

## **О квантовых свойствах экономических систем**

Качанов Игорь Анатольевич, аналитик ООО «Фармперспектива», igor.kachanov888@gmail.com

### **Аннотация**

Многие экономисты считают, что экономическая теория находится в кризисе. Одной из главных причин этого кризиса является отсутствие преемственности экономического знания. Что, в свою очередь, вызвано отсутствием понятия экономического пространства, экономических координат, отсутствием не изменяющихся с течением времени зависимостей, которые можно было бы изучать и через сто лет. Предлагается новый взгляд на экономическую систему как на квантовую систему, ставится основная цель экономической теории – определение закона распределения вероятностей существования экономической системы в какой-либо области экономического пространства и факторов, которые влияют на это распределение. Для этого предполагается использовать модифицированное уравнение Шредингера. Доказывается, что в экономическом пространстве потенциальная энергия имеет как действительную, так и мнимую части. Даются математические выражения для плотности вероятности нахождения системы в том или ином состоянии при различных выражениях для потенциальной энергии. Приводятся данные о реальных и теоретических распределениях вероятности остатков по счету 51.

Ключевые слова:

Квантовая экономическая теория, распределение вероятности поступления денежных средств на расчетный счет, уравнение Шредингера для экономических систем, принцип неопределённости Гейзенберга в микроэкономике, координаты экономического пространства.

Kachanov Igor Anatolievich, analyst of Pharmstandpus LLC, igor.kachanov888@gmail.com

### **Annotation**

Many economists believe that the economic theory is in crisis. One of the main reasons for this crisis is the lack of continuity of economic knowledge. That, in turn, is caused by the absence of the notion of economic space, economic coordinates, the absence of dependencies that have not changed over time, which could be studied in a hundred years. A new view of the economic system as a quantum system is proposed, the main goal of economic theory is to define the law of distribution of the probabilities of the existence of an economic system in any area of the economic space and the factors that influence this distribution. To do

this, we use a modified Schrödinger equation. It is proved that in the economic space the potential energy has both real and imaginary parts. Mathematical expressions are given for the probability density of finding a system in this or that state for various expressions for the potential energy. The data on real and theoretical probability distributions of the residuals on account 51 (settlement account) are given.

Keywords:

Quantum economic theory, the distribution of the probability of receipt of funds on a settlement account, the Schrödinger equation for economic systems, the Heisenberg uncertainty principle in microeconomics, the coordinates of the economic space.

### **Кризис экономической теории**

Экономическая теория в последнее время перестала выполнять свою основную роль – быть основой для построения моделей реальной экономики. Об этом, в частности, свидетельствуют Материалы международной научной конференции «Современные проблемы глобальной экономики: от торжества идей либерализма к новой «старой» экономической науке». Так, в статье ведущей сотрудницы ФГБУН Института экономики Российской академии наук, кандидата экономических наук, **В.М. Бондаренко** «ПОИСК, ФОРМИРОВАНИЕ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВОЙ МЕТОДОЛОГИИ ПОЗНАНИЯ»: «экономические теории исчерпали свои объяснительные возможности в поиске путей преодоления негативных явлений»... «выяснилось, что все существующие методологические подходы прогнозирования социально-экономического развития России (равно как и любой страны мира и всего глобального общества в целом) могут быть использованы только на краткосрочный период (но с большими ошибками)».

Аналогичную идею выдвигает **С.А. Толкачев** (доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры политической экономии Государственного университета управления) «Экономика сложных систем и кризис мейнстрима»: «мейнстрим не способен дать адекватное описание современного мира сложных систем. Сложность современных социально-экономических объектов

реального мира привела к тому, что их анализ в категориях простых систем в известной мере утратил свою научную продуктивность.

Возникла потребность в учете целого ряда системных свойств:

1. Наличие у системы таких свойств, которые не присущи ни одному из составляющих систему элементов, взятому в отдельности, вне системы.
2. Массовый характер явлений и процессов. Закономерности социально-экономических процессов не обнаруживаются на основании небольшого числа наблюдений.
3. Динамичность социально-экономических процессов, которые заключаются в изменении параметров и структуры систем под влиянием среды (внешних факторов).
4. Случайность и неопределённость в развитии социально-экономических явлений. ...»

В статье **В.К Нусратуллина**, доктора экономических наук, профессора, «О ФАТАЛЬНОЙ НЕВОСПРИИМЧИВОСТИ НОВОГО КРИТИКАМИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ» встречаем тезис: «Существующий инструментарий равновесного анализа не позволяет в силу своего исходного потенциала достоверно идентифицировать современную картину экономического мира в его нескончаемом разнообразии, бесконечных различиях и разностях, которые часто нивелируются в современной экономической теории. В то время как эти различия также часто имеют решающее значение в формировании эффективных производственных или социально-экономических отношений на любом иерархическом уровне общества и мирового сообщества.»

Наиболее полное описание кризиса экономической теории дал академик РАН **В.М. Полтерёвич** в своей знаменитой статье «Кризис экономической теории» в 1997 г.: «Состояние теории я называю **кризисным, если доказано или весьма правдоподобно, что поставленные ею основные задачи не могут быть решены принятыми в теории методами.** В настоящей работе

приводятся аргументы, демонстрирующие, что **современная экономическая теория, несмотря на впечатляющий прогресс, находится в глубоком кризисе, который, видимо, должен привести к переформулировке ее основных целей и изменению стиля исследований.** Кризис обнаруживает себя не только в том, что теоретическая экономика не сумела найти эффективные решения насущных проблем экономической политики, в частности, в реформирующихся странах, но и глубинным внутренним для теории образом: происходит накопление теоретических фактов, свидетельствующих о принципиальной ограниченности ее методов.» ... «развитие теоретической экономики характеризуется тремя необычными для естественной науки чертами, которые и обуславливают кризис.

