Преодоление телом скорости звука

Якубовский Е.Г.

e-mail yakubovski@rambler.ru

Для преодоления звукового барьера необходим реактивный двигатель, имеющий комплексную тягу. Процессы в реактивном двигателе турбулентные и значит скорость потока комплексная см. [2],[3]. Это означает, что возможно преодоление звукового барьера. В эффекте Вавилова-Черенкова наблюдается скорость частицы сверхсветовая, больше фазовой скорости света. Причем преобразование Лоренца надо использовать с фазовой скоростью, а не скоростью света в вакууме. В статье предложен алгоритм преодоления светового барьера. Рассматривается только кинематическая часть течения, проблемы с нагревом при сверхзвуке не рассматриваются.

При переходе из вакуума в среду метрический интервал со скоростью света в вакууме рвется, так как непрерывен метрический интервал с фазовой скоростью. Значит в преобразовании Лоренца надо использовать фазовую скоростью, разную в разных системах координат. В случае движения в газовой среде массивного тела надо использовать фазовую скорость звука. Согласно релятивистским представлениям о скорости звука развитым в [1], скорость больше скорости звука преодолевается с большим трудом как на самолете, так и на автомобиле. Эта скорость в проекции на касательную к траектории, определяется по формуле

$$\frac{V}{c}=\frac{\int\limits_{t_0}^{t}\frac{Fdt}{mc}+\frac{V_0/c}{\sqrt{1-V_0^2/c^2}}}{\sqrt{1+(\int\limits_{t_0}^{t}\frac{Fdt}{mc}+\frac{V_0/c}{\sqrt{1-V_0^2/c^2}})^2}}.$$

Но скорость звука в этой формуле комплексная, поэтому справедливо

$$\frac{|V|}{|c|}\exp(-i\arg c + i\arg V) = \frac{\alpha + i\beta}{\sqrt{1+\alpha^2-\beta^2+2i\alpha\beta}} =$$

$$= \frac{\sqrt{\alpha^2+\beta^2}\exp[i\arg(\alpha+i\beta)]}{\sqrt[4]{1+(\alpha^2+\beta^2)^2+2\alpha^2-2\beta^2}\exp[i\arg(1+\alpha^2-\beta^2+2i\alpha\beta)]}.$$

$$\int_{t_0}^{t}\frac{Fdt}{mc} + \frac{V_0/c}{\sqrt{1-V_0^2/c^2}} = \alpha + i\beta;$$

Для устойчивости движения должно выполняться $-\arg c + \arg V = \arg(\alpha+i\beta) - \arg(1+\alpha^2-\beta^2+2i\alpha\beta)/2; \arg V = 0$. Но начальная скорость тела равна нулю, поэтому начальную скорость можно не учитывать, и отсчет вести от начала движения. При постоянной мнимой части скорости, получается не стыковка, мнимая экспонента справа и слева сокращается, справа имеется мнимая величина, а слева действительная величина. Тогда либо скорость тела становится комплексной, либо действительная часть импульса равна нулю, и скорость звука становится чисто мнимой. Комплексная скорость тела означает его вращение или колебание. И то, и другое приводит к аварии, так как авария при преодолении сверхзвука не происходит, скорость тела действительна. Чисто мнимая часть скорости звука начиная с определенного момента времени не приведет к результату, так как в начале движения скорость звука имеет действительную часть и значит $\alpha \neq 0$. Получается мнимая часть звука меняется и величина $\beta^2 >> \alpha^2$, т.е. действительная часть импульса не растет, а мнимая растет, причем реализуется

$$\frac{|V|}{|c|} = \frac{\sqrt{\alpha^2+\beta^2}}{\sqrt[4]{(\beta^2-1)^2+\alpha^4+2\alpha^2\beta^2+2\alpha^2}} > 1.$$

Мнимая часть скорости тела растет по формуле $R = R_{cr} + i\sqrt[4]{T^2\alpha - R_{cr}T}$ см. [2],[3], где T перепад давления, или безразмерная сила тяги, R_{cr} критическое число Рейнольдса. При условии $T\alpha = R_{cr}$ наступает турбулентный комплексный режим, при числе Рейнольдса тела, равному критическому. Действительная часть числа Рейнольса не растет, а мнимая часть растет. При этом импульс двигателя уравновешивается с импульсом сопротивления среды, причем $\beta^2 = 1 >> \alpha^2$ и тогда скорость тела будет больше скорости звука. Получается, что для преодоления скорости звука импульс тела должен равняться $\mathrm{Im}\int_0^t \frac{Fdt}{mc} = 1 >> \mathrm{Re}\int_0^t \frac{Fdt}{mc}$ и тогда скорость тела будет равняться

$$\frac{V}{|c|} = \frac{\sqrt{\alpha^2+1}}{\sqrt[4]{\alpha^4+4\alpha^2}} = \frac{1}{\sqrt{2\alpha}} = \frac{1}{\sqrt{2\mathrm{Re}\int_0^t \frac{Fdt}{mc}}} >> 1.$$

