



Munich Personal RePEc Archive

Technological process entropy

, and ,

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv, Ukraine

8 September 2011

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/106727/>
MPRA Paper No. 106727, posted 24 Mar 2021 15:18 UTC

ЭНТРОПИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Заруба В.Я., Пигнастый О.М.

(Национальный Технический Университет, Харьков)

rom7@bk.ru, vza@kpi.kharkov.ua

Записано выражение для энтропии технологического процесса. Показан механизм необратимости технологических явлений и объяснен закон возрастания энтропии.

Ключевые слова: энтропия, технологический процесс, необратимость, закон возрастания энтропии

Введение

Энтропийный подход к описанию технологических процессов (ТП) рассмотрен Б.Н.Петровым [1]. Известно [1,2,3], что энтропия ТП, может быть записана через функцию распределения $\chi = \chi(t, S, \mu)$ предметов труда (ПрТ) по микросостояниям [4]:

$$(1) \quad H_{\Omega} = \int_0^{\infty} \chi_s \cdot \ln \left(\frac{e}{\chi_s} \right) d\mu, \quad \int_0^{\infty} \mu^k \cdot \chi d\mu = [\chi]_k, \quad k = 0, 1, 2, \dots,$$

где S и μ соответственно усредненные по бесконечно малой ячейке фазового технологического пространства характеристики состояния ПрТ S_j, μ_j : технологические ресурсы, перенесенные на ПрТ и интенсивность их переноса [4,5].

Возрастание энтропии технологического процесса

Изменение состояния ПрТ происходит при совершении работы над ним [1,4,5]. Функция распределения ПрТ по микросостояниям определяется кинетическим уравнением ТП [4,5]:

$$(2) \quad \frac{\partial \chi}{\partial t} + \frac{\partial \chi}{\partial S} \mu + \frac{\partial \chi}{\partial \mu} f = \lambda \cdot \{\psi \cdot [\chi]_1 - \mu \cdot \chi\}, \quad \frac{d}{dt} \frac{\partial I}{\partial S_i} = \frac{\partial I}{\partial S_i},$$

$$(3) \quad \int_0^{\infty} \psi d\mu = 1, \quad \int_0^{\infty} \mu^k \cdot \psi d\mu = [\psi]_k, \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad i = 1 \dots N.$$

Производственная функция обобщенной единицы технологического оборудования $f = f(t, S)$ определяется из способа производства, функция $\lambda = \lambda(t, S)$ задает расстановку оборудования [4,5]. Оборудование воздействует на ТП, изменяя его качественно и количественно. Учитывает вероятностный характер воздействия технологического оборудования на ТП функция $\psi = \psi(t, S, \mu)$, определяющая вероятность того, что после воздействия технологического оборудования на ТП скорость переноса затрат станет равной μ [4,5]. Используя (2), (3), изменение энтропии ТП со временем может быть определено

$$(4) \quad \frac{dH_{\Omega}}{dt} = \frac{d}{dt} \int_0^{\infty} \chi \cdot \ln \left(\frac{e}{\chi} \right) d\mu = - \int_0^{\infty} \lambda \cdot \{ \psi \cdot [\chi]_1 - \mu \cdot \chi \} \cdot \ln \chi d\mu.$$

Состояние статистического равновесия полностью симметрично относительно замены будущего настоящим. При изменении знака времени надо переставить состояния до воздействия и после воздействия технологического оборудования на ПрТ. Мы можем, следовательно, утверждать, что в состоянии статистического равновесия число взаимодействий ПрТ с технологическим оборудованием $\mu \cdot \chi(t, S, \mu)$ при переходе в состояние $\psi(t, S, \mu) \cdot [\chi]_1$ (прямой процесс) равно числу взаимодействий ПрТ с технологическим оборудованием $\psi^*(t, S, \mu^*) \cdot [\chi^*]_1$ при переходе в состояние $\mu^* \cdot \chi^*(t, S, \mu^*)$ (обратный процесс) [5]. Используя соотношения

$$(5) \quad \mu^* = -\mu, \quad \chi^* = \chi, \quad [\chi^*]_1 = -[\chi]_1, \quad \psi^* = \psi$$