Во-первых, слишком многие наиболее общие результаты теории в определенном смысле отрицательны, и по существу, свидетельствуют о неполноте исходных моделей.

Во-вторых, большинство конкретных результатов не устойчивы относительно правдоподобных вариаций исходных гипотез. В обоих случаях дело обстоит так, как будто после длительной кропотливой и изощренной работы над моделью исследователь получает от нее следующее сообщение: *"Ответы на Ваши вопросы зависят от неучтенных Вами обстоятельств"*.

В-третьих, обнаруженные эмпирические закономерности не накапливаются, а напротив, опровергаются последующими исследованиями. **Непрочность фундамента влечет зыбкость теоретических конструкций.** Один из основных признаков прогресса в естественных науках состоит в том, что **старые теории включаются в новые как частный случай.** В экономике это если и происходит, то лишь на уровне абстрактных моделей, соотношение которых с реалиями остается неясным.»

«Приступая к рассмотрению **природы кризиса**, нельзя не подчеркнуть то обстоятельство, что **в экономической науке не происходит накопления фундаментальных эмпирических закономерностей.** Скорее наоборот: ранее обнаруженные и, казалось бы, фундаментальные связи между параметрами

впоследствии не подтверждаются. Я приведу два примера. Оба они являются хрестоматийными и, тем не менее, заслуживают рассмотрения в контексте рассматриваемой проблемы.

Первый пример. **История кривой Филлипса**, или иначе, утверждения, что **приросты темпа инфляции и уровня безработицы имеют разные знаки**. На эту закономерность впервые обратил внимание Ирвинг Фишер в 1926 г. (Fisher (1926)). Его работа осталась незамеченной. В 1958 году А.Филлипс обнаружил, что статистические данные о темпе роста номинальной заработной платы и уровне безработицы для ряда стран хорошо аппроксимируются убывающей линейной зависимостью. Позднейшие исследователи вместо темпа роста заработной платы стали использовать тесно связанный с ним показатель – **темп инфляции**. Соответствующая зависимость и получила название кривой Филлипса. **Кривая Филлипса правильно описывала связь между темпом инфляции и уровнем безработицы в Великобритании перед второй мировой войной и в США в течение 50-х - 60-х годов. Но в 70-е годы статистические данные США перестали подчиняться кривой Филлипса.** Несколько раньше, чем это произошло, М.Фридман и Э.Фелпс заметили, что темп инфляции должен определяться не только уровнем безработицы, но и инфляционными ожиданиями. В 70-е же годы, после резкого изменения цен на нефть, стало ясно, что изменение предложения также влияет на темп инфляции.

В течение многих лет **кривая Филлипса (в той или иной форме) рассматривалась как твердо установленный факт и являлась постоянной компонентой теоретических моделей.** Однако с течением времени простота исходной закономерности исчезла. Большинство экономистов перестало верить в стабильность кривой Филлипса. Ее история излагается в учебниках, но **сама кривая уже не используется в современных моделях.»**

В последнем приведенном абзаце Виктор Меерович вскрывает проблему отсутствия преемственности экономического знания, которое необходимо для

развития любой науки. Упрощая, можно сказать, что каждое новое поколение экономистов живет в абсолютно другой экономической реальности, для которой не применимы открытые в прошлом экономические закономерности. Более того, так как нет двух абсолютно одинаковых стран с одинаковыми географическими, климатическими, демографическими и внешнеполитическими условиями, то два экономиста, живущих в разных странах в одно и то же время, будут наблюдать разную экономическую реальность. А это значит, что экономические события не воспроизводимы в тех же условиях более одного раза. Каждое экономическое событие на макроуровне уникально, и говорить о том, что нашей стране для получения тех или иных экономических результатов необходимо строить свою экономическую политику как Германия, или как США, или как Япония, или как Китай, или как любая другая современная нам страна или любая страна в прошлом – значит, лукавить, потому что изменились параметры, влияющие на экономическое движение.

Можно ли в этих условиях вывести экономические законы, которые будут применимы для всех стран на всех временах? Чтобы ответить на этот вопрос, нам необходимо понять, какие именно законы мы можем получить в математическом виде при данных условиях, а также задать экономическое пространство, в котором действуют еще неосознанные нами глобальные законы экономики.

### **Какое экономическое знание необходимо**

Сформулируем общие критерии, которым должна удовлетворять истинная современная экономическая теория (ИСЭТ):

1. Критерий полезности: ИСЭТ должна быть применима как к решению макроэкономических задач (определение налоговой политики, таможенного законодательства, законодательства в сфере регулирования денежного оборота и т.д.), так и на микроуровне (определение реальной стоимости предприятия,

планирования производственной деятельности, разработка инвестиционных проектов и т. д.).

2. Критерий преемственности: с помощью ИСЭТ возможно описать как движение в социально-экономическом пространстве различных экономических объектов систем настоящего, так и экономические системы прошлого (включая первобытнообщинный строй), и, естественно, экономические системы возможного будущего.