При постоянной скорости движения тела, суммарный импульс равен константе, так как в этом случае суммарная сила равна нулю. Растущим импульс соответствует ускоренному движению или уменьшение импульса при торможении тела при отрицательной суммарной силе. Возникает вопрос является ли реактивный импульс комплексным. При использовании реактивного двигателя наблюдается турбулентный режим течения и значит комплексная скорость потока см. [2],[3] и комплексная сила.

Оценим, когда скорость звука является комплексной. Скорость звука определяется по формуле

$$\frac{1}{c} + i\alpha\omega, \alpha\omega = \frac{\omega}{2\rho c^3}[(4\eta/3+\varsigma) + \chi(\frac{1}{c_V} - \frac{1}{c_p})] \sim \frac{\Lambda\omega}{c^2} = \frac{\Lambda k}{c} = \frac{\Lambda\omega\mu}{\gamma RT}.$$

Где Λ длина свободного пробега. В разреженном воздухе длина свободного пробега больше длины волны излучения $k\Lambda >> 1$, и значит мнимый импульс больше, и проще достигнуть сверхзвуковых скоростей.

Возникает вопрос, а возможно ли преодоление скорости света, аналогичное скорости звука. Для этого необходима комплексная сила. Вводится в теории поля [4] комплексный вектор $\mathbf{F} = \mathbf{E} + i\mathbf{H}$ имеющий большой физический смысл, как образующий инварианты $\mathbf{F}^2 = \mathbf{E}^2 - \mathbf{H}^2 + 2i(\mathbf{E},\mathbf{H})$, равные действительной и мнимой части квадрата этого вектора. В теории поля существует формула $A_l = \frac{eu_l}{R_k u^k}$, которая при комплексной скорости u_l определяет комплексный потенциал, а значит и комплексное электрическое и магнитное поле. Формула для силы Лоренца следующая $\mathbf{F}_L = e\mathbf{E} + e[\mathbf{V},\mathbf{H}]/c$. Но формула действительная, причем при комплексных потенциалах превращается в комплексную. Но сила за счет магнитного поля направлена перпендикулярно скорости и определяет вращение частицы.

В ускорителях магнитное и электрическое поле постоянное и не зависит от времени, т.е. ускоряющая сила равна $\mathbf{E}_l = -\frac{\partial\varphi}{\partial x^l} - \frac{\partial A_l}{c\partial t}, l = 1,...,3$. В случае независимости векторного потенциала от времени, который линейно связан со скоростью, напряженность электрического поля почти действительна, его мнимая часть мала и определяется знаменателем в формуле для потенциала $R_k u^k = R_0 - (\mathbf{V},\mathbf{R})/c$, где скорость равна скорости создающих поле частиц и меньше скорости света. Для получения комплексной напряженности электрического поля необходима зависимость от времени векторного потенциала. Но в ускорителях напряженность магнитного поля постоянна, и значит векторный потенциал постоянен, т.е. напряженность электрического поля действительна. Т.е. в ускорителях сверхсветовое движение не получишь.

Кроме того, тормозящая сила в ускорителях связана с излучением электромагнитной энергии и отличается от тормозящей силы в атмосфере. Но сверхзвуковое течение тоже излучает звуковую энергию.

Имеется сверхсветовое течение в случае эффекта Вавилова-Черенкова, причем скорость тела больше фазовой скорость света. В преобразовании Лоренца надо использовать фазовую скорость, а не скорость света в вакууме. Это следует из того, что только для фазовой скорости света или звука сохраняется метрический интервал в случае звукового и электромагнитного поля при переходе между разными средами. В случае этого эффекта для световой волны образуется скачок уплотнения, как и в случае сверхзвукового течения. Скорость частицы будет изменяться в соответствии с силой торможения частицы

$$\frac{V_p / c_F}{\sqrt{1-V_p^2 / c_F^2}} = \int_{t_0}^{t} \frac{Fdt}{mc} + \frac{V_0 / c}{\sqrt{1-V_0^2 / c^2}}.$$

Где c_F фазовая скорость света в прозрачном материале, V_0/c скорость электрона в вакууме, делится на скорость света в вакууме, скорость частицы при проникновении в прозрачное тело будет уменьшаться $V_p < V_0$, так как сила сопротивления отрицательна.

