

Об эконофизике (физической экономике) и её месте в современной теоретической экономике

Чернавский Д.С., Старков Н.И. (ФИАН),
Малков С.Ю., Коссе Ю.В. (Академия Военных Наук),
Щербаков А.В. (Ген. Директор АО «Курс»)

Задачи теоретической экономики:

1. Описание объекта (системы) на языке математических методов.
2. Описание откликов системы на внешние воздействия.
3. Прогноз поведения системы при неизменных внешних условиях.

Традиционно экономика считается наукой гуманитарной, в теоретической экономике используются математические и физические понятия и методы.

Т.о. теоретическая экономика является междисциплинарным направлением.

В настоящее время в теоретической экономике сложилась критическая ситуация

Существует несколько различных направлений (по крайней мере – два), в которых используются разные основные положения (аксиомы) и разные математические методы.

Они дают разные ответы на поставленные выше вопросы. Современная теоретическая экономика **эклeктична**

В современной (кризисной) ситуации от ответа на поставленные выше вопросы, зависят судьбы людей, стран и, возможно, мира.

В этом и заключается критичность ситуации.

Наиболее представлен (особенно за рубежом) т. н. неоклассический подход, который считается «главным течением» (**мейнстрим**).

Основные положения мейнстрима в следующем:

Элементарным объектом является **ИНДИВИДУУМ**:

- производит продукты с целью получить наибольшую прибыль.
- потребляет продукты с целью получить максимальную пользу для себя.

Основная функция классической экономики - функция полезности: индивидум «рационален» и сам определяет наиболее полезную совокупность благ.

Различие обычаев («менталитетов») и институтов в разных странах и социях при этом практически не учитывается.

Заслуга «мейнстрима» - построение теории равновесного оптимального рынка. Создается впечатление о том, что основная цель «мейнстрима» - построить (хотя бы умозрительно) идеальное стабильное общество, где интересы всех были бы максимально удовлетворены и это общество существовало бы вечно.

В рамках мейнстрима часто используются догмы, например:

1. Государство не должно вмешиваться в экономику. Это положение не доказано (потому и «догма») и не может быть доказано, поскольку полное невмешательство (равно, как и полное вмешательство) невозможно. Важны форма и мера вмешательства, которые зависят от ситуации.
2. Стационарное и равновесное состояние рыночной экономики единственно. Это положение тоже является не доказанной догмой. (точнее, показано обратное). Тем не менее, динамика переходов между состояниями в «мейнстриме» серьёзно не исследуются.

Сильная сторона мейнстрима в том, что в нем работают большие коллективы профессионалов высокого уровня. Кроме того, именно в этом направлении теория оптимального равновесного рынка разработана детально.

Слабая сторона его в том, что «мейнстрим» обособлен от других естественных наук и по существу превратился в «игру в бисер». Критерием качества решения задачи здесь считается внутренняя непротиворечивость и соответствие с аксиомами.

Перечисленные выше актуальные задачи в рамках «мейнстрима» не решаются и не ставятся.

Сравнительно недавно возникло новое направление теоретической экономики – **эконофизика** (или физическая экономика).

В неё входят:

1. Эволюционная экономика. Она возникла в начале прошлого века благодаря работам И. Шумпетера. Фактически именно он обратил внимание на то, что экономика – не статическая, но развивающаяся система. Некоторое время это направление развивалась без использования математического аппарата. В настоящее время такой аппарат имеется (тот же, что и в других развивающихся системах).

2. Математическое моделирование (на основе теории динамических систем) как макро, так и микроэкономических процессов (это направление часто называют экономической синергетикой, Занг).

3. Анализ биржевых рядов и исследование их свойств с помощью как динамических уравнений, так и статистических подходов. В этом направлении работает большое число квалифицированных ученых (преимущественно физиков).

Эти три направления объединяет система основных положений, характер решаемых задач и методы их решения.

Во всех трех направлениях экономика рассматривается как развивающаяся система и при описании их используется соответствующий аппарат – теория динамических диссипативных систем.

Иными словами, теоретическая экономика здесь является не обособленной дисциплиной, а, напротив, входит в семью естественных наук.

В действительности граница между «мейнстримом» и «эконофизикой» размыта: Многие авторитетные экономисты причисляют себя к «неоклассикам», но используют и динамическое моделирование.

Особую роль при этом играет **проблема дуализма развития**: С одной стороны общество должно сохранить накопленную информацию, с другой – создать новую.

Эти задачи комплементарны (в смысле Н. Бора).

В физике они во многих случаях решены, в экономике их еще предстоит решать.

Таким образом, ничего особенно нового (по сравнению с другими естественными науками) в эконофизике нет.

