

УДК 536.4.033

**Д.И. Борисенко**

## **ЛОКАЛЬНАЯ НЕРАВНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКАЛЯРНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН КАК ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

*В работе излагается фундаментальный принцип неравномерности распределения физических величин по обобщённым координатам, в частности, в пространстве и времени. Приводится пример, показывающий важность одновременного выполнения нескольких условий реализации характерных событий и правильного выбора масштабов рассмотрения ситуации*

*Ключевые слова: локальность, неравномерность, событие, характерный, зона, масштаб, энергоэффективность..*

---

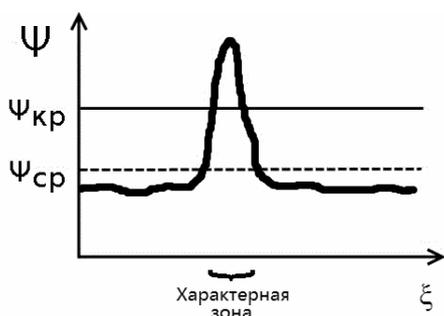
**И**стория человеческих знаний отражена в самой науке, и в словах творцов науки содержится ключ к пониманию её развития. Всякий опыт представления прошлого – это проекция минувшего. Прошлое многомерно, а проекция даёт лишь один разрез существовавшего некогда многообразия событий, лиц, идей [1, стр.5, 575].

В сложившихся тенденциях развития классической науки значительную роль играют особенности восприятия человеком окружающего мира. Человеку свойственно воспринимать непрерывным изменение многих характеристик внешних воздействий, информацию о которых он получает изначально в дискретном виде: например, сигналы от отдельных осязательных рецепторов вызывают ощущение непрерывного телесного контакта.

Интуитивное понимание природы в рамках представлений о непрерывном распределении физических величин, с одной стороны, и сложившаяся на протяжении всей человеческой истории инженерная практика с другой – не вступали в противоречие с действительностью до пе-

рехода научных знаний на квантовый уровень. Мы привыкли, что все величины, которыми оперирует наука, распределены по численным значениям. Вид и точные математические характеристики распределения могут быть различными, но сам подход на сегодняшний день представляется фундаментальным. Однако важно знать, как величины распределены физически: относительно обобщённых координат, причём наибольший интерес представляет вид распределения в пространстве и времени. Представляется принципиальным факт локальной неравномерности распределения в пространстве и времени численных значений физических величин.

Важно отметить, что средние значения физических величин, доступных инструментальному контролю, могут существенно отличаться от реальных значений в малых зонах, лежащих в области, на которой производится замер величины. Вероятны ситуации, при которых значения физических величин в отдельных зонах могут превышать пороговые значения реализации характерных событий (например, фазовых переходов). Здесь и



**Рис. 1. Распределение некоторой физической величины  $\Psi$  по обобщённой координате  $\xi$ :**  $\Psi_{ср}$  — среднее значение величины в области, доступной для измерений (инструментальному контролю);  $\Psi_{кр}$  — пороговое значение величины для реализации характерного события

далее будем называть такие зоны характерными. При этом средние значения величин во всей рассматриваемой области остаются существенно ниже пороговых значений (рис. 1).

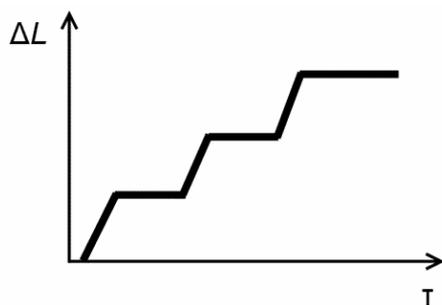
Под функцией  $\Psi$  может рассматриваться любая скалярная физическая величина (энергия, температура, масса, концентрация, заряд, проводимость и т.п.).

Возможность реализации характерного события зависит от условий в соответствующей характерной зоне. В частности, имеют значение геометрические размеры характерной зоны, время её существования и абсолютные значения физических величин в ней, а главное, природа характерного события.

Поясним вышеизложенное на примере. Температура воспламенения метано-воздушной смеси составляет 650–750°C [2, стр. 379], а измеряемая приборами температура находящегося в метано-воздушной атмосфере угля – 20°C. По представлениям классической науки, в таких условиях воспламенения произойти не должно. Оно и не происходит в действительности. Однако

акустическая эмиссия, регистрируемая на поверхности угля, свидетельствует о характерном процессе трещинообразования, вызываемом термическими напряжениями. Характерные трещины образуются. Следовательно, имеют место и зоны с существенными термическими напряжениями, а значит — с высокими (порядка 1000°C) температурами. Такие зоны имеются и на поверхности угля, т.е. находятся в прямом контакте с метаном. Но воспламенения метана не происходит. Почему?

Для воспламенения газа необходимо, чтобы определённая энергия передалась некоторому критическому количеству молекул взрывоопасного газа. При этом размер высокоэнергетической (поджигающей) поверхности должны превышать длину свободного пробега молекул воспламеняемого газа и существовать в течение некоторого времени, потребного для взаимодействия критического количества молекул газа с поджигающей поверхностью. Если время существования такой поверхности, меньше времени преодоления средней длины свободного пробега молекулами воспламеняемого газа со среднестатистической скоростью, то характерная зона должна иметь весьма протяжённые размеры, чтобы с высокоэнергетическим участком поверхности взаимодействовало определённое количество молекул воспламеняемого газа. Таким образом, важны как размеры поджигающего элемента (фрагмента поверхности, или, как мы условились его называть «характерной зоны»), так и время его существования. Следует учитывать ещё одно важное обстоятельство — наличие приоритета передачи энергии от характерной зоны. В рассматриваемом примере энергия передаётся



**Рис. 2. Зависимость приращения длины трещины  $\Delta L$  от времени  $\tau$**

либо теплопроводностью вглубь греющего тела (угля), либо расходуется на воспламенение окружающего газа либо затрачивается на реализацию иного характерного события, например на образование трещины. На практике реализуется именно трещинообразование.

