

## **Понятие «температура» применительно к экономике**

С.М. Коломиец, д.т.н., профессор кафедры экономики и управления  
kolomiets@mail.ru

Российский государственный социальный  
университет - филиал в г. Обнинске

*В статье рассматривается один из возможных подходов к экономическому содержанию понятия «температура». Предложенная трактовка экономической температуры как разности между ожидаемой (в будущем) нормой прибыли и реальной (сегодняшней) нормой, усредненной по некоторому сегменту рынка, дает возможность провести аналогию между процессами теплопроводности, приводящими к термодинамическому равновесию, и процессами «миграции» капитала, приводящими к экономическому равновесию.*

**Ключевые слова:** норма прибыли, экономическая температура, экономическое равновесие, «миграция» капитала, инвестиционная привлекательность.

## **Concept of “temperature” as applied to the economics**

Kolomiets S.M.

*One of possible approaches to the economic sense of concept of "temperature" is considered in the given work. The interpretation of economic temperature as difference between expected (in the future) rate of profit and the real (today's) rate of profit being averaged on some segment of the market has offered. This interpretation gives the chance to draw an analogy between the processes of heat conductivity leading to thermodynamic balance, and processes of "migration" of the capital, leading to economic balance.*

**Keywords:** rate of profit, economic temperature, economic equilibrium, “migration” of the capital, alluring investment prospects.

### **Введение**

В экономической теории для описания некоторых процессов давно используют некоторые аналогии с термодинамическими процессами. В частности, распространено использование основных физических понятий «температура», «энергия», «энтропия» и т.д. применительно к собственно экономическим явлениям и процессам, безотносительно к процессам

материального производства (технологическим процессам). Однако во многих случаях эти «экономические» понятия используют без уточнения их отчетливого экономического содержания - в некотором произвольном смысле [1-3, 5-8].

Так, в [5] рассматривается возможная, по мнению автора, аналогия между процессами в квантовой механике и в экономике. При этом весьма «вольная» трактовка применимости основных положений квантовой механики соседствует с «эмоциональными» определениями ряда основных параметров, аналогичных соответствующим физическим параметрам.

В то же время, с точки зрения логики рассуждение по аналогии есть индуктивное рассуждение: если два объекта имеют некоторые сходные признаки (характеристики), то вероятно, что еще какие-то признаки также будут сходными. С точки зрения теории систем аналогия между какими-то объектами есть отражение некоторых сходных закономерностей в строении этих объектов, их эволюции во времени. То есть, об аналогии имеет смысл говорить лишь при выявлении «обоснованного» сходства признаков.

Кроме того, давно уже в социально-экономической сфере предпочитают, по возможности, использовать количественные, а не качественные величины. Более того, во многих случаях качественным характеристикам «присваивают» некоторые количественные значения. Так, качественной оценке знаний учащихся преподаватель ставит в соответствие, в определенной мере субъективно, числовую оценку: «5», «4», «3», «2».

В связи со сказанным, для обоснованного использования в экономике понятия «температура», «энергия», «энтропия» и т.д. должны быть наполнены конкретным экономическим содержанием. В данной работе рассматривается один из возможных подходов к экономическому содержанию понятия «температура».

### **Температура как мера хаотического движения**

В физике температура рассматривается как мера интенсивности хаотического движения «физических агентов» - атомов и молекул. То есть, температура характеризует индивидуальное поведение атомов и молекул: чем выше температура, тем интенсивнее это движение, тем чаще происходят элементарные акты взаимодействия «физических агентов» между собой.

В связи с этим, «экономическая» температура также может характеризовать интенсивность «хаотического» взаимодействия экономических агентов между собой, то есть, характеризовать индивидуальную экономическую активность этих агентов.