Физика здесь выступает как наука, которая имеет дело как с Природой, так и с современной математикой и потому обладает дисциплиной мысли и критичностью по отношению к догмам.

Цель настоящего сообщения – обсудить примеры математических моделей в экономике и их результаты.

Основные понятия и модели.

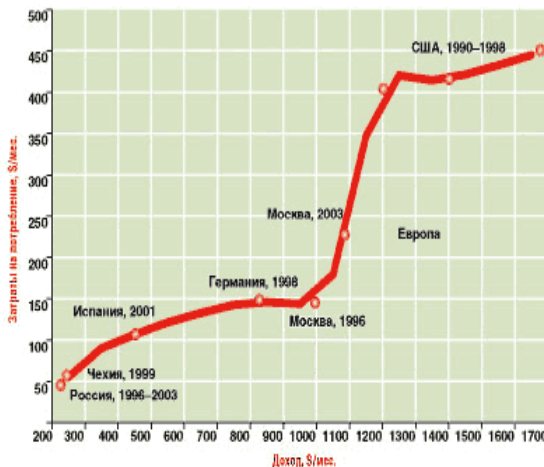
Функция спроса.

Спрос зависит от потребностей человека, но не меньшую роль играет поведение окружающих (в том числе СМИ). Иными словами, спрос является коллективной поведенческой реакцией человеческого общества.

Спрос описывается функцией спроса. Есть несколько вариантов этой функции.

1. Функция спроса на данный товар (или группу сходных товаров) представляет собой зависимость количества товара Q , потребляемого в единицу времени, от наличия у него денег (U) или доходов (D) и цены товара (p).

Рисунок 2. ПОТРЕБЛЕНИЕ ПРОДУКТОВ В НЕКОТОРЫХ СТРАНАХ, \$ в месяц



Данные : Russian food & drinks market magazine

WWW.YARMARKA.NET

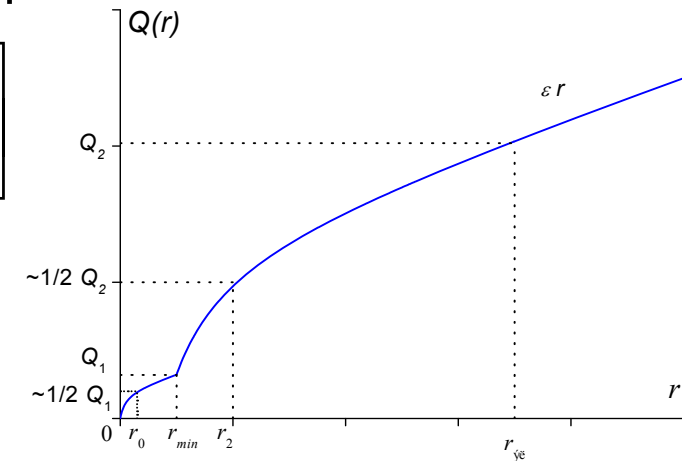
Функция спроса зависит от отношения (U/p) (или (D/p)). Величина может выражаться в естественных единицах (шт., кг.), но чаще используют величину Qp , которая выражается в денежных единицах. В качестве примера приведем эмпирическую функцию спроса. Она построена на основании данных из разных стран и городов. Важным свойством её является **немонотонность** (т.н. «клев»). Ниже мы увидим, что он играет важную роль.

2. В макроэкономике используется единый агрегат, включающий товары первой необходимости (пища, одежда, жилище), товары долговременного пользования (машины, телевизоры и т.д.) и элитные товары. В этом случае удобнее пользоваться функцией спроса $Q(U/p)$. Форма функции спроса приведена на рисунке 1

$$Q(r) = Q_1 \cdot \frac{r}{r+r_1} + \Theta(r-r_{\min}) \cdot \left[Q_2 \cdot \frac{r-r_{\min}}{r-r_{\min}+r_2} + \varepsilon \cdot (r-r_{\min}) \right]$$

Где:

$$\Theta(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ 1, & \text{при } x > 0 \end{cases}$$



Смысл параметров Q_1 , Q_2 , r_1 , r_2 , $r_{\min}$ и ε в следующем.

Параметр Q_1 соответствует полному удовлетворению жизненно необходимых потребностей, r_1 — значение покупательной способности, при которой эти потребности удовлетворяются наполовину.

Величина $r_{\min}$ — покупательная способность, ниже которой потребитель не приобретает товаров долговременного пользования. Она зависит от психологии потребителя. Так, большое значение $r_{\min}$ означает, что человек склонен полнее удовлетворить потребности первой необходимости, т.е. жить проще. Малое значение $r_{\min}$ означает, что потребитель склонен жить «по-современному», даже в ущерб питанию. Параметр Q_2 соответствует полному удовлетворению товарами долговременного пользования, т.е. приобретению всего «джентльменского набора» товаров: комплект бытовой техники, автомобиль, дача и т.д.