3. Критерий единственности решения: ИСЭТ должна предлагать одно и только одно наиболее оптимальное решение для любого набора одинаковых входящих параметров (то есть, возможна только одна налоговая политика, которая обеспечивает максимальные темпы экономического роста этой конкретной страны при сложившихся природных, внешне- и внутривнутриполитических условиях). Если же параметры изменились – изменится и решение (то есть для каждой страны — свое оптимальное решение).

4. Критерий связанности с информационным пространством: ИСЭТ должна учитывать влияние различной информации на экономическое движение, так как в реальности развитие и даже выживание предприятия напрямую связано с теми информационными потоками, к которым имеет доступ руководитель.

5. Критерий измеримости и объективности: результаты прогнозов, получаемых на основе ИСЭТ, должны быть измеримы в тех или иных физических единицах (то есть, единицы, которые можно пересчитать, взвесить, определить продолжительность), чтобы различные наблюдатели видели одинаковый результат, независимо от своего мировоззрения, религиозной принадлежности, политических предпочтений и т.д.

### **Квантовые свойства экономического пространства**

Экономические объекты являются квантовыми объектами в том смысле, что взаимодействия между объектами происходит в виде порционного обмена денег на товары. Каждый раз, когда предприятие перечисляет деньги своему

контрагенту, перечисление происходит несколькими конкретными суммами, которые поступают сразу, мгновенно, не растянуто во времени. Точно также отгружаются товары — партиями. Причем в договоре специально оговаривается, в какой момент времени происходит передача прав собственности на товар (момент подписания акта приема-передачи, или товарной накладной). Более того, в экономическом пространстве действуют принципы неопределенности, аналогичные принципам неопределенности Гейзенберга:

1) невозможно абсолютно точно одновременно определить величину богатства экономического объекта и скорость изменения этого богатства. Это знает всякий, кто хоть раз делал инвентаризацию на складах или в магазине: во-первых, это влечет за собой остановку в работе предприятия или его подразделения; во-вторых, остатки на бумаге и реальные остатки чаще всего не сходятся. Причем, даже определив точное количество остатков, мы не можем определить точную цену в данный момент времени, ведь для этого надо все распродать, полностью остановив производственный процесс;

2) невозможность абсолютно точно определить прибыль компании в каком-либо текущем интервале времени. Ведь для этого надо владеть информацией об изменении взаимоотношений с контрагентами, контролирующими органами, об исправности оборудования, о готовой продукции, не переданной на склад, и так далее. Поэтому прибыль высчитывается раз в год (в лучшем случае – поквартально или ежемесячно).

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что движение экономических объектов, как и движение любых квантовых систем, можно описать с помощью уравнения Шредингера. Но такой вывод будет преждевременным, так как экономические системы, помимо квантовых свойств, также обладают свойствами классических механических систем, а именно свойством различимости: любая экономическая система отличается от других (хотя могут быть очень похожие системы), экономические объекты



могут быть пронумерованы в принципе. Следовательно, экономические системы также могут быть описаны и законами Ньютона, модифицированными для экономического пространства.

Есть еще несколько вопросов в разработке ИСЭТ. Допустим, мы нашли функцию амплитуд вероятностей, модуль которой дает вероятность нахождения экономической системы в том или ином состоянии. Тогда возникают следующие вопросы:

1) Вероятность — объемная или временная? Есть два типа вероятности: для подсчета объемной вероятности нам необходимо взять все объекты в какой-либо момент времени, узнать их состояние, подсчитать количество объектов в разных состояниях, тогда искомая вероятность нахождения объект в определенном состоянии будет отношением количества объектов в этом состоянии к общему количеству объектов. Для подсчета временной нам надо знать все состояния одного конкретного объекта за какой-то интервал времени, и определить вероятность нахождения в каком-либо состоянии как отношение времени пребывания в этом состоянии к величине общего интервала времени.

2) Экономические координаты — в чем измерять? В физическом пространстве длина, ширина, высота измеряются в метрах. Вследствие этого возможны формулы геометрии со всеми вытекающими отсюда следствиями. А в экономическом пространстве мы можем задать функцию амплитуд вероятность как зависимость от денег. Или болтов М16. Или транзисторов. Или биткоинов. Но деньги, болт, транзистор, биткоин — просто слова, которые пока не имеют физико-экономической сути. Таким образом, состояние какого-либо объекта экономической системы должно описываться не через количество тех или иных товаров (предметов), которыми владеет данный объект, а соотношением количества товаров, которыми владеет данный объект, к какому-то базовому количеству (среднему или сумме всех товаров данного вида). Далее будет показано, что за экономические координаты удобнее брать не само соотношение товаров, а его логарифм.

3) Возможна ли в экономическом пространстве ортогональная система координат? Допустим, я контролирую 1% медной руды и 2% труда. Возможно ли для меня контролировать 2% медной руды без изменения доли контролируемого труда? Ответа на этот вопрос пока нет.

4) Являются ли экономические координаты чисто действительными, или же они имеют также и мнимую составляющую? Допустим, каким-то чудом к человеку позапрошлого века попал современный телевизор. Получается, что этот человек владеет 100% общемировым запасом телевизоров в то время. Но, так как ценность телевизора непонятна, то мы ничего не сможем сказать о том, как изменилось состояние этого человека. Следовательно, для полноты картины, состояние любого объекта экономического пространства должно отображаться точкой в многомерном экономическом пространстве с комплексными координатами, действительная часть которых говорит о доли данной экономической координаты, которой владеет объект; мнимая часть — о ценности этой экономической координаты в данном обществе в данное время.