Индукционный период воспламенения метано-воздушной смеси зависит от температуры греющей поверхности (чем выше температура, тем индукционный период короче) и от содержания метана (чем оно выше, тем индукционный период продолжительнее). Так, для температуры в  $1075^{\circ}\text{C}$  и 6%-го содержания метана длительность индукционного периода составляет  $0,039$  с [3, стр. 21].

Как показано в [4, стр. 7–10], скорость распространения трещин в твёрдой среде составляет 30–40% от скорости звука в ней. Скорость звука в углях согласно [5, стр. 46, 47] меняется в диапазоне 1–3,5 км/с. Соответственно скорость прорастания трещин в угле варьируется в пределах  $v=300\text{--}1400$  м/с. Возьмём минимальное значение 300 м/с. Пусть величина образующейся трещины  $l=1$  мм, тогда время её развития составит  $\tau = l/v = 10^{-3}/300 = 3,3 \cdot 10^{-6}$  с. Сопоставляя этот результат с длительностью индукционного периода воспламенения для рас-

сматриваемых условий ( $3,9 \cdot 10^{-2}$  с), видим, что вспышка газа не успеет произойти. Для оценки выбирались крайние значения: минимальный период индукции и самое медленное прорастание трещины. При этом развитие трещины осуществляется в соответствии с рис.1: скорость прорастания не постоянна: имеются участки интенсивного развития и участки затишья (рис. 2).

На участках быстрого развития трещины (которые, собственно, и являются характерными зонами для прорастания трещины) скорости роста превышают установленные в работе [5] средние значения.

Итак, несмотря на то, что интенсивность колебания молекул соответствует температурам, превышающим температуру воспламенения метано-воздушной смеси, воспламенения не происходит, поскольку условия данного характерного события не соответствуют условиям, в образующихся характерных зонах.

Иную картину наблюдаем при разборе событий, внутри характерных зон, которые требуют меньших абсолютных значений геометрических размеров и времени, например, химические взаимодействия отдельных молекул или их групп, а также различные фазовые переходы. Такие события в рассматриваемых характерных зонах могут реализовываться.

Локальная неравномерность распределения физических величин сохраняется и при переходе на более крупные масштабы. Например, в солнечной системе масса сосредоточена в локальных зонах – небесных телах, а при выборе ещё более крупных масштабов – в галактиках.

Таким образом, если рассматривать масштабы, соответствующие происходящим характерным событиям, то мы можем на основании изложенных

соображений оценивать, а в перспективе рассчитывать количественные характеристики имеющих место явлений и управлять ими. На основании этого можно создавать более энергоэффективные технологии, например, воздействуя не на обширную область изменения физической величины, а

на конкретные характерные зоны, расположенные в этой области, которые отвечают за реализацию важных в данной технологии событий. На всех масштабах обобщённых координат существуют локальные неравномерности распределения физических величин, главным образом энергии.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Жизнь науки: Антология вступлений к классике естествознания*/ Сост. проф. С.П. Капица. – М.: Наука, 1973. – 600 с.

2. *Горная энциклопедия*/ Гл. ред. Е.А. Козловский. – Т.1. Аа-лава – Геосистема. – М.: Сов. энциклопедия. 1984. – 560 с.

3. *Ушаков К.З., Бурчаков А.С., Медведев И.И.* Рудничная аэрология. Изд.2, перераб. и доп. М., Недра, 1978. – 440 с.

4. *Чхетиани Л.А.* Исследование влияния времени вскрытия зарядной камеры трещинами на эффективность отбойки горной массы взрывом: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1971. – 16 с.

5. *Черняк З.А.* Физические свойства углей и вмещающих пород как объект аппаратурного контроля. – М.: Наука, 1985. – 128 с. **ПЛАБ**

---

#### КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

*Борисенко Д.И.* — кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории электрофизических технологий горного производства, ИГД им. А.А. Скочинского, E-mail: dima-luxinzhi@mail.ru



---

#### ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)

##### ЭФФЕКТИВНОСТЬ МОЛОТКОВЫХ ДРОБИЛОК

*Лагунова Ю.А.*, доктор технических наук, доцент, профессор, e-mail: Yu.Lagunova@mail.ru,

*Брусова О.М.*, аспирантка УГГУ, e-mail: olgabrus@mail.ru.

Уральский государственный горный университет.

Отдельные статьи Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). — 2012. — № 1. — 16 с. — М.: издательство «Горная книга».

*Производительность молотковой дробилки определяется коэффициентом готовности рабочего органа и возрастает с увеличением межремонтного периода, который зависит от точности оценки остаточного ресурса рабочего органа.*

*Ключевые слова: надежность, коэффициент готовности, отказы, ремонтный цикл, рабочий орган молотковой дробилки, долговечность, остаточный ресурс.*

##### EFFICIENCY HUMMER OF CRUSHERS

*Lagunova Yu.A., Brusova O.M.*

*Productivity of hammer crusher is determined by the coefficient of the availability working body and increases with increasing between the repair period, which depends on the accuracy of residual life assessment of the working body.*

*Keywords: reliability, availability, failures, repair cycle, the working body of a hammer mill, durability, remaining service.*