раических уравнений, где $N \approx 3 \cdot n^5$. Для достижения приемлемой точности следует выбрать $n \approx 10^4$, тогда $N \approx 3 \cdot 10^{20}$. Трудности вызывает даже хранение коэффициентов такой системы, тем более её решение.

Положим $\vec{\chi}(\chi_x, \chi_y, \chi_z)$. Представим каждую составляющую в виде соответствующего двойного тригонометрического многочлена вида

$$P_n(x,y) = a_0 + \sum_{\substack{k,m=0 \\ (k+m\neq 0)}}^{n} \left[a_{km} \cos\left(\frac{k\pi}{l_x} x + \frac{m\pi}{l_y} y \right) + b_{km} \sin\left(\frac{k\pi}{l_x} x + \frac{m\pi}{l_y} y \right) \right]. \quad (23)$$

Подставляя (23) в (22), получаем три линейных функциональных уравнения относительно коэффициентов a_{km}, b_{km}, содержащих пять переменных $(x_1, ..., x_5)$. Разбивая в этих уравнениях отрезки изменения x_i на n интервалов, приходим к СЛАУ относительно искомых величин, коэффициентами которых служат несобственные тройные интегралы от соответствующих несобственных поверхностных интегралов. Для вычисления таких интегралов можно использовать более экономичные методы вычисления, например, метод Монте-Карло. При этом несобственные интегралы заменяются интегралами по конечной области, верхние пределы этой области можно выбрать их варьированием до достижения заданной точности.

Если поверхность обтекаемого тела не является выпуклой, то можно использовать неравномерную сетку разбиения, выбирая её более частой в тех частях поверхности, где скорость изменения коэффициентов кривизны становится большой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. Теоретическая физика. – Т. 6. – М.: Наука, 1988. – С. 89.
2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М., 1978. – 439 с.
3. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. – Ч. II. – М., 1963. – 516 с.
4. Борисенко А.И., Тарапов И.Е. Векторный анализ и начала тензорного исчисления. – М. : Высшая школа, 1963.

В.Н. ЯКОВЛЕВ

ИНФЛЯЦИЯ КАК ПРОЯВЛЕНИЕ ЗАКОНА ВОЗРАСТАНИЯ ЭНТРОПИИ

На достаточно простом примере иллюстрируется взаимосвязь физических и экономических законов, открывающая возможность применения физических методов анализа в экономике. Это подчеркивает фундаментальную роль физики не только в информативном, но и в методическом смысле.

Каждый свято исполняет
предназначенную роль.
Энтропия возрастает,
дорожает алкоголь.
(Тимур Шаов)

То, что физические знания являются базовыми не только для технических дисциплин, признают фактически все, за исключением небольшой группы людей, которые вообще физику не знают. Но при этом чаще всего подразумевается роль физики в сугубо естественнонаучных дисциплинах: химия, астрономия, биология, медицина. Боле того, традиционными философами была создана дисциплина «Концепции современного естествознания», в которую физика включена всего лишь как один из разделов. Но они при этом закрывают глаза на то, что физика не часть, а фундамент естественных наук. И самое для них удивительное, что физические знания вдруг оказываются основополагающими и за пределами естествознания. Самый простой пример – это закон сохранения энергии. Этот закон настолько фундаментальный, что проявляет себя не только в сфере естественнонаучной, но и в общественно-политической. К примеру, хотят того политологи или нет, но основным фактором, определяющим политическую жизнь планеты, является именно закон сохранения энергии. Достаточно внимательно взглянуть на какую-либо «горячую точку» – и мы столкнемся с проблемой энергоносителей.

Но роль физики в других науках не ограничивается информацией о действующих в природе законах. Физика, об этом говорил ещё Резерфорд, подарила другим наукам методологию познания. Такие приемы, как индуктивный и дедуктивный анализ явлений, построение модели (в том числе математической модели) в настоящее время интенсивно используются во всех науках, в том числе и в тех, которые к естественным не относятся. В частности возникла насущная необходимость разобраться в проблемах экономики, используя принятые в физике язык и модели [1]. В экономической науке появилось направление «физическая экономика» (название было предложено Линдоном Ларушем [2]), построенное по образцу и подобию точных и естественных наук. Оказалось, что процессы, происходящие в экономике очень близки явлениям, описанным в физике. Например, было выявлено, что денежные купюры подчиняются квантовой статистике Бозе–Эйнштейна, и поэтому целый ряд законов квантовой жидкости оказался близок закономерностям денежного обращения [3]. Обнаружено сходство между свойствами денег в экономике и свойствами частиц в физике. Так, деньги так же, как и частицы, существуют в единичном состоянии и составляют множества, непрерывно движутся и взаимодействуют друг с другом, обладают определенной энергией и меняют её при взаимодействии, обладают своей (денежной) массой, которая связана с энергией [3]. В связи с этим интересно рассмотреть, как применительно к денежной массе проявляет себя такая важная характеристика системы частиц, как энтропия.

