

Энергетика, рынок, экология и вызов цивилизации-2

В.А. Касимов (E-mail: quadrica-m@mail.ru)

Пожалуй, самой зловещей тенью, зависшей над будущим Человечества, является бесконтрольное использование колоссальных объёмов энергии. Причиной тому является энтропия – вечная тень энергии, всеобщая мера беспорядка, хаоса, результата превращения живого в неживое, упорядоченного и информационного, то есть разумного, опять-таки в хаос. Эта тень многолика, она может выступать как в ипостаси зловещего конца, так и в ипостаси созидательного начала (вспомним, Афродита возникла из пены морской, то есть из хаоса). В ипостаси зловещего конца она – неотвратима, как закон Природы. Именно об этой ипостаси и идет сейчас речь. В статье, в термодинамическом 0-приближении, приведена зависимость температуры термодинамической системы от энтропии.

Введение. Термодинамическое 0-приближение

Первый закон термодинамики (закон сохранения энергии) имеет вид:

$$dU = \delta Q - \delta A = TdS - \sum_i F_i dX_i \quad (1)$$

U – внутренняя энергия системы;

Q – подведённое к системе тепло;

A – (обратимая) работа внешних сил над системой;

F_i и X_i – обобщённая i -сила и обобщённая i -координата. В стандартной термодинамике – давление (p) и объём (V);

T – температура;

S – энтропия.

В качестве единицы измерения времени в (1) удобно принять год, поскольку статданные чаще всего представляются именно за год.

Второй закон термодинамики гласит:

$$dS = \frac{\delta Q}{T} \geq 0. \quad (2)$$

В чисто термодинамическом приближении (при $F_i = 0$, $dX_i = 0$), согласно (1)

$$dU = \delta Q = TdS. \quad (3)$$

При $\delta Q = C\delta T$ из (3) следует

$$C = \frac{dQ}{dT}, \quad (4)$$

$$dS = C \frac{dT}{T} \quad (5)$$

или

$$C \ln T = S - A. \quad (6)$$

Тогда температура T и её изменение dT представляются выражениями

$$\left. \begin{aligned} T &= \exp[(S - A)/C] \\ dT &= \frac{1}{C} \exp[(S - A)/C] dS \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Здесь C и A – константы, термодинамический смысл которых очевиден:

C – теплоёмкость системы;

A – аддитивная постоянная, с точностью до которой определяется *термодинамическая энтропия*.

Так выглядит перспектива тотальной катастрофы, выраженная через энтропию S ¹⁾. Температура термодинамической системы растёт экспоненциально с ростом энтропии ("беспорядка"). **Это первый важный термодинамический вывод, представленный (7)**. Рассмотрение проблемы с использованием (1)–(7) мы будем называть *термодинамическим 0-приближением*.

Поскольку термодинамическая энтропия не является измеримой величиной, необходимо первым делом формализовать её *меру* и процедуру измерения по представленной мере. Дальнейшие итерации по достигнутым определённым должны позволить уточнять решение (7).

Продолжение следует ...

¹⁾ Следует иметь в виду, что *статистическая энтропия* связана с логарифмом числа *микросостояний*, реализующих заданное *макросостояние*. На практике число микросостояний – комбинаторно большое число.

Application

Energy, market, ecology and the challenge of civilization-2

V. A. Kasimov (E-mail: quadrica-m@mail.ru)

Perhaps the most ominous shadow hanging over the future of Humanity is the uncontrolled use of enormous amounts of energy. The reason for this is entropy—the eternal shadow of energy, the universal measure of disorder, chaos, the result of the transformation of the living into the inanimate, ordered and informational, that is, intelligent, again into chaos. This shadow is many-sided, it can act as in the hypostasis of the ominous end, and in the hypostasis of the creative beginning (remember, Aphrodite arose from the foam of the sea, that is, from chaos). In the form of an ominous end, it is inevitable, like a law of Nature. It is about this hypostasis that we we'll now talking. In the article, in the thermodynamic 0-approximation, the dependence of the temperature of a thermodynamic system on entropy is given.

Introduction. Thermodynamic 0-approximation

The first law of thermodynamics (the law of conservation of energy) has the form:

$$dU = \delta Q - \delta A = TdS - \sum_i F_i dX_i \quad (1)$$

U – the internal energy of the system;

Q – heat supplied to the system;

A – (reversible) work of external forces on the system;

F_i and X_i – generalized i -force and generalized i -coordinate. In standard thermodynamics – pressure (p) and volume (V);

T – temperature;

S –entropy.

As a unit of time in (1), it is convenient to take a year, since statistical data are most often presented for the year.

The second law of thermodynamics states:

$$dS = \frac{\delta Q}{T} \geq 0. \quad (2)$$

In a purely thermodynamic approximation (for $F_i = 0$, $dX_i = 0$), according to (1)

$$dU = \delta Q = TdS. \quad (3)$$

When $\delta Q = C\delta T$ from (3) follows

$$C = \frac{dQ}{dT}, \quad (4)$$

$$dS = C \frac{dT}{T} \quad (5)$$

or

$$C \ln T = S - A. \quad (6)$$

Then the temperature T and its change dT are represented by expressions

$$\left. \begin{aligned} T &= \exp[(S - A)/C] \\ dT &= \frac{1}{C} \exp[(S - A)/C] dS \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Here C and A are constants whose thermodynamic meaning is obvious:

C – heat capacity of the system;

A – the additive constant to which the thermodynamic entropy is determined.

This is the prospect of total catastrophe, expressed in terms of entropy S ²⁾. The temperature of a thermodynamic system increases exponentially due to an increase in entropy ("chaos"). **This is the first important thermodynamic conclusion presented by (7)**. Consideration of the problem using (1)–(7) we will call *thermodynamic 0-approximation*.

Since thermodynamic entropy is not a measurable quantity, it is necessary first of all in order to formalize its measure and measurement procedure according to this measure. Further iterations on the achieved determinations should allow to Refine the solution (7).

To be continued...

²⁾ It should be borne in mind that *statistical* entropy is associated with the logarithm of the number of *microstates* implementing a given *macrostate*. In practice, the number of microstates is a combinatorial large number.