В физике температура – это мера лишь некоторой средней интенсивности хаотического движения, причем ансамбль, по которому производится усреднение, должен быть достаточно большим. Так, бессмысленно говорить о температуре отдельного атома или молекулы. В экономике же индивидуальная экономическая активность – вполне представимое понятие. В связи с этим, под экономической температурой можно понимать результат усреднения индивидуальной экономической активности по некоторому

ансамблю. При этом, с одной стороны, ансамбль не должен быть слишком малым с тем, чтобы сглаживалось влияние случайных факторов, свойственных отдельным экономическим агентам. С другой стороны, этот ансамбль не должен быть и слишком большим, с тем, чтобы не сглаживалось регулярное (не случайное) различие экономической активности для различных частей экономической системы. Ясно, что при слишком большом ансамбле мы получим результат, аналогичный анекдотическому: «в среднем по больнице температура близка к норме».

Чем же определяется экономическая активность?

Представляется, что в самых разных экономических задачах такая активность определяется нормой прибыли. В подавляющем большинстве случаев поведение экономических агентов направлено на повышение этой нормы. Карл Маркс говорил: «Обеспечьте 10 процентов прибыли, и капитал согласен на всякое применение, при 20 процентах он становится оживлённым, при 50 процентах положительно готов сломать себе голову, при 100 процентах он попирает все человеческие законы, при 300 процентах нет такого преступления, на которое он не рискнул бы, хотя бы под страхом виселицы». То есть, экономические агенты выбирают такие сферы и формы экономической деятельности, при которых норма прибыли возрастает по сравнению с исходной нормой.

Итак, мерой экономической активности любого экономического агента может быть разность  $x_a^* - x_a$  между ожидаемой (в будущем) нормой прибыли  $x_a^*$  и реальной (сегодняшней) нормой прибыли  $x_a$  - чем больше эта разность, тем выше экономическая активность. Здесь  $x = \frac{\Delta U_a}{U_a}$ ,  $\Delta U_a$  - прибыль,  $U_a$  - капитал, авансированный на ее получение конкретным экономическим агентом, причем полагается, что  $x_a^* > x_a$ .

Для различных агентов различными могут быть как реальная, так и ожидаемая норма прибыли. В то же время, для некоторого сегмента экономики в условиях «свободы информационного обмена», по-видимому, достаточно быстро устанавливается некоторое среднее значение ожидаемой нормы прибыли. Это значение зависит от ситуации в экономической системе в целом. Так, в условиях депрессии, кризиса, очевидно, ожидаемая норма прибыли будет ниже, чем в условиях экономического подъема – при прочих равных условиях.

Итак, под температурой  $T$  применительно к экономике («экономической температурой») можно понимать значение разности между ожидаемой (в будущем) нормой прибыли и реальной (сегодняшней) нормой, усредненное по некоторому сегменту рынка:

$$T = k(x^* - x), \tag{1}$$

где  $k$  - коэффициент пропорциональности;  $x^*$ ,  $x$  – усредненные значения норм прибыли  $x_a^*$ ,  $x_a$ .

Очевидно, норма прибыли – безразмерная величина. Тогда без ограничения общности можно в (1) положить, что  $k = 1$ . Тем самым экономическая температура  $T$  определяется как безразмерная.

Обычно «нормальной» считается норма прибыли в пределах от 15 до 50%. Если же эта норма выше 100%, то говорят о сверхприбыли. В связи с этим, условно экономическую температуру можно считать пониженной при  $T \leq 0,15$ , нормальной при  $0,15 < T \leq 0,5$ , повышенной при  $0,5 < T \leq 1,0$  и высокой при  $1,0 < T$ . Экономическому равновесию соответствует  $T = 0$  - экономическая температура есть некоторый аналог используемой в физике абсолютной температуры (по шкале Кельвина). Как в физике, так и в экономике недостижимо значение  $T = 0$ . В последнем случае это объясняется неустойчивостью состояния экономического равновесия относительно процессов самоорганизации, приводящих к образованию коалиций, монополий и т.д.

В естествознании термодинамически неравновесные системы характеризуются наличием градиентов температуры, концентрации вещества и т.д. Эти градиенты приводят к появлению соответствующих потоков тепла и вещества, что приводит к уменьшению градиентов и, тем самым, уменьшению неравновесия системы.

