Возможная причина разрушения трубопровода

Якубовский Е.Г.

e-mail yakubovski@rambler.ru

Преобразования Лоренца в комплексном пространстве отличаются от преобразований Лоренца в действительном пространстве, тем, что физическое тело может преодолеть скорость звука. О преобразованиях Лоренца с фазовой скоростью света и звука см. [1]. В частности, в трубопроводах с малой скоростью течения может образоваться ударная волна в случае вращения жидкости вокруг оси трубопровода. Эта кратковременная ударная волна может разрушить трубопровод. Опишем причину образования сверхзвукового движения и его последствия тремя способами, используя преобразование Лоренца в комплексном пространстве, используя решение о движении частицы в параллельных электрических и магнитных полях и чисто механические соображения о центробежной силе.

Преобразуем знаменатель преобразования Лоренца

$$\gamma = \sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}} = \sqrt[4]{(1-\operatorname{Re}\frac{V}{c})^2 + (\operatorname{Im}\frac{V}{c})^2}\sqrt[4]{(1+\operatorname{Re}\frac{V}{c})^2 + (\operatorname{Im}\frac{V}{c})^2}\exp(-i\varphi);$$

$$\varphi = \arg(1-\operatorname{Re}\frac{V}{c} - i\operatorname{Im}\frac{V}{c})/2 + \arg(1+\operatorname{Re}\frac{V}{c} - i\operatorname{Im}\frac{V}{c})/2$$

Тогда преобразование Лоренца запишутся в виде

$$\begin{gathered}
\operatorname{Re} x = [\operatorname{Re}(x'+Vt')\cos\varphi - \operatorname{Im}(x'+Vt')\sin\varphi]/|\gamma| \\
\operatorname{Im} x = [\operatorname{Im}(x'+Vt')\cos\varphi + \operatorname{Re}(x'+Vt')\sin\varphi]/|\gamma| \\
\operatorname{Re} t = [\operatorname{Re}(t'+\frac{V}{c^2}x')\cos\varphi - \operatorname{Im}(t'+\frac{V}{c^2}x')\sin\varphi]/|\gamma| \\
\operatorname{Im} t = [\operatorname{Im}(t'+\frac{V}{c^2}x')\cos\varphi + \operatorname{Re}(t'+\frac{V}{c^2}x')\sin\varphi]/|\gamma| \\
y = y'; z = z'
\end{gathered}$$

$$\mathrm{Re}(x'+Vt') = \mathrm{Re}(x') + \mathrm{Re}(V)\,\mathrm{Re}(t') - \mathrm{Im}(V)\,\mathrm{Im}(t')$$
$$\mathrm{Im}(x'+Vt') = \mathrm{Im}(x') + \mathrm{Re}(V)\,\mathrm{Im}(t') + \mathrm{Im}(V)\,\mathrm{Re}(t')$$
$$\mathrm{Re}(t'+\frac{V}{c^2}x') = \mathrm{Re}(t') + \mathrm{Re}(\frac{V}{c^2})\,\mathrm{Re}(x') - \mathrm{Im}(\frac{V}{c^2})\,\mathrm{Im}(x')$$
$$\mathrm{Im}(t'+\frac{V}{c^2}x') = \mathrm{Im}(t') + \mathrm{Re}(\frac{V}{c^2})\,\mathrm{Im}(x') + \mathrm{Im}(\frac{V}{c^2})\,\mathrm{Re}(x')$$

Но для реализации комплексных координат и скорости необходимо, чтобы тело перешло в турбулентный режим. Для материального тела надо чтобы его центр тяжести начал вращаться. Мнимая часть скорости описывает среднее квадратичное отклонение и значит изменение координаты по закону $\mathrm{Re}\, x_l + \mathrm{Im}\, x_l \sin(\mathrm{Im}\ R\cdot\tau), \tau = t\nu / a^2, R = \frac{Va}{\nu}, x_l = y_l / a$. Причем для постоянного значения комплексных чисел, имеем $\mathrm{Im}\, R = const$ см. [2]. Так для постоянной скорости и координаты скорость вращения по эллипсу и оси эллипса величины постоянные $\mathrm{Im}\, R_1 = \mathrm{Im}\, x_1 \cos\varphi; \mathrm{Im}\, R_2 = \mathrm{Im}\, x_2 \sin\varphi; (\frac{\mathrm{Im}\, R_1}{\mathrm{Im}\, x_1})^2 + (\frac{\mathrm{Im}\, R_2}{\mathrm{Im}\, x_2})^2 = 1$.

