

КОСМИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ, ОСНОВАННЫЙ НА ИНИЦИИРОВАНИИ МИКРОВЗРЫВОВ ВСТРЕЧНЫМИ СТОЛКНОВЕНИЯМИ

М.Л.Шматов

В литературе широко обсуждается возможность использования микровзрывов синтеза, деления и деления-синтеза в космическом двигателе — см., например, [1–10] и ссылки в этих работах. Устройства, предназначенные для инициирования ядерных микровзрывов, обычно именуется “драйверами”. В качестве космических драйверов обычно рассматриваются лазеры и ускорители электронов — см., например, [1–6]. В настоящее время, однако, инициирование ядерного микровзрыва при помощи лазерного луча или пучка заряженных частиц не достигнуто даже в наземных установках. Отметим, что в [11,12] предложен метод инициирования термоядерных микровзрывов, который, как утверждается в этих работах, может быть частично реализован на некоторых существующих лазерных установках. В любом случае, однако, на лазер или ускоритель заряженных частиц, предназначенный для использования в качестве космического драйвера, накладываются жесткие ограничения по массе и/или габаритам (см. также [1,9,10]).

В работах [7,9,10] предложено несколько методов инициирования ядерных микровзрывов при помощи реакции аннигиляции (отметим, что первое предложение по использованию аннигиляции антипротонов для создания горячей, плотной плазмы было сделано в работе [13]). Возможно, что такой подход позволит создать достаточно легкий и компактный драйвер. В настоящее время однако неясно, каковы должны быть габариты и масса оборудования, обеспечивающего безопасное хранение антивещества (см. [14–17]). В любом случае скорость производства антипротонов на существующих установках (см., например, [8,14]), слишком мала для реализации методов, предложенных в [7,9,10].

Согласно работе [18], ударник массой ≈ 10 кг, движущийся со скоростью ≈ 5 км/с, позволяет генерировать мягкое рентгеновское излучение, обладающее энергией в несколько МДж, которое может быть использовано для инициирования термоядерного микровзрыва. Использование высоко-

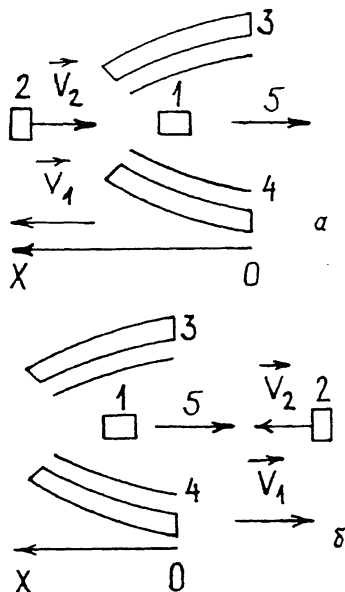


Рис. 1. Действие двигателя, основанного на инициировании микровзрывов встречными столкновениями, в стадии разгона (а) и торможения (б). 1 — мишень, содержащая ядерное горючее; 2 — ударник; 3 — магнитное зеркало, состоящее из сверхпроводящих катушек; 4 — экран, предохраняющий магнитное зеркало; 5 — направление основного выброса плазмы. V_1 , V_2 — вектора скорости космического корабля и ударника, соответственно. Ox — абсцисса оси координат.

скоростного удара для инициирования термоядерного микровзрыва предлагалось и ранее — см., например, [19–24]. При этом однако полагалось, что скорость столкновения должна находиться в диапазоне 10^2 – 10^4 км/с [19–24]. Особенность работы [18] состоит в рассмотрении так называемого “непрямого” инициирования микровзрыва (см. также [6,9,10,25,26]) и сравнительно малой скорости столкновения.

Скорости столкновения, составляющие величину несколько км/с и выше, характерны для движения в космосе. Поэтому, в связи с вышеизложенным, большой интерес представляет изучение возможности создания космического двигателя, в котором ядерные микровзрывы будут инициироваться встречными столкновениями. Общая схема такого двигателя показана на рис. 1. Данный двигатель является аналогом двигателя, предложенного в работе [1]. Однако здесь, в отличие от [1], полагается, что микровзрыв инициируется не пучком электронов, а встречным столкновением. В результате микровзрыва материал мишени и ударника

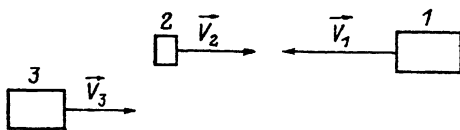


Рис. 2. Доставка ударников, 1 — основной космический корабль; 2 — ударник; 3 — корабль, несущий ударники: V_1 , V_2 , V_3 — векторы скорости основного корабля, ударника и корабля, несущего ударники, соответственно.

превращается в плазму. Отражение этой плазмы магнитным зеркалом приводит к созданию тяги — см. [1]. Отметим, что распределение импульса продуктов микровзрыва может быть сделано анизотропным — см., например, [3]. Возможно, что создание такой анизотропии потребует, в частности, для уменьшения или полного предотвращения выброса плазмы в направлении положительных значений x (см. рис. 1).

Описание столкновения как встречного или догонного зависит, строго говоря, только от используемой системы координат. Очевидно, однако, что космический корабль с рассматриваемым здесь двигателем, называемый далее “основным”, и корабль, несущий ударники (см. рис. 2), целесообразно выводить на орбиту таким образом, чтобы векторы угловых скоростей, описывающие движение этих кораблей относительно Земли, были направлены противоположно друг другу. Это обеспечит значение скорости столкновения, равное, по меньшей мере, $2V_{1s}$, где V_{1s} — первая космическая скорость. Соответствующее столкновение естественно характеризовать именно как встречное.