В экономике градиентам температуры можно сопоставить разность экономических температур в различных частях экономической системы. Эта разность (по существу, разность норм прибыли) вызывает потоки капитала и труда, рассматриваемого как человеческий капитал. В свою очередь, эти потоки уменьшают исходный градиент. Исходя из этого, экономическое равновесие - это состояние рынка, при котором отсутствуют перепады экономической температуры (нормы прибыли). Нетрудно видеть, что равновесная цена есть частный случай такого равновесия.

В результате в экономике имеют место тенденции: «равная прибыль на равный капитал», «равная оплата за равный труд». Если в какой-то сфере деятельности экономическая температура ниже и, соответственно, норма прибыли выше, чем в «соседних» сферах, то можно говорить об «экономической привлекательности» рассматриваемой сферы: возможные потоки капитала и/или труда будут направлены в данную сферу из соседних сфер.

### **Экономическое равновесие**

В теории теплопроводности известен закон Фурье: плотность потока тепла пропорциональна градиенту температуры. Примем, что в экономике аналогом плотности потока тепла является поток капитала (скорость изменения объема инвестиций)  $\frac{dU}{dt}$ , где  $U$  – капитал (объем инвестиций),

«перетекающий» из первого сегмента рынка во второй. Тогда аналог закона Фурье примет вид:

$$\frac{dU}{dt} = -\alpha(T_2 - T_1),$$

где  $\alpha$  - некоторый характерный поток капитала (его можно было бы назвать коэффициентом «капиталопроводности» по аналогии с коэффициентом теплопроводности);  $(T_1 - T_2)$  - «градиент» температуры,  $T_1, T_2$  - температуры различных сегментов рынка, причем  $T_1 > T_2$ . Знак «минус» обусловлен тем, что поток направлен от сегмента с температурой  $T_1$  к сегменту с температурой  $T_2$ .

Примем, что температура  $T$  определяется (1) при условии  $k = 1$ , и положим, что для обоих сегментов ожидаемая норма прибыли одинакова. Тогда можно записать следующее уравнение:

$$\frac{dU}{dt} = -\alpha(T_2 - T_1) = \alpha(x_2 - x_1), \quad (2)$$

где  $x_1, x_2$  - реальная (сегодняшняя) норма прибыли, усредненная по первому и второму сегментам рынка:  $x_2 > x_1$ .

Норма прибыли  $x_1, x_2$  зависит, вообще говоря, от объема капитала  $U$  (во всяком случае, для рынка, не слишком сильно отличающегося от идеального). То есть,  $x_1 = x_1(U_1)$ ,  $x_2 = x_2(U_2)$ , где  $U_1$  и  $U_2$  - объемы капитала (инвестиций) в первом и втором сегментах. С увеличением объема инвестиций в некоторый сегмент рынка норма прибыли в нем убывает, с уменьшением - возрастает. Тогда при «перетекании» («диффузии») некоторого объема капитала  $U$  из первого сегмента во второй получим:  $U_1 = U_{1н} - U$ ;  $U_2 = U_{2н} + U$ . Здесь  $U_{1н}, U_{2н}$  - соответствующие объемы капитала в начальный момент времени. Для простоты положим, что зависимость  $x = x(U)$  можно аппроксимировать линейной зависимостью. Тогда получим:

$$x_1(U_1) = x_1(U_{1н} - U) = x_{1н} + \beta_1 U,$$

$$x_2(U_2) = x_2(U_{2н} + U) = x_{2н} - \beta_2 U,$$

где  $\beta_1 \equiv \left| \frac{dx_1}{dU} \right|$ ,  $\beta_2 \equiv \left| \frac{dx_2}{dU} \right|$ , причем  $\frac{dx_1}{dU} < 0$ ,  $\frac{dx_2}{dU} < 0$ ;  $x_{1н} \equiv x(U_{1н})$ ,  $x_{2н} \equiv x(U_{2н})$  - начальные значения нормы прибыли.