### **Вывод общего уравнения для описания движения** **социально-экономических систем**

Так как социально-экономические системы являются квантовыми системами с элементами с некоторыми свойствами макромеханических объектов, то для описания их движения следует использовать уравнения квантовой механики в несколько ином виде.

Основным уравнением квантовой механики является уравнение Шредингера для функции амплитуд вероятности:

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta\Psi + U\Psi = i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t} \quad (1)$$

где:

$\Psi$  — функция амплитуд вероятности;

$U$  — потенциальная энергия частицы

$\Delta$  — оператор Лапласа;

$m$  — масса частицы,

$\hbar = h/2\pi$ ,  $h$  — постоянная Планка

В статье 1 показано преобразование уравнение Шредингера в аналог уравнения Навье-Стокса для случая сжимаемого газа. Пойдем и мы по тому же пути, держа в уме, что уравнения, описывающие экономические системы, скорее всего, будут похожи, но не идентичны.

Сначала авторы вводят обозначения:

$$\Psi = ae^{iS/\hbar} \quad (2)$$

$$v = \frac{1}{m} \nabla S \quad (3)$$

Где:

$a$ ,  $S$  — действительные функции времени и координат, причем  $a^2(x, t)$  — вероятность нахождения частицы в точке с координатами  $x$  в момент времени  $t$ ,

$\nabla$  - оператор набла.

Записывая уравнение (1) отдельно для действительной и мнимой части, получают систему уравнений для функций  $a$ ,  $S$

$$\frac{\partial a^2}{\partial t} + \text{div}(a^2 v) = 0; \quad \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{mv^2}{2} = \frac{\hbar^2}{2m} \frac{\text{div} \nabla a}{a} - U \quad (4)$$

Затем, вводя следующие обозначения:

$$\Theta = \ln a^2 \quad (5)$$

$$\rho = ma^2 \quad (6)$$

$$\sigma_{pq} = \frac{ma^2}{2} \left( \frac{\hbar}{m} \right)^2 \left\{ \delta_{pq} [\text{div} \nabla \Theta + (\nabla \Theta)^2] - \nabla_p \Theta \nabla_q \Theta \right\} \quad (7)$$

получают окончательную систему уравнений в следующей форме:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho v) = 0 \quad (8.1)$$

$$\rho \left[ \frac{\partial v}{\partial t} + (v, \nabla) v \right]_p = \nabla_q \sigma_{pq} - \rho \frac{\nabla_p U}{m} \quad (8.2)$$

Отмечено также, что

$$F_\Sigma = e_p \int_\Sigma \sigma_{pq} n_q d\Sigma = \frac{\hbar^2}{2m^2} \int_\Sigma \rho \frac{\partial \Theta}{\partial n} d\Sigma \quad (9)$$

т. е. «обмен количеством движения выделенного объема электронного газа идет из-за изменения по нормали к поверхности  $\sum$  градиента функции  $\mathcal{E}$ »(1).

Система уравнений (8) отличается от системы уравнений (4) тем, что в (8) элементы вектора скорости  $\underline{u}$  могут быть не связаны соотношением (3), то есть решения системы (8) могут быть более разнообразны.

Рассмотрим физическую суть системы уравнений (8).

Первое, что необходимо отметить: социально-экономическая механика — это механика, описывающая взаимодействия различных социально-экономических систем (СЭС), поэтому для каждой системы будет свой набор уравнений (8) в своих системах координат. Тем самым мы учитываем, как квантовые, так и макромеханические свойства экономических систем.

Далее отметим, что СЭС, безусловно, инерционные системы, но вот коэффициенты инерции  $m$  должны различаться не только по самим системам, но и по направлениям движения, так как это более согласуется с наблюдаемой действительностью: банкир вряд ли будет плавить сталь, а металлург выращивать хлеб. Кроме того, и размеры квантов могут быть различны в разных направлениях. Следовательно, мы имеем право записать выражение (7) в следующем виде:

$$\sigma_{pq} = E_{pq} \left\{ \delta_{pq} \left[ \operatorname{div} \nabla \mathcal{E} + (\nabla \mathcal{E})^2 \right] - \nabla_p \mathcal{E} \nabla_q \mathcal{E} \right\} \quad (10)$$

где  $E_{pq}$  - тензор констант, определяющих свойства СЭС.

Интересен смысл функции  $\mathcal{E}$ , логарифма вероятности. По сути, это информация. Но, как было сказано ранее, есть два вида вероятности, временная и объемная, и, следовательно, два вида информации. Так как физические системы не обладают памятью, то в физическом мире логично рассматривается объемная вероятность. А вот при рассмотрении СЭС, при определении силовых факторов, влияющих на движение, логичнее рассматривать временную вероятность, то есть историю движения экономического объекта.

Рассмотрим частные случаи решения системы уравнений (4), которые, возможно, не наблюдаются в мире элементарных частиц, но часто встречаются при движении экономических объектов.

Предварительные замечания.

1) Пока не создан механизм перевода физических координат экономической системы в экономические, мы все измеряем в деньгах, так как деньги на сегодня — общепринятый эквивалент всего.