При разгоне основного корабля может возникнуть необходимость использования нескольких кораблей, несущих ударники. Для обеспечения попадания ударника в мишень ударник должен иметь небольшие двигатели, предназначенные для корректировки траектории. Увеличение скорости основного корабля может сопровождаться изменением принципа инициирования микровзрывов [18–24]. Отметим, что при выполнении в некоторой системе координат условия $|V_1| \gg |V_2|$, где V_1 и V_2 — вектора скорости основного корабля и ударника соответственно (см. рис. 1 и 2), вопрос о том, является столкновение встречным или догонным, практически несущественен. То же самое можно сказать и в случае, когда $|V_2| \gg |V_1|$. Двигатель рассматриваемого типа может использоваться и для торможения основного корабля (см. рис. 1, б).

Обозначим момент контакта ударника с мишенью через t_c , а момент микровзрыва — через t_m . Если величина $\Delta t = t_m - t_c$ будет сравнительно велика, то движение элементов мишени и ударника относительно магнитного зеркала в течение периода времени $t_c \leq t \leq t_m$ может повлиять на выбор оптимального положения мишени в момент времени t_c . Отметим, что, в принципе, Δt может заметно зависеть от скорости столкновения ударника с мишенью.

В заключение отметим, что в работе [27] рассматривается возможность использования медленной ракеты для создания в космосе струи из крупинки ("пеллетов") термоядерного горючего, собираемого в дальнейшем двигателем быстрой ракеты (см. также [28]). Между этим методом и методом, предложенным в данной статье, существует некоторая аналогия.

Список литературы

- [1] Winterberg F. // Raumfahrtforschung. 1971. Bd. 15. Ht. 5. S. 208–217.
- [2] Winterberg F. // JBIS. 1977. V. 30. P. 333–340.
- [3] Martin A.R., Bond A. // JBIS. 1979. V. 32. P. 283–310.
- [4] Winterberg F. // JBIS. 1979. V. 32. P. 403–409.
- [5] Cassenti B.N. // JBIS. 1982. V. 35. P. 116–124.
- [6] Басов Н.Г., Лебо И.Г., Розанов В.Б. Физика лазерного термоядерного синтеза. М.: Знание, 1988. 176 с.
- [7] Cassenti B.N. // J. Propulsion and Power. 1991. V. 7. N 3. P. 368–373.
- [8] Lewis R.A., Smith G.A., Kanzleiter R.J. et al. // Fusion Technology. 1991. V. 20. P. 1046–1050.
- [9] Шматов М.Л. // Письма в ЖТФ. 1992. Т. 18. В. 17. С. 80–84.
- [10] Smatov M.L. // Preprint of A.F. Ioffe Phys. Techn. Institute. 1993. N 1621; Ядерная физика. 1994. Т. 57. В. 10. С. 1916–1917.
- [11] Korobkin V.V., Romanovsky M.Yu. // Phys. Rev. E. 1994. V. 49. N 3. P. 2316–232.
- [12] Korobkin V.V., Romanovsky M.Yu. // Possibility of laser thermonuclear fusion with force confinement of hot plasma. Book of Abstracts of the Intern. Conf. on Short-Wavelength Radiation and Application (Zvenigorod, Russia, Aug. 29–Sept. 2, 1994). 1994. Tu 13.
- [13] Polikanov S. Preprint CERN-EP/82-57. 1982.
- [14] Hynes M.V., Picklesimer A. // Preprint LA-UR-89-1379. 1989.
- [15] Nordley G.D. // JBIS. 1990. V. 43. N 6. P. 241–258.
- [16] Шматов М.Л. // Письма в ЖТФ. Т. 19. В. 18. С. 31–34.
- [17] Шматов М.Л. // Письма в ЖТФ. 1994. Т. 20. В. 9. С. 36–41.
- [18] Kryukov P.V. // Ballistic 100MJ installation for ICF. Book of Abstracts of the Intern. Conf. on Short-Wavelength Radiation and Application (Zvenigorod, Russia, Aug. 29–Sept. 2, 1994). 1994. Tu 14.
- [19] Harrison E.R. // Phys. Rev. Lett. 1963. V. 11. N 12. P. 535–537.
- [20] Winterberg F. // Naturforschung. 1964. Bd. 9a. Ht. 2. S. 231–239.
- [21] Winterberg F. // Bull. Amer. Phys. Soc. 1964. V. 9. N 3. P. 308.
- [22] Манзон Б.М. // УФН. 1981. Т. 134. В. 4. С. 611–639.
- [23] Горев В.В. // ДАН. 1984. Т. 274. В. 1. С. 68–71.
- [24] Горев В.В., Повещенко Ю.А., Попов С.Б., Попов Ю.П. // Физика плазмы. 1988. Т. 14. В. 12. С. 1480–1486.

- [25] *Murakami M., Meyer-ter-Vehn J.* // Nuclear Fusion. 1991. V. 31. N 7. P. 1315–1331.
- [26] *Basko M.M., Meyer-ter-Vehn J.* // Nuclear Fusion. 1993. V. 33. N 4. P. 601–614.
- [27] *Matloff G.L.* // JBIS. 1979. V. 32. P. 219–220.
- [28] *Cassenti B.N.* // JBIS. 1993. V. 46. P. 151–160.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе РАН
Санкт-Петербург

Поступило в Редакцию
8 декабря 1994 г.