Аналогичные соотношения для трех координат получаем движение по эллипсу.

$$\begin{gathered}\mathrm{Im}\, R_1 = \mathrm{Im}\, x_1 \sin\theta\cos\varphi \\ \mathrm{Im}\, R_2 = \mathrm{Im}\, x_2 \sin\theta\sin\varphi \\ \mathrm{Im}\, R_3 = \mathrm{Im}\, x_3 \cos\theta \\ (\frac{\mathrm{Im}\, R_1}{\mathrm{Im}\, x_1})^2 + (\frac{\mathrm{Im}\, R_2}{\mathrm{Im}\, x_2})^2 + (\frac{\mathrm{Im}\, R_3}{\mathrm{Im}\, x_3})^2 = 1\end{gathered}.$$

В случае описания турбулентного течения частота не постоянная и получается сложное завихрение.

Для преодоления скорости звука плотность среды должна иметь мнимую скорость, равную

$$\begin{gathered}\mathrm{E} = \frac{\rho c^2}{\exp(i\varphi/2)\sqrt{\frac{2\,\mathrm{Im}\, U}{c}}}; \frac{\mathrm{Im}\, U \exp(i\varphi)}{c} = \frac{cq(E+iH)t}{\mathrm{E}_0} = \frac{\rho^2 c^4}{2\mathrm{E}^2}; \varphi \approx \pi/2 - \varepsilon; \\ \frac{dx}{cdt} = \frac{cq(E+iH)t}{\sqrt{\mathrm{E}_0^2 + [ce(E+iH)t]^2}} = \frac{cq(E+iH)t}{\mathrm{E}_0 V}\{1 + O(\frac{[cq(E+iH)t]^2}{\mathrm{E}_0^2 V^2}\}; \arg(E+iH) = \varphi\end{gathered}.$$

Где величина q это заряд звукового поля, используется плотность энергии E и плотность напряжения электрического и магнитного звукового поля $E+iH$, комплексная скорость потока U, величина c это фазовая скорость звука. Причем плотность напряжения электромагнитного поля - это новое понятие, возникшее в связи с использование в новых формулах. Оно равно $\frac{d(E+iH)}{dV}=n\sqrt{\rho}U$, где величина n это концентрация элементарных частиц и используется комплексная скорость. При этом частица будет вращаться вокруг оси трубопровода с радиусом $r=\frac{U_{0t}\mathrm{E}}{eH}=\frac{cp_t}{eH}$, где величина p_t проекция плотности импульса на плоскость, перпендикулярная оси трубопровода. Вращение описывается мнимой частью скорости, т.е. волновое число и напряженность магнитного поля – мнимые см. [2]. В случае круглого гидродинамического трубопровода описываются случаи не предсказуемого его разрыва. Жидкая среда подчиняется преобразованию Лоренца и для нее возможно описание с помощью уравнений Максвелла см. [1], [3]. Если образуется параллельное электрическое и магнитное звуковое поле вдоль оси трубопровода, что эквивалентно поступательному движению и вращению вокруг направления поступательной скорости, то возможно превышение скорости звука и образование ударной волны и разрушение трубопровода. Для предотвращения этого разрыва надо ликвидировать это вращение, для чего в трубопроводе надо установить пластины. Но эти пластины могут вызвать завихрение потока, что тоже не желательно. Нужно провести дополнительное исследование по устранению вращения жидкости с центром ось трубопровода. Причем эти разрушения трубопроводов, а не утечка, случаются по не предсказуемым, до описания в данной статье, причинам.

В течении времени $t_{\max}=\frac{mc}{e\sqrt{E^2+H^2}}\frac{mc^2}{2\mathrm{E}_0}$ элементарной частицей будет преодолена скорость света при условии $\arg(E+iH)=\varphi$ на электромагнитное поле. В силу этого значения фазы, определяемого электромагнитным полем, получим $\frac{\mathrm{Re}\,V}{c} \sim 1$. При этом будет образована ударная электромагнитная волна, как в эффекте Вавилова-Черенкова. Причем каждая поступающая частица в это электромагнитное поле будет образовывать ударную волну. Создастся совокупность ударных волн, которая может разрушить направляющий трубопровод коллайдера.

В книге [4] задача 1 к §22 приводится решение этой задачи движение частицы в параллельных электрических и магнитных полях. Так как звуковые волны подчиняются уравнениям Максвелла это можно сделать см. [3]. Угол φ в плоскости вращения определяет вращающееся решение

$$x = \frac{cp_t}{qH_z}\sin\varphi;\, y = \frac{cp_t}{qH_z}\cos\varphi$$

Т.е. стремление к вращающемуся с амплитудой $\frac{cp_t}{qH_z}$ расширению трубопровода. Если эта величина длительное время превышает радиус трубопровода, происходит разрыв трубопровода. Плотность напряженности магнитного звукового поля равна $H_z = n\sqrt{\rho}\,\mathrm{Im}V_z$. Тогда частота вращения равна $\omega = \frac{qH_z c}{\mathrm{E}_{kin}} = \frac{qcn\sqrt{\rho}\,\mathrm{Im}V_z}{\mathrm{E}_{kin}}; \lambda = \frac{c}{\omega} = \frac{\mathrm{E}_{kin}}{qn\sqrt{\rho}\,\mathrm{Im}V_z}$ в плоскости, перпендикулярной оси трубопровода появится вращение, а амплитуда вращения равна