Отметим, что величина  $\left| \frac{dU}{dT} \right| = \left| \frac{dU}{dx} \right|$  аналогична теплоемкости в процессах теплопроводности. В связи с этим величины  $\frac{1}{\beta_1} = C_1$ ,  $\frac{1}{\beta_2} = C_2$  можно назвать «капиталоемкостями» первого и второго сегментов. Эти величины характеризуют объем инвестиций в соответствующий сегмент, необходимый для изменения нормы прибыли на единицу.

Тогда (2) примет вид:

$$\frac{dU}{dt} = -\alpha [x_{2n} - x_{1n} - (\beta_1 + \beta_2)U]. \quad (3)$$

Для определенности начальное условие запишем в виде:  $U(t=0) = U_0 = 0$ . При этом решение уравнения (3) имеет вид:

$$U(t) = U^* [1 - e^{-(\beta_1 + \beta_2)t}], \quad (4)$$

где  $U^* \equiv \frac{x_{2n} - x_{1n}}{\beta_1 + \beta_2}$ . Величина  $\frac{1}{\beta_1 + \beta_2} \equiv C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$  характеризует суммарную «капиталоемкость» обоих сегментов; величина  $\frac{1}{\alpha(\beta_1 + \beta_2)} \equiv t_m$  - характерное время «миграции» – время, за которое «мигрирует» 67% от капитала  $U^*$ .

Видно, что поток капитала монотонно убывает, причем  $U \rightarrow U^*$  при  $t \rightarrow \infty$ . То есть,  $U^*$  есть не что иное, как стационарное (равновесное) значение капитала, который, «диффундировал» («мигрировал») из сегмента 1 в сегмент 2, обеспечив тем самым выравнивание нормы прибыли. В частности, если в начальный момент времени имело место экономическое равновесие, т.е.  $x_{10} = x_{2n}$ , то и  $U^* = 0$ .

С учетом(4) можно записать соотношения для  $U_1$  и  $U_2$  – объемов капитала (инвестиций) в первом и втором сегментах.

$$U_1(t) = U_{1n} - U^* - (U_0 - U^*) e^{-\alpha(\beta_1 + \beta_2)t},$$

$$U_2(t) = U_{2n} - U^* + (U_0 - U^*) e^{-\alpha(\beta_1 + \beta_2)t}.$$

В частности, при  $t \rightarrow \infty$  имеем:  $U_1 = U_{1H} - U^*$ ;  $U_2 = U_{2H} + U^*$ . В этом случае

$$x_1 = x_2 = x^* = \frac{\beta_1 x_{2H} + \beta_2 x_{1H}}{\beta_1 + \beta_2}. \quad (5)$$

Видно, что (4) определяет динамику изменения объема инвестиций  $\frac{dU}{dt}$ , а величины  $U^*$  и  $x^*$  определяют предельные значения объема инвестиций и нормы прибыли.

В тоже время,  $U^*$  и  $x^*$  можно получить, вне связи с (3), а из «общих соображений», используя аналогию с процессом теплопроводности.

Действительно, если в (5) использовать определенные выше «капиталоемкости»  $C_1, C_2$  и учесть, что  $T \sim x$ , то (5) примет вид, известный для задачи о теплообмене между двумя телами с исходно различной температурой:

$$x^* = \frac{C_1 x_{1H} + C_2 x_{2H}}{C_1 + C_2}.$$

Итак, полученные соотношения описывают процесс установления экономического равновесия по аналогии с процессом установления термодинамического равновесия. Этот процесс идет самопроизвольно, то есть, без затрат внешней энергии. В то же время, известны процессы, приводящие к передаче тепла от холодного тела к горячему – например, при адиабатическом расширении газов, в различных холодильных устройствах. Аналогичные процессы идут и в экономике, например, образование монополий. Однако рассмотрение таких процессов выходит за рамки данной работы.

