To the question of energy of moving bodies
Dorogin A.
К вопросу энергии движущихся тел
Дорогин А. Д.

Дорогин Андрей Дмитриевич / Dorogin Andrey – кандидат технических наук, доцент, пенсионер, г. Тюмень

Аннотация: *настоящая статья является развитием темы поднятой в статье автора «К энергии движущихся тел» при механическом взаимодействии тел и сред. Показано, что полная энергия покоя тела, при его движении в среде, переходит (частично или полностью в зависимости от того в какой области скоростей относительно среды находится тело) в энергию движения, состоящей из двух равных частей – кинетической и тепловой энергий тела. Общее количество энергии, независимо от того движется тело или нет, остается неизменным при скоростях меньших или равных скорости звука в расплаве вещества тела.*

Abstract: *this article is a development of the themes raised in the author's article "To the energy of moving bodies" by mechanical interaction of bodies and environments. It is shown that the total energy of the rest of the body, during its movement in the environment transferred (partially or completely depending on what region of velocity relative to the environment is the body) into energy of motion, consisting of two equal parts - kinetic and thermal energies of the body. The total amount of energy, regardless of whether the body moves or not, remains unchanged at speeds less than or equal to the speed of sound in the melt of the substance of the body.*

Ключевые слова: *энергия, движущееся тело, скорость звука, скорость тела.*

Keywords: *energy, moving body, the speed of sound, the speed of the body.*

В работе [1] рассмотрен предельный случай формулы для механического взаимодействия тел и сред.

$$C_т = C\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}} \qquad (1)$$

где $C_т$ – скорость распространения возмущения в движущемся теле (скорость распространения продольных звуковых волн в расплаве вещества); C – скорость распространения возмущения в теле в покое; V – скорость движения тела, когда реализуется условие

$$\rho_0^{ср} C_{ср}^2 = \rho_0^{т} C_т^2 \qquad (2)$$

где $\rho_0^{ср}$ – масса покоя единичного объема среды, в которой движется тело; $C_{ср}$ - скорость распространения возмущения в среде; $\rho_0^{т}$ - масса покоя единичного объема тела; $C_т$ - скорость распространения возмущения в движущемся теле.

Из формулы (1) следует, что как только тело начинает двигаться в среде, скорость передачи возмущения в нем, по сравнению с состоянием покоя, уменьшается. Возведем левую и правую часть соотношения (1) в квадрат и выполним преобразования для выражения

$$C^2 = C_т^2 + V^2 \qquad (3)$$

В [1] показано, что энергия покоя тела E для механического взаимодействия тел и сред

$$E = m_0C^2 \qquad (4)$$

где m_0 – масса покоя тела.

Подставляя (3) в (4) получим, что

$$E = m_0C^2 = m_0C_т^2 + m_0V^2. \qquad (5)$$

Из формулы (5) следует, что при возникновении движения тела его энергия покоя уменьшается на некоторую величину, которая переходит в энергию m_0V^2.

Как показано в [1], слагаемое m_0V^2 в (5) представляет собой сумму кинетической энергии тела $\frac{1}{2}m_0V^2$, переходящей в тепло при торможении, и тепловой энергии $\frac{1}{2}m_0V^2$, накопленной телом при движении в среде.

Таким образом, соотношение (5) можно переписать в виде

$$E = m_0C^2 = m_0C_т^2 + \frac{1}{2}m_0V^2 + \frac{1}{2}m_0V^2, \qquad (6)$$

где сумму энергий

$$\frac{1}{2}m_0V^2 + \frac{1}{2}m_0V^2 = m_0V^2 \qquad (7)$$

будем в дальнейшем называть энергией движения.

Из соотношения (6) следует, что для взаимодействующей пары – среда и движущееся в ней тело – полная энергия тела есть величина постоянная (constanta). При покое тела относительно среды его энергия есть энергия покоя $E = m_0C^2$, а при движении тела в среде или среды относительно тела часть его

энергии покоя или вся энергия покоя переходит в энергию движения m_0V^2, которая выделяется при торможении движущегося тела.

В технике это явление наблюдается в вихревом эффекте Ранке для газа [2] и в вихревом эффекте Потапова для жидкости [2]. Как показано в работе [1], существуют области температур и скоростей движущегося тела, когда возможно получение дополнительной (к затраченной энергии) энергии в виде тепловой энергии, накопленной при движении тела в среде, и её выделение при торможении тела. Для получения дополнительной энергии требуется техническое воплощение, включающее подбор сред, движущихся тел и определение времени движения тела в среде для получения наибольшего эффекта.