Понятие энтропии было сформулировано в физике в рамках термодинамики при анализе тепловых процессов. Однако сформулированный при этом закон возрастания энтропии быстро вышел за пределы узкоспециального раздела физики. Это связано с тем, что с помощью энтропии можно сопоставить степень хаотичности и (в противоположность хаотичности) степень упорядоченности систем.

Для того чтобы понять, почему этот термин завоевал такую популярность, вернемся к тому, как эта величина вводится в термодинамике. Основой для подсчета энтропии является *статистический вес* (или «термодинамическая вероятность»). Рассмотрим некоторый объем, разделенный на две равные части. Состоянием системы (макросостоянием) будем называть ситуацию, когда в одной части объема находится n молекул, а в другой части объема N-n. Молекулы находятся в непрерывном движении, постоянно меняют свое положение в каждой из частей объема. Но, поменявшись местами, молекулы никаким образом не изменят общее состояние системы. Слева по-прежнему будет *n*, а справа *N-n* молекул. Получается, что выполнение условия «слева *n*, а справа *N-n* молекул» может быть реализовано при различных вариантах расположения каждой молекулы в отдельности. Статистический вес отвечает на вопрос, сколько может быть таких перестановок, которые не повлекут за собой изменения состояния в целом. Для данного примера он может быть подсчитан по формуле:

$$\Omega = \frac{N!}{n!(N-n)!} \tag{1}$$

Здесь $N!$ – N-факториал: $N! = 1\cdot 2\cdot 3\cdots(N-1)\cdot N$. Если в данной ситуации (при равном объёме) $N-n=n$, то такая система называется равновесной. Нарушить это равновесие, значит придать системе некоторую структуру, то есть как-то упорядочить. Если предоставить систему самой себе, то равновесие установится за счёт хаотичного движения спонтанно. Согласно формуле (1) в равновесном состоянии (т. е. при $n=N-n$) статистический вес больше, чем в неравновесном. Таким образом, статистический вес характеризует упорядоченность (или хаотичность) системы: чем больше статистический вес, тем больше хаотичность и меньше степень упорядоченности (структурирования) системы. Благодаря хаотичному движению молекул концентрация молекул в разных частях объёма стремится выровняться, а это приводит к увеличению статистического веса.

Для того, чтобы количественно и по размерности характеристику степени упорядоченности системы связать с другими термодинамическими величинами вводят величину, называемую энтропией:

$$S = k \ln \Omega, \tag{2}$$

здесь k=1,38·10^{-23}Дж/К – постоянная Больцмана; $ln\Omega$ – натуральный логарифм Ω.

Анализируя статистический вес и энтропию газа можно придти к соотношению:

$$TdS = pdV + dU, \tag{3}$$

здесь T – температура, p – давление, V – объём тела, U – его внутренняя энергия.

Учитывая, что при изменении объёма на dV газ производит работу

$$d'A = pdV,$$

а первое начало термодинамики связывает работу и изменение внутренней энергии с получаемым количеством тепла $d'Q$:

$$d'Q = d'A + dU, \tag{4}$$

оказывается, что изменение энтропии dS связано с количеством тепла, получаемого телом.

$$dS = \frac{d'Q}{T}. \tag{5}$$

Учитывая, что в системе, стремящейся к равновесию, энтропия увеличивается:

$$dS \geq 0\ , \tag{6}$$

объединения условий (5) и (6) приводит к неравенству

$$dS \geq \frac{d'Q}{T} \tag{7}$$

Таким образом, если система стремится к равновесному состоянию, её энтропия увеличивается. Если система получает какое-то количество тепла, её энтропия согласно формуле (5) также увеличивается. Энтропия остается постоянной только в равновесной, теплоизолированной системе. Эти выводы составляют содержание закона возрастания энтропии.

Этот закон не отрицает возможность обратных процессов. Так, при отборе тепла (при охлаждении) энтропия охлаждаемого тела будет уменьшаться. Но это может быть достигнуто за счёт энергетических затрат. И при этом надо рассматривать энтропию не только охлаждаемого объекта, а всю систему в целом: охлаждаемый объект плюс система, обеспечивающая отбор тепла. В результате получится, что суммарная энтропия всей системы все-таки возрастает.

Как с помощью энтропии можно охарактеризовать распределение и движение денежной массы? Пока мы не ввели в применение к денежной массе множитель, эквивалентный постоянной Больцмана в (2), приходится ориентироваться на статистический вес. Используем статистический вес для сравнения двух результатов продажи какого-то товара. Предположим, покупатель имеет десять денежных единиц. Он покупает товар, цена которого – одна денежная единица. В результате покупки реализуется распределение денежных единиц 1–9 (в формуле (1) N=10, n=1). Согласно формуле (1) этой ситуации соответствует статистический вес Ω=10. Будем считать в нашем упрощенном примере, что стоимость товара (в результате инфляции) стала равной двум единицам. Тогда статистический вес при распределении денежной массы 2–8, сосчитанный по той же формуле окажется равным Ω=45. То есть, увеличение цены товара приводит к увеличению статистического веса распределения денежных единиц, что эквивалентно возрастанию энтропии.

