет. В момент сближения скорость электрона станет равной v_0 , затем электрон начнет удаляться от антипротона, а его скорость будет возрастать. В средней части движителя показан момент сближения при взаимодействии протона и позитрона, а в правой части – завершающая фаза взаимодействия антипротона с электроном. Антипротон отклоняющим устройством 3 возвращается в циркуляционный контур II, а сверхсветовой электрон продолжает движение вдоль оси x . Таким образом происходит поочередное выбрасывание разноименно заряженных частиц, поэтому движитель остается электрически нейтральным. Благодаря симметрии устройств в нем не создаются вращающие моменты. При $v_0 = 0.859 c$ скорость реактивной струи будет равна 1.72 скорости света.

6. Исследовательские задачи для реализации сверхсветовых движений.

Как мы уже отмечали, с реактивным движителем сверхсветовых частиц можно за несколько лет достичь планет ближайших звезд. Это вполне реальное средство позволит человеку выйти за пределы его обитания. Однако для реализации его предстоит решить немало научных проблем. Можно выделить следующие задачи исследования.

1. Освоение сверхсветовых движений. В первую очередь необходимо создать ускорители частиц до сверхсветовой скорости и изучить свойства сверхсветовых частиц. Затем нужно проанализировать потоки сверхсветовых частиц, поступающих к нам из космоса, и научиться распознавать информацию о космических объектах, которую они несут. Сверхсветовые частицы могут быть применены для зондирования космических объектов и для дальней космической связи. Возможно также их применение для разрушения вещества, что может быть использовано в противоастероидной и противометеоритной защитах.

2. Пересмотр всех физических представлений. Далёкие космические путешествия потребуют от человека конкретных знаний о макро- и микромире, которые не должны быть отягощены

гипотетическими конструкциями. Поэтому вся современная физика, начиная с опытов Резерфорда, должна быть пересмотрена на безгипотезной основе. Должны четко и однозначно определены объекты микромира. Если это тела, то они должны иметь размеры, должны перемещаться относительно других тел, они будут ускоренно двигаться под воздействием других тел, и воздействие на них можно будет выразить в виде силы.

Если же это не тела, то это будут свойства других тел. Каких именно? Если это не то и не другое, то это что-то новое: эфир, поле, материя, энергия и т. п. И если оно будет определено, то мы будем знать его свойства и однозначно ими пользоваться. На данном этапе человеку из объектов окружающего мира ничего кроме тел неизвестно. И все гипотетические конструкции должны быть удалены из современной физики.

3. Создание сверхсветовой струи требует огромных расходов энергии. Известные сейчас источники энергии: химической, ядерной, термоядерной не способны удовлетворить возникающим потребностям. Только углубленное проникновение в тайны микромира, изучение свойств составных частей и взаимодействий между ними позволит человеку выйти на новый уровень освоения энергии. Поэтому стратегия создания необходимого источника энергии для межзвездных полетов будет основываться на результатах безгипотезной физики 21 века.

7. Заключение.

Наиболее быстрое развитие орудий и приемов человека происходит в процессе выполнения определенных работ. В космическом пространстве назревают работы, связанные с изменением орбит астероидов. Например, в ближайшие десятилетия астероид Апофиз предлагается превратить в спутник Земли [7, 8]. Затем в последующем можно было бы превратить в спутник Земли более массивный астероид 1950 DA [9]. В случае опасности может возникнуть острая необходимость изменить траекторию приближающегося к Земле астероида. Для этих работ необходимо создавать высокоэффективный движитель. Упомянутый во введении способ, предложенный Илищем [1], представляет интерес тем, что для отбрасываемой реактивной струи подходит любое вещество астероида. Однако кажущаяся простота разгона этого вещества за счет вращательного движения при внимательном рассмотрении вызывает много проблем. Поэтому целесообразно ускорять и выбрасывать вещество астероида в прямолинейном направлении. Вид взаимодействия ускорителя с выбрасываемым веществом и способ ускорения во многом определяется источником энергии.