Рассмотрим пример: тело - вода массой 1кг при температуре 60^0C; среда – вода при температуре 0^0C; скорость звука для воды при температуре 0^0C 1403 м/с (см. [1]); скорость звука для воды при температуре 60^0C 1552 м/с (см. [1]). Произведём расчёт полной энергии тела массой 1кг при возрастании скорости движения тела от 0 м/с до 1552 м/с, соответствующей скорости звука для воды при температуре 60^0C. Результаты расчета сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Среда в покое, тело движется

Скорость тела V, м/с	Скорость звука в теле $C_т = C\sqrt{1-\frac{V^2}{C^2}}$, м/с	Энергия тела $E_1 = m_0C_т^2 * 10^6$, Дж	Кинетическая энергия тела $\frac{1}{2}m_0V^2 * 10^6$, Дж	Накопленная тепловая энергия тела $\frac{1}{2}m_0V^2 * 10^6$, Дж	Энергия движения тела $m_0V^2 * 10^6$, Дж	Полная энергия тела $E = (m_0C_т^2 + m_0V^2) * 10^6$, Дж
0-покой	1552	2.409	0	0	0	2.409
100	1549	2.399	0.0050	0.0050	0.010	2.409
200	1539	2.369	0.0200	0.0200	0.040	2.409
300	1523	2.319	0.0450	0.0450	0.090	2.409
400	1500	2.249	0.0800	0.0800	0.160	2.409
500	1469	2.159	0.1250	0.1250	0.250	2.409
600	1431	2.049	0.1800	0.1800	0.360	2.409
664-скорость, соответствующая условию (2)	1403	1.968	0.2205	0.2205	0.441	2.409
900	1264	1.599	0.4050	0.4050	0.810	2.409
1200	984	0.969	0.7200	0.7200	1.440	2.409
1500	398	0.159	1.1250	1.1250	2.250	2.409
1552-скорость, соответствующая скорости звука в теле.	0	0	1.2044	1.2044	2.409	2.409

Из таблицы 1 видно, что полная энергия тела (не зависимо от того в покое или в движении находится тело) есть величина постоянная.

Рассмотрим пример, когда среда движется относительно неподвижного наблюдателя со скоростью 100м/с. Относительно этого же наблюдателя тело также движется со скоростью 100м/с по направлению движения среды. В этом случае тело относительно среды находится в покое. Состояние среды и тела соответствуют предыдущему примеру. Результаты расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2. Среда и тело двигаются в одном направлении

Скорость тела V, м/с	Скорость звука в теле $C_т = C\sqrt{1-\frac{V^2}{C^2}}$,	Энергия тела $E_1 = m_0C_т^2 * 10^6$, Дж	Кинетическая энергия тела $\frac{1}{2}m_0V^2 * 10^6$, Дж	Накопленная тепловая энергия тела $\frac{1}{2}m_0V^2 *$	Энергия движения тела $m_0V^2 * 10^6$, Дж	Полная энергия тела $E = (m_0C_т^2 + m_0V^2) *$

	м/с			10^6, Дж		10^6, Дж
100	1549	2.399	0.0050	0.0050	0.010	2.409
200	1539	2.369	0.0200	0.0200	0.040	2.409
300	1523	2.319	0.0450	0.0450	0.090	2.409
400	1500	2.249	0.0800	0.0800	0.160	2.409
500	1469	2.159	0.1250	0.1250	0.250	2.409
600	1431	2.049	0.1800	0.1800	0.360	2.409
664-скорость, соответствующая условию (2)	1403	1.968	0.2205	0.2205	0.441	2.409
900	1264	1.599	0.4050	0.4050	0.810	2.409
1200	984	0.969	0.7200	0.7200	1.440	2.409
1500	398	0.159	1.1250	1.1250	2.250	2.409
1552-скорость, соответствующая скорости звука в теле.	0	0	1.2044	1.2044	2.409	2.409

Пример, когда среда и тело двигаются навстречу друг к другу относительно стороннего наблюдателя со скоростью 100м/с. Тогда скорость движения тела относительно среды составит 200м/с. Результаты расчета сведем в таблицу 3.