2) В квантовой физике принято считать, что существует отличная от нуля вероятность того, что частица находится в любой области пространства, причем пространство считается бесконечным. Но в экономике мы не имеем права сделать такое предположение, потому что в любой экономике количество ресурсов конечно. Причем количество одних ресурсов растет год от года (руда, деньги), количество других ресурсов падает (лошади, прялки) из-за их устаревания. Причем вероятность того, что экономический объект владеет нулевым количеством какого-либо экономического ресурса существенно отличается от вероятности того, что данный экономический объект владеет всем ресурсом, находящимся в данной экономической системе. Следовательно, на основании формулы для среднего импульса квантовой экономической системы, которую можно записать в виде

$$mv = \int_0^{MAX} \left( -i \hbar \Psi \frac{\partial}{\partial x} \Psi \right) dx$$

и учитывая, что  $\Psi = a \times \exp(-iS/\hbar)$ ,  $p = a^2 = \text{вероятность}$

получаем

$$mv = \int_0^{MAX} \left( -i * 0.5 * \left( \frac{\partial p}{\partial x} \right) + p \frac{\partial S}{\partial x} \right) dx$$

В случае, если  $p(0) \neq p(MAX)$  получаем неравную нулю мнимую часть для импульса. Следовательно, скорость и экономическая координата (ресурс) могут иметь мнимую составляющую. И, следовательно, мнимую составляющую будет иметь и потенциальная энергия системы, которая может быть напрямую связана с зависимостью вероятности от времени.

3) Кроме того, экономические системы существуют каждая в своем пространстве, которое имеет более-менее четкие границы. Но течет ли время в разных экономических системах одинаково? Почему одни системы развиваются очень быстро, а другие как будто застыли в феодализме или первобытнообщинном строе? Является ли час жизни бабочки эквивалентным часу жизни человека? В работе (3) было показано, что гипотеза о том, что время в разных физических системах течет по-разному, не противоречит тезису о минимуме лагранжиана механических систем. То есть, вопрос о равенстве скорости времени в разных экономических системах остается открытым.

4) Подчеркнем также, что на данном этапе мы не знаем выражения для потенциальной энергии объекта в экономическом пространстве, и нам не остается ничего другого, как решать обратную задачу. Все, что мы можем сейчас — попытаться эмпирическим путем найти зависимости для вероятности распределения ресурсов и скорости их изменения, чтобы затем из уравнений движения для экономического пространства определить наиболее часто встречающиеся формулы потенциальной энергии, и только затем, научившись определять потенциальную энергию, начать решать прямую задачу.

Для начала рассмотрим только одну систему, в которой есть только один экономический ресурс  $x$ . Обозначим  $p = a^2$  мнимую часть потенциальной энергии обозначим  $U_2$ .

$$1. S = \lambda \times t; v = 0; U_2 = 0 \quad (11)$$

Скорость изменения ресурса  $x$  равна 0, то есть состояние квазистабильно. В этом случае решением первого уравнения системы (4) будет любая функция амплитуд вероятности  $a$ , зависящая только от координат, и не зависящая от времени. Более конкретное решение для  $a$  определятся вторым уравнением системы (4), которая представляет собой обыкновенную стационарную задачу квантовой механики, и хорошо изучено в случае, если потенциальная энергия  $U$  имеет только действительную часть, причем  $U = \mathbf{const}$ ,  $U = \mathbf{const} * x^2$ ,  $U = \mathbf{const}/R$

В случае, если потенциальная энергия имеет мнимую часть  $U_2$ , отличную от нуля, то задача несколько меняется, так как функция  $a$  должна удовлетворять двум уравнениям:

$$\frac{\partial a}{\partial t} = \frac{aU_2}{\hbar} \quad (12.a)$$

$$(\lambda + U_1)a = \frac{\hbar^2}{2m} \operatorname{div} \nabla a \quad (12.b)$$

Если  $U_2$  зависит только от времени, а  $U_1$  — только от координат, то можем принять, что

$$a = X(x) \star T(t),$$

и система уравнений (12) распадается на два независимых уравнения относительно неизвестных функция  $X$  и  $T$ .

$$2. \quad S = a \times t + V \times x; v = V = \text{const}; U_2 = 0 \quad (13)$$

Скорость изменения ресурса  $x$  постоянна, то есть система происходит или постепенное уменьшение ресурса  $x$ , или постепенное его увеличение. В этом случае первое уравнение системы (4) примет вид:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + V \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \quad (13)$$

Решение данного уравнения — любая функция, зависящая от разности  $(x - V \star t)$

Например, такая:

$$p = C \star \exp[-\lambda \star (x - V \star t)^2] \quad (14)$$

$$\text{или же } p = C \star \exp[-\lambda \star \sin(x - V \star t + \varphi)^2] \quad (15)$$

Формула 14 говорит, что вероятность нахождения объекта вдали от запланированной координаты низка. Формула 15 говорит о том, что вероятность нахождения объекта вдали от запланированного значения имеет волнообразный характер, то есть сначала при удалении объекта от запланированного значения ресурса  $x$  вероятность существования в этом состоянии падает, а затем, после прохождения определенного порога — растет.

В случае, если  $U_2 \neq 0 = f(t)$ , то есть мнимая часть потенциальной энергии является только функцией времени, то решение для  $p$  будет выглядеть так:

$$p = f(x - Vt) + C * \exp\left(\frac{2}{\hbar} \int U_2 \partial t\right)$$

3) В случае, если скорость изменения каждого ресурса зависит только от количества соответствующего ресурса, то есть  $S = a \times t + \sum_i V_i(x_i) \partial x_i$ , то возможно следующее решения для уравнения  $\frac{\partial p}{\partial t} + \text{div}(pV) = 0$  (4.1) в общем виде:

$$p = \sum_i \left( \frac{C_i}{V_i} \exp\left(-\lambda_i t + \lambda_i \int \left(\frac{\partial x_i}{V_i}\right)\right) \right) \quad (16)$$

в чем нетрудно убедиться простой подстановкой.