Для вышеупомянутых задач по изменению траектории астероидов необходимо стремиться достичь скорости выброса порядка 100 км/сек. В настоящее время в лабораторных условиях достигнуты скорости на порядок меньшие [10]. Поэтому стратегия исследований для межзвездных полетов на ближайшее время разветвляется на два направления. Необходимо проводить исследования по созданию потоков сверхсветовых частиц и наращиванию их мощности. Для решения практических задач в межпланетном космическом пространстве нужно разрабатывать движитель со скоростью выброса порядка 100 км/сек, а также энергетическое обеспечение для него.

Если последняя задача будет решена, то при возникновении астероидной угрозы для Земли, человечество сможет ее предотвратить. Кроме того технология по изменению траекторий астероидов будет использована для создания корабля для межзвездного полета. Масса такого корабля сравнима с массой астероида. Например, при массе возвращающегося корабля $m_{rt} = 10000$ тонн, начальная масса корабля должна быть не менее $m_0 = 0.55$ млн. тонн даже при скорости реактивной струи равной скорости света. Эта масса сопоставима с массой 30 млн. тонн такого астероида как Апофис. По-видимому, межзвездный корабль будет основываться на «укрошенном» в окрестности Земли астероиде. В процессе полета к планетам другой звезды его вещество будет израсходовано на движение. Для обратного полета к Земле экипаж осваивает астероид этой звезды и за счет его вещества возвращается домой.

ССЫЛКИ:

- [1]. Ilitz Z.M. Rotational mass driver – an efficient NEO deflection concept / “Protecting the Earth against collisions with asteroids and comet nuclei” Proceeding of International Conference «Asteroid–Comet Hazard – 2009», St. Petersburg “Nauka”. – 2010, Pp. 381-389.
- [2]. Смутьский И.И. Теория взаимодействия.- Новосибирск: Из-во Новосибирского ун-та, НИЦ ОИГГМ СО РАН. 1999. - 294 с. URL: http://www.ikz.ru/~smulski/TVfulA5_2.pdf.
- [3]. Smulsky J.J. The New Approach and Superluminal Particle Production // Physics Essays.-1994.- Vol.7.-No2.-P.153-166.
URL: <http://www.smull.newmail.ru/English1/FounPhysics/NApSup.pdf>.
- [4]. Smulsky J.J. Producing Superluminal Particles// Apeiron. –1997. - Vol. 4. - No. 2-3. - pp. 92 - 93.
- [5]. Smulsky J.J. Appeal to Experimental Physicists// Galilean Electrodynamics. – 1998. – Vol. 9, № 5. – p.88. URL: <http://www.smull.newmail.ru/Russian1/FounPhysics/OBRASCH2.doc>.
- [6]. Смутьский И.И. Электромагнитное и гравитационное воздействие (нерелятивистские трактаты).– Новосибирск: ВО “Наука”. Сиб. издат. фирма, 1994.– 224 с.
URL: <http://www.ikz.ru/~smulski/ElGrVz.djvu>
- [7]. Joseph J. Smulsky. Asteroid Apophis: evolution of the orbit and the possible use. Space Colonization Journal, Vol. 10, 2014 (Журнал «Колонизация космоса», том 10, 2014).
URL: <http://spacecolonization.info/volume/vol10/> (in English);
<http://spacecolonization.ru/volume/vol10/> (на русском).
- [8]. Smulsky J. J. and Smulsky Ya. J. Dynamic Problems of the Planets and Asteroids, and Their Discussion // International Journal of Astronomy and Astrophysics, 2012, Vol. 2, No. 3, pp. 129-155. doi:10.4236/ijaa.2012.23018.
URL: <http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/AsAp1950E13cJ.pdf>.
- [9]. Smulsky J. J., Smulsky Ya. J. Asteroids Apophis and 1950 DA: 1000 Years Orbit Evolution and Possible Use // Horizons in Earth Science Research. Vol. 6. Editors: Benjamin Veress and Jozsi Szigethy. Nova Science Publishers, USA, 2012. Pp. 63-97.
URL: <https://www.novapublishers.com/catalog/index.php>.
- [10]. Христенко Ю.Ф. Пути повышения скоростей метания в легкогазовых установках.//Современная баллистика и смежные вопросы механики: Сборник материалов научной конференции. - Томск: Томский государственный университет, 2010 г. - с. 106-107.