интеграл (4) может быть записан окончательно в виде:

$$(6) \quad \frac{dH_{\Omega}}{dt} = - \frac{1}{2} \cdot \int_0^{\infty} \lambda \cdot \psi \cdot [\chi]_1 \left\{ 1 - \frac{\mu \cdot \chi}{\psi \cdot [\chi]_1} \right\} \ln \frac{\chi \cdot \mu}{\psi \cdot [\chi]_1} d\mu \geq 0.$$

Выражение (6) представляет закон возрастания энтропии для ТП [1,2,3]. Равенство выполняется только для квазистатических процессов, когда макропараметры ТП находятся в состоянии установившегося равновесия [1]:. Производственная практика показывает, что релаксационные технологические явления являются необратимыми, в то же время как исходные уравнения

Эйлера (2) обратимы. Формально это проявляется в том, что уравнения Эйлера остаются неизменными при замене

$$(7) \quad t \rightarrow -t, \mu_j \rightarrow -\mu_j, (j=1,2,\dots,N).$$

Вопрос о том, на какой стадии и по каким причинам исходные уравнения Эйлера (2) заменяются необратимыми уравнениями, является одним из важных вопросов, возникающих при исследовании социально-экономических и производственно-технических систем. Основным фактором, приводящим к необратимости, является неустойчивость (расходимость) технологических траекторий ПрТ [4,5]. Впервые на роль неустойчивости движения и фактора перемешивания в возникновении необратимости явлений указал Н.С.Крылов. Для оценки меры неустойчивости динамической системы из N-объектов А.Н.Колмогоров ввел специальную характеристику, получившую название энтропии Крылова-Колмогорова или К-энтропии. Для ТП К-энтропия определяется формулой

$$(8) \quad k(t) = \frac{1}{t} \cdot \ln \left(\frac{\sqrt{\sum_{j=1}^N (\Delta S_j(t))^2}}{\sqrt{\sum_{j=1}^N (\Delta S_j(0))^2}} \right), (j=1,2,\dots,N).$$

Состояние параметров ТП является асимптотически устойчивым при $\lim_{t \rightarrow \infty} \Delta S_j(t) \rightarrow 0$ и $\lim_{t \rightarrow \infty} k(t) \rightarrow 0$.

Необратимость явлений при движении ПрТ по технологическому маршруту заключается во взаимодействии ПрТ с технологическим оборудованием. Траектории движения ПрТ в фазовом технологическом пространстве (S, μ) после взаимодействия с технологическим оборудованием оказываются непредсказуемыми. Становится возможным лишь статистическое предсказание. При этом важным является нахождение наиболее вероятных значений параметров ТП.

Выводы

Воспользовавшись понятием энтропии технологического процесса [1,2,3], доказан закон возрастания энтропии для замк-

нотой производственно-технической системы. Постоянство энтропии [1] характеризует квазистатические технологические процессы, являющиеся идеализацией реальных технологических процессов производственно-технических систем.

Литература

1. ПЕТРОВ Б.Н., УЛАНОВ Г.М., ГОЛЬДЕНБЛАТ И.И., УЛЬЯНОВ С.В. *Теории моделей в процессах управления (Информационный и термодинамический аспекты)*. М.: Наука, 1978. 224с.
2. ВИЛЬСОН А.Д. *Энтропийные методы моделирования сложных систем*. Пер.с англ.- М.:Наука, 1978г. 248с.
3. ПРАНГИШВИЛИ И.В. *Энтропийные и другие системные закономерности: Вопросы управления сложными системами*. М.: Наука, 2003. – 428 с.
4. ПИГНАСТЫЙ О.М., ЗАРУБА В.Я. *О взаимосвязи микро- и макроописания производственно-технических систем*. / Сборник докладов Международной научно-практической конференции «Управление большими системами». – М.: ИПУ РАН, 2009. – С.255-258
5. ПИГНАСТЫЙ О.М. *Статистическая теория производственных систем*. – Х.: Изд. ХНУ им.Каразина, 2007. 388 с.