4) Однако на практике все вышеперечисленные простейшие случаи встречаются крайне редко. Рассмотрим экономическую систему — предприятие, состояние которого описывается только двумя видами ресурсов: продукция  $X_n$  и сырье  $X_c$ .

В случае, когда зависимость скорости изменения ресурсов от количества ресурсов есть линейная функция, можем записать:

$$\begin{aligned} V_n &= -b_{11}x_n + b_{12}x_c \\ V_c &= b_{21}x_n - b_{22}x_c \end{aligned} \quad (17)$$

Смысл данных зависимостей понятен: прирост количества продукции прямо пропорционален израсходованному сырью и отрицательно пропорционален количеству накопленной продукции, которая продается; прирост количества сырья прямо пропорционален количеству проданной продукции и отрицательно пропорционален количеству израсходованного на производство этой продукции сырья.

В этом случае мы можем принять

$$p = \exp\left(\lambda_i t + \sum_{i=0}^2 \sum_{j=1}^2 \lambda_{ij} x_i x_j\right)$$

где:



$\lambda_t, \lambda_{ij} = \text{const}, x_0 = 1, x_1 = \text{количество продукции}, x_2 = \text{количество сырья}$

Неизвестные константы  $\lambda_{ij}$  находятся путем приравнивания к нулю суммы коэффициентов при соответствующих степенях  $x_i x_j$  в уравнении (4.1), которое запишется в следующем виде:

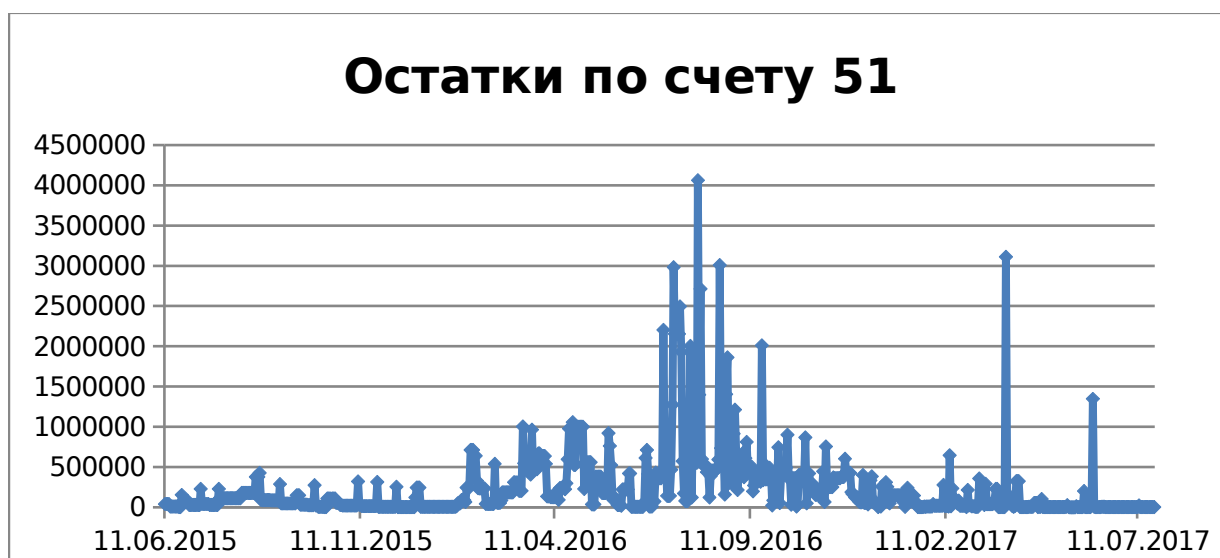
$$(-b_{11}x_n + b_{12}x_c) * (2\lambda_{11}x_n + \lambda_{12}x_c + \lambda_{10}) + (b_{21}x_n - b_{22}x_c) * (2\lambda_{21}x_n + \lambda_{22}x_c + \lambda_{20}) + \lambda_t - b_{11} - b_{22} = 0$$

В этом случае действительная часть потенциальной энергии данной экономической системы также представляет собой квадратичную форму, а мнимая часть равна нулю.

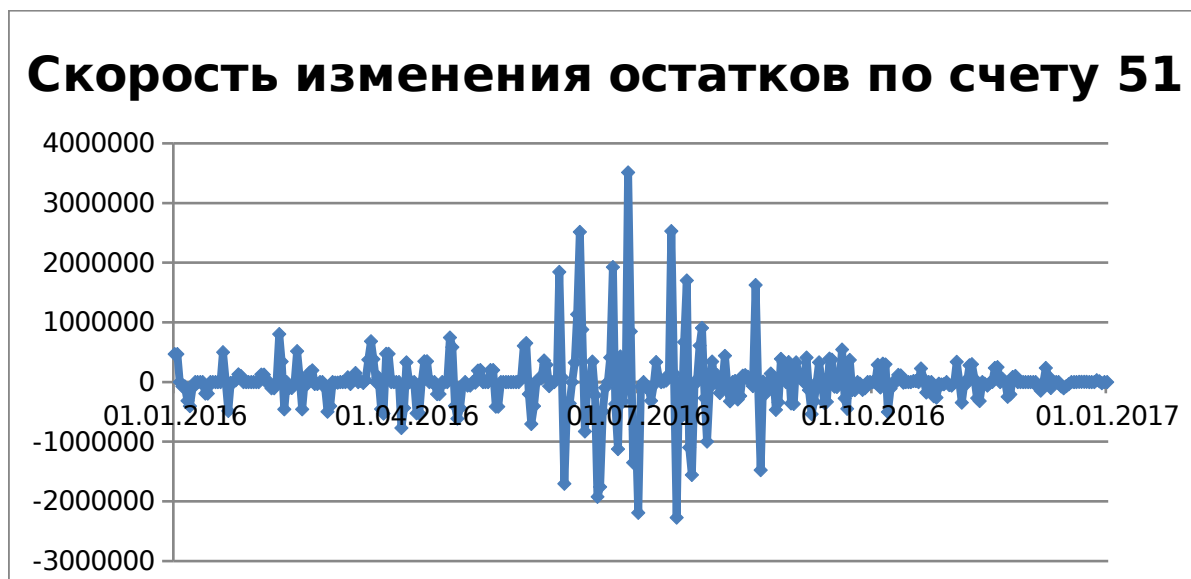
### Примеры реальных распределений вероятности