В книге [6]§115 получено выражение для силы, действующей на элементарную частицу

$$dF = \frac{e^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{V^2 n^2}\right)\omega d\omega.$$

Откуда имеем приближенное решение

$$F(\omega) = \frac{e^2}{c^2}\left(1-\frac{c^2}{V^2 n^2}\right)\omega^2 / 2.$$

Следовательно, сила, действующая на частицу равна

$$\tilde{F}(t) = -\frac{e^2}{c^2}\delta''(t) + \frac{d^2}{dt^2}\int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^2}{2V^2 n^2(\omega)} \exp(i\omega t) d\omega.$$

При условии показателя преломления, близкого к константе, получается сила, действующая на ограниченном отрезке времени, т.е. эффект излучения затухнет, так как скорость элементарной частицы будет конечной и малой, или нулевой.

Гидродинамика, и в частности акустические колебания, описывает поведение макротела, состоящее из элементарных частиц. акустические колебания, это колебания элементарных частиц. Электродинамика описывает поведение частиц вакуума, в частности электромагнитные волны определяются скоростью частиц вакуума. Кинематическая вязкость частиц вакуума действительна и равна $i\hbar / m_\gamma$, где у диполя, образующего частицу вакуума, масса мнимая, и значит кинематическая вязкость среды, в которой двигаются частицы вакуума действительна. Так как масса диполя мала, кинематическая вязкость вакуума велика и число Рейнольдса мало, как и критическое число Рейнольдса. Условия возникновения комплексного решения у частиц вакуума совпадает с элементарными частицами. Частицы вакуума также описываются уравнением Навье-Стокса. Также наблюдается рост мнимой части числа Рейнольдса, при фиксированной действительной части. Также возможно преодоление светового барьера с комплексной тягой.

Получим из релятивистского уравнения Навье – Стокса уравнение Клейна-Гордона. Рассмотрим уравнение Навье - Стокса с кинематической вязкостью $\nu = \frac{i\hbar}{2m}$ записанное в релятивистской форме, причем без учета теплового потока. Если релятивистское уравнение Навье – Стокса записано относительно тепловой функции единицы объема $w = e + p$ в локальной системе покоя см. [5]§133, то в предлагаемой формуле используется плотность в локальной системе покоя

$$\frac{i\hbar}{2m}\left(\frac{\partial^2 u_k c}{\partial x^0 \partial x_0} + \frac{\partial^2 u_k c}{\partial x^l \partial x_l}\right) - u^0 c^2 \frac{\partial u_k}{\partial x^0} - u^l c^2 \frac{\partial u_k}{\partial x^l} = \frac{\partial p}{\rho \partial x^k}.$$

Получили релятивистское инвариантное уравнение Навье – Стокса. Это уравнение отличается от релятивистского уравнения Навье-Стокса, приведенного в [5]. Уравнение в [5] строится как отличающееся скорости теплового движения от материального движения. В данном уравнении тепловая часть отсутствует.

Воспользуемся равенством для четырехмерной скорости $u_k c = -\frac{i\hbar}{m}\nabla_k \ln\psi, k = 0,...,3$. При этом это равенство можно представить в виде $p_l\psi = \frac{\hbar}{i}\frac{\partial\psi}{\partial x^l}, l = 0,...,3$, откуда имеем определение оператора импульса $\hat{p}_l = \frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial x^l}, l = 0,...,3$. Т.е. четырехмерный импульс частиц вакуума является собственным числом оператора импульса.

$$\frac{i\hbar}{2m}\frac{\partial^2 - \frac{i\hbar}{m}\frac{\partial \ln\psi}{\partial x^k}}{\partial x^0 \partial x_0} + \frac{i\hbar}{2m}\frac{\partial^2 - \frac{i\hbar}{m}\frac{\partial \ln\psi}{\partial x^k}}{\partial x^l \partial x_l} +$$

$$+\frac{i\hbar}{m}\frac{\partial \ln\psi}{\partial x_0}\frac{\partial - \frac{i\hbar}{m}\frac{\partial \ln\psi}{\partial x^k}}{\partial x^0} + \frac{i\hbar}{m}\frac{\partial \ln\psi}{\partial x_l}\frac{\partial - \frac{i\hbar}{m}\frac{\partial \ln\psi}{\partial x^k}}{\partial x^l} = \frac{\partial p}{\rho \partial x^k}$$