Идея создания «безэнтропийной» экономики, предложенная Ларушем, подразумевает создание такой экономической системы, которая освободилась бы от процесса возрастания энтропии или хотя бы свела его действие к минимуму. Рассмотрим ещё раз процесс покупки. Вернемся к рассмотренному выше примеру. Перед покупкой в системе покупатель – продавец распределение денежных единиц было 10 – 0. После покупки 9 – 1. Это соответствует статистическим весам, сосчитанным по формуле (1), соответственно 1 и 10. То есть сам процесс покупки товара, также как и процесс теплообмена, приводит к росту энтропии экономической системы в целом. Можно ли этого избежать или хотя бы уменьшить эффект возрастания энтропии?

Если процесс купли-продажи рассматривать как аналог теплообмена (передачи энергии), то энтропия, согласно (6), безусловно возрастает. Но мы этот процесс рассмотрели с точки зрения распределения денежной массы: где-то её было много, а где-то мало. А затем это распределение изменилось. То есть ситуация подобная той, что реализуется в неравновесной системе.

Энтропия не будет возрастать, если эту систему превратить в равновесную. Но тогда необходимо, чтобы обмениваемый на деньги товар являлся точным эквивалентом получаемому за него количеству денег, и возможен обратный обмен без изменения условий. Тогда не имеет значения денежными знаками или товаром определяется денежная масса и в процессе купли – продажи её распределение не изменяется. Такая ситуация, безусловно, является экзотической, но тем не менее её можно воспринимать, как некое направление, позволяющее снизить энтропийную зависимость экономики.

Кроме того, есть смысл обратиться к другому обратимому процессу – изотермическому. В этом процессе предполагается теплообмен между системами, находящимися в равновесии. Если приписать денежной массе некую энергию, то процесс купли-продажи будет эквивалентен теплообмену. Обратимый процесс приведёт к росту энтропии в системе, получающей энергию. Но, если процесс обратимый, энергия и энтропия могут «вернуться» в исходное состояние, и в целом (в двух, обменивающихся деньгами системах) энтропия остается без изменения.

Для того, чтобы найти аналог изотермическому процессу в экономике, надо опираться на условие равновесия систем. В [4] указан ряд причин, почему в системе производитель – потребитель не выполняется данное условие и ставится вопрос о преодолении данной ситуации.

Рассмотренные выше примеры иллюстрируют возможность анализа экономической ситуации с помощью методов и законов, сформулированных в физике. Более детальное использование физического подхода в экономике можно найти в [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов М.Б. Экономическая физика сегодня: «за» и «против» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://lirt.hse.ru/seminar.2008.
2. Ларуш Л. Физическая экономика как платоновская эпистемологическая основа всех отраслей человеческого знания / Ларуш Л. – М.: Научная книга, 1997.
3. На стыке двух дисциплин: Способны ли физики объяснить экономические явления [Электронный ресурс] : Лаборатория исследований рынка труда. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – Режим доступа: http://lirt.hse.ru/news/577859.html.
4. Тукмаков Д. Уподобление Богу (Физическая экономика Ларуша как преодоление энтропии) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: zavtra.ru>cgi/veie/data/zavtra/01/396/52.html.
5. Чернавский Д.С., Старков Н.И., Щербаков А.В. О проблемах физической экономики // УФН. – 2002. – № 9. – С. 1045–1066.

В.Н. ЯКОВЛЕВ

ТРИ УРОВНЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, ТРИ УРОВНЯ ЗНАНИЙ

Рассматривается процесс принятия решений человеком в повседневной деятельности. Обращается внимание на то, что характер принятия решений может быть рефлекторно-инстинктивный, эмоциональный и рациональный. Предполагается, что на эмоциональном уровне человек слышит подсказку Природы. Предлагается классификация знаний, на которые опирается жизнедеятельность человека. Вводится понятие «Пульхрум».

Как принимает решения человек разумный? И почему он принимает именно такие решения? Он размышляет, взвешивает, анализирует ситуацию, *используя накопленные знания*. Выбирает то, что считает полезным, разумным. Разум человеческий позволяет ему в какой-то степени предвидеть, чем все это кончится. Вот он и выбирает верное (с его точки зрения) решение.

А что же братья наши меньшие? Как действуют они? Ну, это все мы в школе проходили. И про рефлекс условный и про безусловный тоже. Безусловный – это врожден-