Состояние предприятия принято описывать с помощью плана бухгалтерских счетов. Конечно, такое описание никоим образом не дает полного и точного описание состояния предприятия, так как не учитывает такие показатели, как хаотичность прихода денежных средств, скорость прироста дебиторской и кредиторской задолженностей, текучесть кадров, деловую репутацию, связи руководителя и многое другое. Но определенные выводы сделать позволяет. Приведем пример некоторых зависимостей, которые отражают состояния реальных счетов самарского предприятия ООО «Металлист». Был выбран бухгалтерский счет 51 — расчетный счет в банке.

График изменения остатков в зависимости от времени приведен ниже:



Как видим, остатки на расчетном счете изменяются скачкообразно, то есть квантово. Более наглядно это видно из графика скоростей изменений остатков:



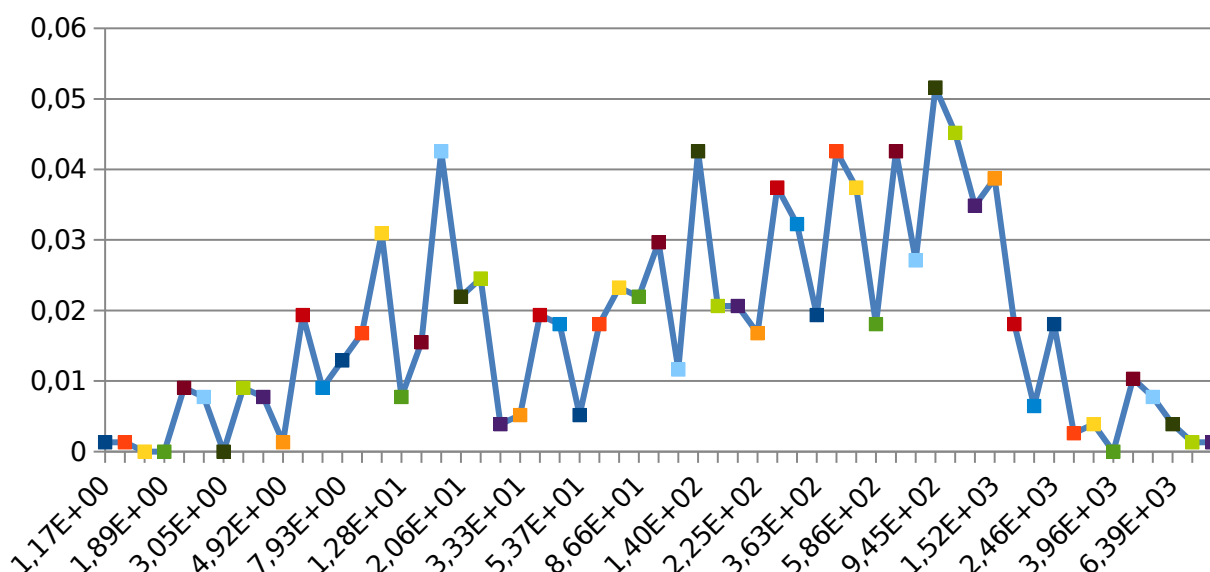
То есть скорость изменений на этом счете — это стохастическая квантовая функция с нулевым средним.

Приведем распределения вероятности того, что на счету есть определенная сумма, сначала в нормальных, потом в логарифмических координатах.