Таблица 3. Среда и тело двигаются навстречу друг другу

Скорость тела V, м/с	Скорость звука в теле $C_т = C\sqrt{1-\frac{V^2}{C^2}}$, м/с	Энергия тела $E_1 = m_0C_т^2 * 10^6$, Дж	Кинетическая энергия тела $\frac{1}{2}m_0V^2 * 10^6$, Дж	Накопленная тепловая энергия тела $\frac{1}{2}m_0V^2 * 10^6$, Дж	Энергия движения тела $m_0V^2 * 10^6$, Дж	Полная энергия тела $E = (m_0C_т^2 + m_0V^2) * 10^6$, Дж
200	1539	2.369	0.0200	0.0200	0.040	2.409
300	1523	2.319	0.0450	0.0450	0.090	2.409
400	1500	2.249	0.0800	0.0800	0.160	2.409
500	1469	2.159	0.1250	0.1250	0.250	2.409
600	1431	2.049	0.1800	0.1800	0.360	2.409
664-скорость, соответствующая условию (2)	1403	1.968	0.2205	0.2205	0.441	2.409
900	1264	1.599	0.4050	0.4050	0.810	2.409
1200	984	0.969	0.7200	0.7200	1.440	2.409
1500	398	0.159	1.1250	1.1250	2.250	2.409
1552-скорость, соответствующая скорости звука в теле.	0	0	1.2044	1.2044	2.409	2.409

Анализируя результаты расчетов в таблицах 1-3 видим, что независимо от того находятся среда и тело (взаимодействующая пара) в покое или в движении друг относительно друга полная энергия тела есть величина постоянная при скоростях меньших или равных скорости звука в расплаве вещества тела и в приведенных примерах равна $2.409*10^6$ Дж. Значение полной энергии тела при механическом взаимодействии тел и сред зависит только от начальных условий: массы тела, температуры, скорости звука (скорости распространения продольных звуковых волн в расплаве вещества тела).

В таблицах 1-3 произведен расчет: во-первых, для скоростей ниже или соответствующих условию (2), когда, в случае прекращения внешнего воздействия, возможен полный возврат энергии тела в состояние покоя относительно среды; во-вторых, для диапазона скоростей от условия (2) до наступления условия (1), когда скорость движения тела будет близка к скорости распространения звуковых продольных волн в расплаве вещества движущегося тела (C <V). В этом диапазоне скоростей происходит взрыв, но возможен возврат части энергии тела в состояние покоя относительно среды (см. третью колонку таблиц 1-3); в-третьих, для скоростей V ≥ C, когда вся энергия покоя тела переходит в энергию движения, происходит взрыв и тело, по-видимому, исчезает.

Первый диапазон скоростей тела может наблюдаться при взаимодействии среды и тела, когда скорость тела в среде возрастает от нуля до наступления условия (2). В этом диапазоне скоростей тела процесс управляемый и он может использоваться в технике для получения дополнительной энергии к затраченной. Второй и третий диапазоны скоростей характерны для случая, когда тело, имеющее скорость, превышающее условие (2), внедряется в среду (процесс не управляемый, так как носит взрывной характер). В случае V ≥ C скорость тела может быть сколь угодно большой и его полная энергия является энергией движения. Это явление наблюдалось в природе при взрыве Тунгусского космического тела.

В работе [3] приведены общепринятые параметры Тунгусского космического тела с плотностью $\rho_0^{\text{т}} = 1000\ \text{кг/м}^3$, массой $216*10^6$ кг. Тело имеет скорость входа в атмосферу Земли V = 20000 м/с. Энергия взрыва составляет ($4.184*10^{16}$ - $16.736*10^{16}$) Дж [4].

Плотность тела соответствует воде (при движении в атмосфере тело растаяло). При скорости входа космического тела V = 20000 м/с в атмосферу Земли, как показано ранее V ≥ C, вся его полная энергия является энергией движения. Произведем расчет энергии движения тела (выделившейся полной энергии тела)

$$E = m_0V^2 = 216*10^6\ \text{кг} * (20000\,\tfrac{\text{м}}{\text{с}})^2 = 8.64*10^{16}\ \text{Дж}.$$

Таким образом, произведенный расчет энергии движения тела укладывается в оценочный диапазон энергии взрыва Тунгусского космического тела.

Литература

1. *Дорогин А. Д.* К энергии движущегося тела. Проблемы современной науки и образования, №12 [30], 2014. с.35 – 38.
2. *Потапов Ю. С., Фоминский Л. П., Потапов С. Ю.* Энергия вращения. Кишинев. 2001. 384с.
3. *Руденко Д. В., Устюжников С. В.* Газодинамические последствия взрыва Тунгусского космического тела. Математическое моделирование, том 11, №10, 1999. с. 49 – 61.
4. [Электронный ресурс]: URL: www.tunguska.ru/map,htm