### **Экономические аналогии**

Если рассмотреть процесс установление равновесной цены на рынке одного товара, то можно сказать, что равновесная цена соответствует частному случаю экономического равновесия в смысле равенства нормы прибыли. Действительно, при отклонении цены от ее равновесного значения спрос отличается от предложения. При этом продавцы оказываются в неравных экономических условиях – с различной нормой прибыли. Соответственно, начинается миграция капитала, приводящая к изменению объема производства в сторону приближения к равновесному объему. То есть, предложенная модель установления экономического равновесия, по сути, есть обобщение модели Эванса [4], описывающей установление равновесной цены на рынке одного товара. При этом равновесные объем производства и цена в модели Эванса могут быть описаны в терминах  $x^*$  и  $U^*$  - равновесных нормы прибыли и «мигрировавшего» капитала.

Рассмотрим теперь вопросы, связанные с экономическим содержанием аналогов термодинамических понятий теплопроводности и теплоемкости.

Установление экономического равновесия предполагает наличие потока капитала (инвестиций). В свою очередь, инвестиции могут привести к увеличению числа рабочих мест, налоговой базы и т.д. При этом в качестве меры экономической (инвестиционной) привлекательности можно рассматривать величину  $U^*$ . Рассмотрим, какие экономические характеристики влияют на равновесные значения объема инвестиций  $U^*$ , нормы прибыли  $x^*$  и на характерное время  $t_m$ .

Как видно из (4),  $U^*$  пропорционально исходной разности  $x_{2н} - x_{1н}$ . То есть, желательное для привлечения инвестиций увеличение нормы прибыли  $x_{2н}$  может быть обусловлено увеличением доходов и/или уменьшением расходов. В термодинамике увеличение разности температур может быть обусловлено увеличением верхней температуры и/или уменьшением нижней. При этом диапазон изменения температуры в первом случае может быть значительно больше, чем во втором (отрицательные температуры мы не рассматриваем).

Увеличение доходов, как показывает практика, в подавляющем большинстве случаев обеспечивается лишь за счет монопольности, то есть, преимуществ при осуществлении какого-либо вида локальной экономической деятельности. Эти преимущества «законным образом» могут возникнуть, по-видимому, лишь за счет использования в рассматриваемой сфере каких-либо инноваций - технических, организационных, административных и т.д.

Уменьшение расходов обычно обеспечивается экономией на оплате труда, на технике безопасности, очистке отходов производства и т.д. Поэтому во многих случаях массовое производство той или иной продукции размещают в странах третьего мира. Кроме того, уменьшение расходов может обеспечиваться разного рода льготами (налоговыми, таможенными, миграционными), увеличивая тем самым  $U^*$ .

Как видно из (4),  $U^*$  пропорционально суммарной капиталоемкости  $C$ , которую в определенном смысле можно рассматривать как аналог теплоемкости в физике. Действительно, теплоемкость как физическая характеристика некоторого объекта, возрастает с увеличением массы и удельной теплоемкости. Последняя, в свою очередь, зависит от внутренней структуры объекта, в частности, от того, насколько эффективно подведенная к объекту теплота может преобразовываться во внутреннюю энергию. В свою очередь, капиталоемкость возрастает с увеличением общего числа экономических агентов в рассматриваемых сегментах (аналога массы), с увеличением времени оборачивания капитала, с увеличением фондовооруженности. При этом две последние характеристики, по существу, характеризуют эффективность преобразования «подведенного» к объекту капитала во «внутреннюю энергию» этого объекта.

Рассмотрим теперь коэффициент «капиталопроводности»  $\alpha$  как аналог коэффициента теплопроводности. В физике эффективность теплопередачи, то есть, коэффициент теплопроводности тем выше, чем выше концентрация



элементарных «переносчиков» тепла (атомов, молекул, ионов), и чем меньше их масса. Так, например, высокая теплопроводность металлов объясняется, тем, что в них основным переносчиком тепла является электронный газ. Далее, теплопередача зависит от внутренней структуры объекта, в частности, от наличия/отсутствия разного рода «тепловых сопротивлений» - участков с невысоким коэффициентом теплопроводности. В свою очередь, коэффициент «капиталопроводности» тем выше, чем больше в данном сегменте малых предприятий – именно такие экономические агенты могут быстро подстраиваться под изменения рыночной конъюнктуры. Именно поэтому многие крупные фирмы имеют большое количество зависимых/дочерних малых предприятий. Роль «тепловых сопротивлений» в экономике могут играть устанавливаемые государством разного рода ограничения свободы миграции капитала - налоговые, таможенные, миграционные. Наконец, финансовая «мобильность» экономических агентов определяется структурой их производственной деятельности – чем меньше доля основного капитала и чем выше его оборачиваемость, тем выше и «мобильность».

