

Прямоточный вакуумный ракетный двигатель

Г. Ивченко

kashey@kwic.com

Известно, что если брать рабочее тело из окружающего пространства, то удельный импульс ракетного двигателя многократно повышается. Например, удельный импульс (Кг силы/кг массы/сек) с 465 единиц для лучших водородных РД повышается до 3000 если окислитель (воздух) брать из атмосферы.

В вакууме нет атмосферы, но он, в частности, заполнен виртуальными парами электрон-позитрон. Это достоверно известно. В невозбужденном состоянии они ненаблюдаемы, так как заряд и магнитный момент скомпенсированы, осталась только масса ($2m_e \approx 1.8 \times 10^{-30}$ Кг). Даже если, согласно СТО, у пары массы нет (пресловутый «переход массы в энергию»), то при разделении пары масса восстанавливается. Разогнать неразделенную пару невозможно, так как заряд скомпенсирован. Но если приложить электрическое поле достаточной величины, то они разделяются на электрон и позитрон, которые можно разогнать отдельно, создав таким образом реактивную тягу. Так как их кулонова энергия связи составляет 511 КэВ (считая радиус электрона «классическим» и заряд распределенным по поверхности), то приложив соответствующую энергию (в импульсе или постоянную) можно пару разделить и, после этого, разогнать до необходимой скорости.

Можно оценить возможность создания такого двигателя.

Предположим, что нужно выделить килограмм электронов и позитронов из вакуума (то есть, по полкило того и другого). Так как масса электрон-позитронной пары составляет $2m_e \approx 1.8 \times 10^{-30}$ кг, то количество пар в килограмме составит порядка $N \approx 0.5 \times 10^{30}$.

Соответственно, энергия, необходимая для разделения пар, составит порядка

$$E \approx 0.5 \times 10^{30} \times 0.5 \times 10^6 = 0.25 \times 10^{36} \text{ МэВ или } 0.4 \times 10^{23} \text{ Дж.}$$

Для разгона полученных частиц, предположим, до $C/2$ (без учета СТО) необходима

$$\text{энергия порядка } E_{kin} \approx \frac{m_{e-p} V^2}{2} \approx \frac{2.25 \times 10^{16}}{2} \text{ Дж.}$$

Тогда суммарная энергия, учитывающая энергию на выделение частиц из виртуальной пары и энергию на разгон до C составит порядка $E_{\Sigma} \approx 0.4 \times 10^{23} + 1.1 \times 10^{16} \approx 0.4 \times 10^{23}$ Дж.

Получается, что энергия на разгон пренебрежимо мала по сравнению с энергией разделения пар ($0.4 \times 10^{23} \gg 1.1 \times 10^{16}$). Если эта энергия будет получена в течении одной секунды, то мощность энергоустановки должна быть порядка $P_{\Sigma} \approx 0.4 \times 10^{23} = 0.4 \times 10^{17}$

МВт. Очевидно, что такие мощности в непрерывном режиме пока недостижимы и такой источник энергии пока неизвестен.

Предположим, что такая мощность имеется и электроны с позитронами разогнаны до $C/2$. Тогда тяга такого двигателя будет определяться как $F \approx \dot{m}V$, где \dot{m} - массовый расход рабочего тела (в данном случае 1 кг/сек). Следовательно, тяга составит порядка $F \approx 1.5 \times 10^8$ Н. Это, конечно, очень большая величина. При меньших значениях тяги энергия (и мощность) будут пропорционально меньше. Например, при тяге в 100 Н

массовый расход частиц пропорционально уменьшится и необходимая мощность будет порядка $P_{\Sigma} \approx \frac{0.4 \times 10^{17}}{3 \times 10^6} \approx 0.13 \times 10^{11}$ МВт, что тоже очень много и тоже пока недостижимо.

В принципе, вакуум содержит и другие пары, например пары протон-антипротон, которые теоретически также можно выделить и разогнать.

Далее, пучки электронов и позитронов можно заставить опять аннигилировать на выходе из двигателя, сфокусировав их на некотором расстоянии от него. Полученное излучение (гамма с энергией 511 КэВ) можно отразить от специального зеркала (гамма лучи отражаются только при косом падении). Таким образом, часть энергии, ушедшая на разделение пары, будет утилизирована.

Если все полученные пары будут снова аннигилированы, то при этом выделится энергия $E_{\Sigma} \approx 0.13 \times 10^{11}$ Дж, опять же, в течении секунды. Двигатель при этом дополнительно становится фотонным.

Можно оценить эту дополнительную тягу.

Световое давление на зеркальную поверхность определяется по формуле:

$$p = \frac{w}{c}(1 + R),$$

где w – плотность мощности излучения (Вт/м²), c – скорость света (м/сек), $R = 1$ для зеркала и $R = 0$ для черной поверхности. Тогда сила тяги будет определяться по формуле:

$$F = pS = \frac{wS}{c}(1 + R) = \frac{W}{c}(1 + R)$$

где W – мощность источника излучения, S – площадь отражателя.

Тогда, принимая коэффициент отражения равным 1 и предполагая, что перехватывается 50% излучения, дополнительная тяга составит порядка

$$F = pS = \frac{wS}{c}(1 + R) = \frac{W}{c}(1 + R) = \frac{0.13 \times 10^{17}}{3 \times 10^8} \approx 4 \times 10^7 \text{ Н.}$$

Это намного больше тяги, полученной из за разгона частиц (100 Н). Конструкция получается забавная: Вначале энергия затрачивается на разделение пар, а затем она используется в фотонном двигателе. Но в ней вещество и антивещество получается непосредственно из вакуума и не нужно везти его запасы. А вот откуда получить мощность 0.13×10^{11} МВт, пока неизвестно.