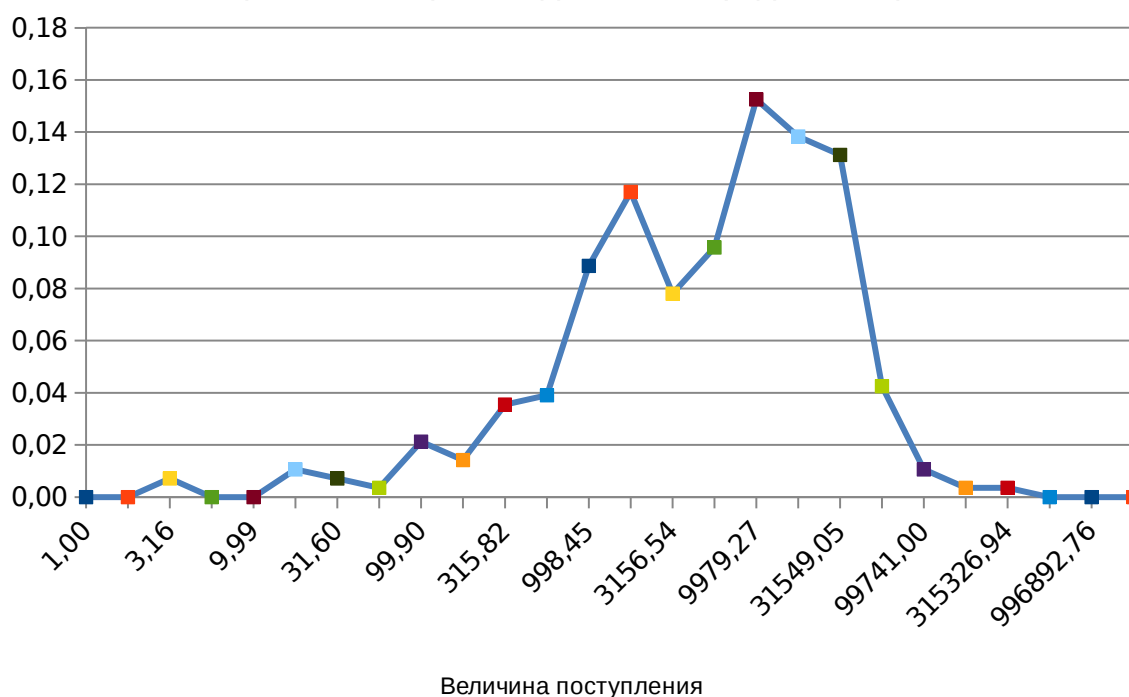
В логарифмических координатах:

## Распределение в лог - координатах, счет 51



Как видим, данные могут быть описаны или распределением Пуассона в нормальных координатах, или суперпозицией нормального распределения вероятностей и периодической функции в логарифмических координатах.

Вероятность притока денежных средств на р/с



На практике распределение вероятностей в логарифмических координатах ищется в виде:

$$P(x) = \sum_l A_l \exp \left( \frac{-(x - \xi_l)^2}{2 * \sigma_l^2} + \sum_k C_l \sin(w_l * x * k + \varphi_l) / k \right);$$

где постоянные  $\xi_l, \sigma_l, C_l, w_l, \varphi_l$  ищутся с помощью генетических алгоритмов из условия минимума квадратичной погрешности. Постоянные  $A_l$  ищутся методом наименьших квадратов.

В этом случае действительная и мнимая части потенциальной энергии будут следующий вид:

$$U = \sum_l \left( \sum_i a_{il} * x^i \right) * \left( \sum_j C_{lj} * \sin(w_{lj} * x + \varphi_{jl}) \right)$$

Типичный результат данного подхода изображен на следующей диаграмме:



Точность пока не высока. Однако заметим, что генетические алгоритмы дают каждый раз разные значения при повторяющихся реализациях. Следовательно, мы можем надеяться, что точное значение констант, которые определяют состояние системы, рано или поздно будет определено.

Выводы:

1. Экономическая теория находится в кризисе, и наиболее значимой причиной кризиса является отсутствие преемственности экономического знания вследствие постоянной изменчивости экономических систем. Выход из этого кризиса лежит в принятии тезиса о вероятностном характере экономического движения, что делает задачу об изучении распределений вероятности экономических координат и факторов, на влияющих на эти распределения — основной задачей экономической теории.

2. В связи с тем, что экономическая система обладает как ярко выраженными квантовыми свойствами (для экономических систем существует аналог принципа неопределенности Гейзенберга), так и свойствами макромеханических систем (принцип различимости экономических объектов), то поведение экономических систем может быть описано с помощью модифицированного уравнения Шредингера. В этом случае уравнение Шредингера распадается на систему уравнений для определения закона распределения вероятности нахождения экономической системы в том либо ином состоянии и определения скоростей изменения экономических координат.

3. Остается открытым вопрос об общем виде выражения для потенциальной энергии экономических систем. Можно только сказать, что вследствие конечности экономического пространства потенциальная энергия в этом пространстве является комплексной функцией, то есть имеет действительную и мнимую части.

4. Распределение вероятности для остатков денег на расчетных счетах экономического объекта в логарифмических координатах может быть описано с помощью следующего выражения:

$$P(x) = \sum_l A_l e^{x p \left( \frac{-(x - \xi_l)^2}{2 * \sigma_l^2} + \sum_k C_k \sin(w_l * x * k + \varphi_l) / k \right)};$$

при этом выражение для действительной и мнимой части потенциальной энергии будет иметь следующий вид:

$$U = \sum_l \left( \sum_i a_{il} * x^i \right) * \left( \sum_j C_{lj} * \sin(w_{lj} * x + \varphi_{jl}) \right)$$

Параметры, входящие в формулы для распределения вероятностей, ищутся с помощью численных методов, например, реализованных в виде библиотек языка программирования Python.

Список литературы:

1. В.П.Бушланов, И.В.Бушланов. Об аналогии уравнения Шредингера и уравнений Навье-Стокса потенциального течения сжимаемого газа. Научные Ведомости БелГУ Серия Математика, Физика. 2015. №11(208)
2. Современные проблемы глобальной экономики: от торжества идей либерализма к новой «старой» экономической науке: Материалы международной научной конференции / под ред. Р.М. Нуреева, М.Л.Альпидовской. – М.: Финансовый университет, 2014. – 456 с. ISBN 978-5-7942-1166-5
3. И.А. Качанов В начале было Слово. Кировоград. «Имекс ЛТД», 2004 г. - 94 с. ISBN 966-7822-71-0