Разделим это уравнение на величину $\frac{\hbar^2}{m^2}$, получим

$$\frac{\partial}{\partial x^k}[\frac{\partial^2 \ln\psi}{\partial x^0 \partial x_0} + \frac{\partial^2 \ln\psi}{\partial x^l \partial x_l} + \frac{\partial \ln\psi}{\partial x_0}\frac{\partial \ln\psi}{\partial x^0} + \frac{\partial \ln\psi}{\partial x_l}\frac{\partial \ln\psi}{\partial x^l} - \frac{2m^2}{\hbar^2}\int\limits_{s_0}^{s} \frac{\partial p}{\rho \partial x^k} u^k ds] = 0\,.$$

Где величина $dx^k = u^k ds, k = 0,...,3$, при этом интеграл вдоль траектории равен

$$c^2(s) - c^2(s_0) = c^2(x^0, x^1, x^2, x^3) - c^2(x_0^0, x_0^1, x_0^2, x_0^3) = \int\limits_{s_0}^{s} \frac{dc^2}{ds} ds =$$

$$= -\int\limits_{s_0}^{s} \frac{\partial p}{\rho \partial x^k} u^k ds = -\int\limits_{(x_0^0, x_0^1, x_0^2, x_0^3)}^{(x^0, x^1, x^2, x^3)} \frac{\partial p}{\rho \partial x^k} dx^k \,.$$

Причем как функция метрического интервала, эта величина инвариантна относительно преобразования Лоренца. Где величина s соответствует значению метрического интервала, и интеграл берется вдоль траектории движения частиц. Причем частная производная от этого интеграла вдоль траектории, равна

$$\frac{\partial}{\partial x^l}\int\limits_{(x_0^0,x_1^0,x_2^0,x_3^0)}^{(x_0,x_1,x_2,x_3)}\frac{\partial p}{\rho\partial x^k}dx^k=\frac{d}{u^l ds}\int\limits_{s_0}^{s}\frac{\partial p}{\rho\partial x^k}u^k ds=\frac{\partial p}{u^l\rho\partial x^k}u^k=\frac{dp}{u^l\rho ds}=\frac{\partial p}{\rho\partial x^l}$$

Проинтегрируем это уравнение, получим

$$[\frac{\partial^2\ln\psi}{\partial x^0\partial x_0}+\frac{\partial^2\ln\psi}{\partial x^l\partial x_l}+\frac{\partial\ln\psi}{\partial x_0}\frac{\partial\ln\psi}{\partial x^0}+\frac{\partial\ln\psi}{\partial x_l}\frac{\partial\ln\psi}{\partial x^l}]-\frac{2m^2}{\hbar^2}\int\limits_{s_0}^{s}\frac{\partial p}{\rho\partial x^k}u^k ds=$$
$$=-m^2c^2/\hbar^2$$

Где константу интегрирования обозначили $m^2c^2/\hbar^2$. Умножим это уравнение на величину ψ и воспользуемся равенством $\frac{\partial^2\psi}{\partial x^0\partial x_0}=\psi[\frac{\partial^2\ln\psi}{\partial x^0\partial x_0}+\frac{\partial\ln\psi}{\partial x^0}\frac{\partial\ln\psi}{\partial x_0}]$, $\frac{\partial^2\psi}{\partial x^l\partial x_l}=\psi[\frac{\partial^2\ln\psi}{\partial x^l\partial x_l}+\frac{\partial\ln\psi}{\partial x^l}\frac{\partial\ln\psi}{\partial x_l}]$ получим уравнение Клейна-Гордона с потенциалом.

$$-\frac{\partial^2\psi}{\partial x^0\partial x_0}-\frac{\partial^2\psi}{\partial x^l\partial x_l}-\frac{2m^2C^2}{\hbar^2}\psi=m^2c^2\psi/\hbar^2;$$

$$C^2=-\int\limits_{s_0}^{s}\frac{\partial p}{\rho\partial x^k}u^k ds=c^2(x^0,x^1,x^2,x^3)-c^2(x_0^0,x_0^1,x_0^2,x_0^3)<0$$

При этом время жизни стационарного состояния зависит от координаты частицы $\psi=\frac{1}{\sqrt{V}}\exp[-i(E\Delta t-i\mathbf{p}_0\Delta\mathbf{r})/\hbar][1+0(\mathbf{r}-\mathbf{r}_0)^3]$.