$$a = \frac{cp_t}{qn^{3/2}\sqrt{m_p}\,\mathrm{Im}V_z} = \frac{\mathrm{Im}V_\varphi \mathrm{E}_{kin}\mu}{q\rho^{3/2}c\,\mathrm{Im}V_z} = \frac{\mathrm{E}_{kin}k\mu}{q\rho^{3/2}c}; k = \frac{\mathrm{Im}V_\varphi}{\mathrm{Im}V_z}; q = \frac{\sqrt{\rho}\nu^2}{c}$$

$$\mathrm{E}_{kin} = \sqrt{\mathrm{E}_0^2 + [qc\rho^{3/2}(\mathrm{Re}\,V_z + i\,\mathrm{Im}V_z)t\mu]^2} = \sqrt{\mathrm{E}_0^2 + [\rho^2\nu^2(\mathrm{Re}\,V_z + i\,\mathrm{Im}V_z)t/\mu]^2}; t_{\max} = \frac{\mu c^2}{\rho\nu^2 V}.$$

При этом характерное время работы трубопровода без разрыва газового трубопровода равно $t_{\max} = \frac{\mu c^2}{\rho\nu^2 V} = \frac{9\cdot 10^{10+3}}{0.15^2 200} = 6.34\cdot 10^5\, year$. Разрушение трубопровода за счет релятивистского эффекта не произойдет. Амплитуда вращения в случае газа равна $a = \frac{\mathrm{E}_{kin}k\mu}{q\rho^{3/2}c} = \frac{\mu c^2 k}{\rho\nu^2} = 4k\cdot 10^{15} cm; k << 1$. Но так как вращательного решения в трубопроводе нет, амплитуда имеет значение за счет флуктуаций скорости Амплитуда вращения в случае δ молей газа, участвующих во вращении, равна $a = 4 \cdot 10^{15} / \sqrt{2500 N_{av}} = 1.03 m, k = 1/\sqrt{\delta N_{av}}; \delta = 2500 r^2 / r_n^2$, что при нормальных условиях работы трубопровода $\delta_n = 2500$ при радиусе трубопровода 1 м обеспечивает отношение давления созданного и существующего в трубопроводе равное 1 $\Delta p / p = (\Delta V / V)^\gamma \approx 1.03^{2\gamma} = 1.09; \gamma = 1.4$. Расширение за счет увеличение радиуса трубопровода равно расширению за счет роста числа молей. При увеличении величины участвующих во вращении частиц, возникает рост давления и разрыв трубопровода. При увеличении диаметра трубопровода имеется зависимость от числа молей по закону квадратов. Это и понятно, число участвующих во вращении частиц растет с ростом радиуса трубопровода $a = \frac{\mu c^2 k}{\rho v^2} \sim \frac{r^3 c^2}{v^2 r} \sim r^2$, т.е. как площадь сечения и при нормальных условиях давление удовлетворяет условию $\Delta p / p = (\Delta V / V)^\gamma = (r^2 a_n / r_n^2 a)^\gamma = 1$ при любом радиусе трубопровода.

Этот процесс можно пояснить следующим образом. При вращении жидкости возникают центробежные силы, которые действуют на поверхность трубопровода, стремясь увеличить его диаметр. Эта объемная сила равна $\frac{dp}{dr} = \rho \frac{V_\varphi^2}{r}$, где используется скорость вращения вне пограничного слоя и определяется интегралом от правой части. Вращение жидкости возникает от действия мнимой магнитной напряженности звукового поля, т.е. от степени турбулентности потока. По продольной координате имеем $z = \frac{\mathrm{E}_0}{q E_z} \cosh \frac{E_z}{H_z} \varphi = \frac{\mathrm{E}_0}{q n^{3/2} \sqrt{m_p} \operatorname{Re} V_z} \cosh \frac{\operatorname{Re} V_z}{\operatorname{Im} V_z} \varphi$. В данной формуле имеем движение вдоль потока, стремящееся к скорости звука, при непрерывно действующей электрической напряженности звукового поля.

Литература

1. Якубовский Е.Г. По поводу преобразований Лоренца. «Энциклопедический фонд России», 2018, 134 стр. http://russika.ru/userfiles/390_1549893689.pdf
2. Якубовский Е.Г. Исследование решения уравнения Навье – Стокса II «Энциклопедический фонд России», 2018, 65 стр. http://russika.ru/userfiles/390_1556522160.pdf
3. Якубовский Е.Г. Новые области использования звуковых волн в физических процессах. «Энциклопедический фонд России», 2018, 149 стр. http://russika.ru/userfiles/390_1549885806.pdf
4. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теория поля т.II, Наука, М.,1973,564с.