Характерное время «миграции» пропорционально «капиталоемкости и обратно пропорционально коэффициенту «капиталопроводности»,  $t_m = \frac{C}{\alpha}$ .

Поэтому чем больше  $C$ , тем больше объем капитала  $U^*$ , но тем больше и время  $t_m$  его миграции. По аналогии с «тепловой инерцией» в данном случае можно говорить об «экономической инерции».

## **Заключение**

По аналогии с понятием термодинамического равновесия в физике и химии можно ввести понятие экономического равновесия как состояния рынка, при котором отсутствуют перепады («градиенты») нормы прибыли. Равновесная цена есть частный случай такого равновесия.

Предложенная трактовка экономической температуры как разности между ожидаемой (в будущем) нормой прибыли и реальной (сегодняшней) нормой, усредненной по некоторому сегменту экономики, дает возможность провести аналогию между процессами теплопроводности, приводящими к термодинамическому равновесию, и процессами «миграции» капитала, приводящими к экономическому равновесию. Эта аналогия, с одной стороны, соответствует некоторым общим закономерностям науки. С другой стороны, ряд выводов из этой аналогии описывает известные в экономике зависимости. Это дает определенные основания говорить о том, что рассматриваемая аналогия между процессами теплопроводности и процессами «миграции» капитала, приводящими к экономическому равновесию, соответствует не внешнему сходству, а сходству каких-то внутренних характеристик обоих процессов. Действительно, процессы переноса в физике - это теплопроводность (перенос тепла), диффузия (перенос вещества), вязкость (перенос импульса). Эти процессы обусловлены хаотическим взаимодействием огромного числа элементарных «переносчиков» - атомов, молекул, ионов. Чем больше равноценных

экономических агентов в рассматриваемых сегментах рынка и чем меньше роль сговора между отдельными агентами (чем ближе состояние рынка к совершенному), тем больше сходства между рассматриваемыми процессами физики и экономики. В то же время, представляется правдоподобным, что и для несовершенного рынка возможна подобная аналогия. Однако в этом случае, по-видимому, следует рассматривать процессы конвективной теплопередачи, в том числе, и в условиях «вынужденной конвекции». Помимо этого, интерес представляют процессы, связанные с возникновением и усилением экономического неравновесия, например, процессы образования монополий.

### **Список литературы**

1. Алексеев Г.Н. Энергоэнтропика. – М.: Знание, 1983. – 192 с.
2. Ерохина Е.А. Развитие национальной экономики: Системно-самоорганизационный подход. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1999. - 150 с.
3. Ильин В.Н. Термодинамика и социология. – М.: КомКнига, 2005. – 304 с.
4. Малыхин В.И. Математика в экономике. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 352 с.
5. Огородникова Т.В. Индивидуальное и коллективное волновое поведение микросубъектов экономики: методологический аспект. Автореферат дисс. ... докт. экономических наук. – Иркутск, Байкальский гос. университет экономики и права, 2007.- 39 с.
6. Сычева О.А. Экономическая энергия «мягких» методов управления: системный подход // Электронный журнал ВлГУ «Экономика региона», декабрь 2007. - № 18 (часть 2). - <http://journal.vlsu.ru/index.php?id=469>
7. Ферианц Я. Хозяйственный механизм и экономия времени. – М.: Экономика, 1987. – 192 с.
8. Щукина А.Я. Анализ эколого-экономических отношений на основе фундаментальных законов развития естественных наук // Вестник Саратовского государственного технического университета, 2006. - № 1 (11), Выпуск 2. - С. 178-177.