При этом локальное решение сводится к равенству

$$E^2=p_0^2c^2+2m^2C^2c^2+m^2c^4.$$

Это уравнение приводится к виду

$$E-mc^2=\frac{p_0^2}{2m}+mC^2=\frac{p_0^2}{2m}+mc^2(x^0,x^1,x^2,x^3)-mc^2(x_0^0,x_0^1,x_0^2,x_0^3)$$

Получается, что связанное состояние квантовой механики соответствует турбулентному режиму, а свободное состояние ламинарному, так как связанному состоянию соответствует отрицательная энергия, а действительная часть кинетической энергии турбулентного режима имеет отрицательную часть за счет квадрата мнимой части комплексной скорости. Квантовое связанное состояние элементарной частицы описывается комплексной скоростью частиц вакуума с отрицательной частью кинетической энергии путем решения релятивистского уравнения Навье-Стокса. Вязкость частиц вакуума действительна, так как их масса мнимая. Для описания реализации комплексной силы, надо использовать релятивистское уравнение Навье-Стокса, определить комплексную скорость и по ней вычислить комплексную силу. Эта комплексная сила и позволит преодолеть световой барьер.

Сила, действующая на тело со стороны реактивного двигателя, определяется по формуле

$$F_i = \oint (p\delta_{ik} + \rho V_i V_k) df_k .$$

Где интеграл берется только по замкнутой поверхности. Так как действительная часть скорости в турбулентном режиме равна константе, то мнимая часть силы пропорциональна мнимой скорости выходящего потока в двигателе. Кроме нее имеется произведение мнимой части скорости, которое приводит к отрицательной силе, обуславливающую действительную тягу двигателя. Чтобы мнимая часть тяги была больше действительной тяги критическое число Рейнольдса двигателя должно быть большим. Это означает, что поверхности внутри двигателя должна состоять из материала с малой молекулярной шероховатостью, тогда критическое число Рейнольса будет большим $\operatorname{Re} R_i = R_{cr} >> \operatorname{Im} R_i$, тогда $\operatorname{Im} F_i >> \operatorname{Re} F_i$.

Данные свойства двигателя для звуковых и электромагнитных волн одинаковые. Только в случае электромагнитных волн скорость частиц пропорциональны пространственной части четырех вектора скорости. Существует критическое значение четырех вектора, когда он становится комплексным, но для этого необходим большой потенциал. Причем окажется, что в силу мнимости частиц вакуума потенциал окажется мнимым $\frac{\partial p}{\rho \partial x^k} = \frac{\partial U}{m_\gamma \partial x^k}$. В случае взаимодействия двух частиц вакуума гравитационный радиус - мнимый и равен $r_g = 2Gm_\gamma / c^2 - 2q^2 / (m_\gamma c^2) + 4iq\sqrt{G} / c^2$ см. [22] и значит потенциал мнимый. Для преодоления светового барьера должен создаваться поток заряженных частиц, т.е. векторный потенциал электромагнитного поля. Это проявляется и в значении гравитационного радиуса, который определяется зарядами. Векторный потенциал, который эквивалентен скорости частиц вакуума см. [7], должен быть комплексный и иметь большую мнимую часть, за счет образующей его комплексной скорости. Электроны, образующие векторный потенциал, должны находиться в турбулентном режиме, т.е. иметь комплексную скорость.

Литература

1. Якубовский Е.Г. По поводу преобразований Лоренца. «Энциклопедический фонд России», 2017, 82 стр. http://russika.ru/sa.php?s=1227
2. *Якубовский Е.Г.* Исследование решений уравнения Навье – Стокса, "Энциклопедический фонд России", 2016, 60с., http://russika.ru/sa.php?s=868
3. Якубовский Е.Г. Исследование решений уравнения Навье – Стокса, Научное обозрение. Реферативный журнал. – 2016. – № 1 – С. 46-80, http://abstract.science-review.ru/ru/article/view?id=632
4. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теория поля т.II, М.,- «Наука», 1973,564с.

5. *Л.Д. Ландау*, *Е.М. Лифшиц* Гидродинамика, т.VI, М.-, «Наука», 1988г.,
6. *Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц* Электродинамика сплошных сред, т.VIII, М.- «Наука», 1992г.,
7. *Якубовский Е.Г.* ЧАСТИЦЫ ВАКУУМА, ОПИСЫВАЮЩИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И ПОЛЯ Реферативный журнал «Научное обозрение» 2016, т.2, стр.58-80, http://science-review.ru/abstract/pdf/2016/2/662.pdf