Параметр r_2 характеризует стремление человека выглядеть достойным «джентльмена». При малом значении r_2 человек, едва накопивший средства в количестве $U \approx r_{\min} \cdot p$ стремится тут же их потратить на приобретение «джентльменского набора». При большом значении r_2 , напротив, человек ведет себя скромно и бережливо даже при накоплениях $U > r_{\min} \cdot p$.

Параметры функции спроса отражают человеческий фактор, т.е. психологию потребителя.

В модели важно поведение коллектива потребителей и, следовательно, параметры функции спроса имеют социально-психологический характер, т.е. отражают обычаи и правила поведения, сложившиеся в данном обществе.

В разных странах эти параметры, вообще говоря, различны и функции спроса могут заметно отличаться.

Сигмоидальный характер функции спроса играет в модели очень важную роль. Эффект зависит от параметров r_{min} и r_2 : при малых r_{min} и больших r_2 функция спроса практически становится плавной и всюду выпуклой. Сигмоидность (т.е. «клев» у функции спроса) исчезает.

Параметры функции спроса могут меняться с течением времени, но медленно (например, при смене поколений)

Производственная функция.

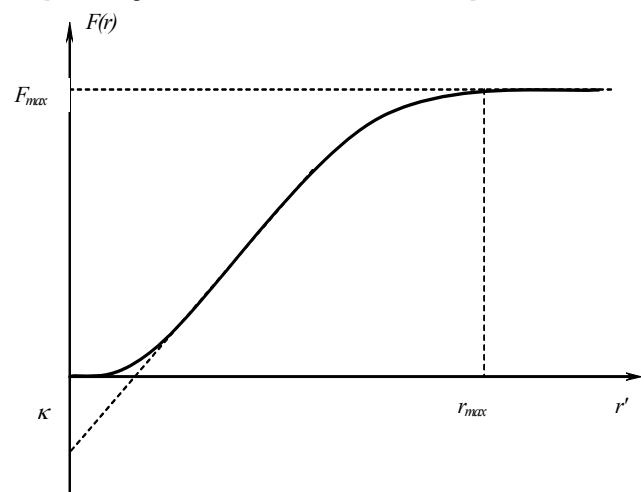
Производственная функция $F(r)$ представляет собой количество произведенного продукта (в единицу времени) от вложенных (оборотных) средств. Последние удобно выражать не в деньгах, а в отношении денег к средне взвешенной цене продукта P : $r=D/P$.

В оборотные средства входят: переменные издержки (пропорциональные объему производства) и постоянные издержки (затраты на поддержание производства и его модернизацию т. е. НИР и НИОКР).

В производственной функции можно выделить три участка:

1) Участок с постоянной отдачей, когда вложенные средства пропорциональны выручке.

2) Участок с падающей отдачей, когда излишек произведенной продукции не востребован обществом.



3) Участок с растущей отдачей, когда потребность в продукте (как правило, инновационном) возрастает и предприятие получает сверхприбыль. На рисунке представлена производственная функция и её участки.

Базовые модели

Модели строятся в два этапа.

В начале формулируются т.н. базовые (простейшие) модели. Они содержат небольшое число переменных и уравнений, но при этом описывают суть явления (автоколебания, кризисы и т.д.).

Применительно к конкретным условиям базовые модели усложняются, дополняются, комбинируются и превращаются в **имитационные** модели.

В физической экономике имеется набор базовых моделей. Обсудим их кратко.

1. **Логистическая модель.** Она содержит одно уравнение и имеет вид:

$$\frac{dx}{dt} = a(x - x^2);$$

Эта модель используется для описания развития фирмы, для развития вида (в биологии), демографических процессов и т.д. В ней имеется две стадии: первый член - экспоненциальный рост (или ещё более сильный, с обострением (Капица, Курдюмов)), и второй член - стадия выхода на стационарный режим в связи с внешними ограничениями.

2. Базовая **модель борьбы условных информаций**. Она содержит два (или больше) уравнений и имеет вид:

$$\frac{du_i}{dt} = \frac{1}{\tau_i} u_i - \sum_{j \neq i}^n b_{i,j} u_j u_i - a_i u_i^2 + D_i \Delta u_i; \quad i, j = 1, 2 \dots n$$

Здесь: u_i - число носителей i -ой информации, Первый член – воспроизведение i -ой информации, Второй член – взаимодействие носителей разных информаций, третий член – внешние ограничения и последний член – миграция носителей в пространстве.

Принято, что **взаимодействие антагонистично, т.е. каждый носитель стремится сохранить свою информацию, навязать её другому и создать новую (свою) информацию.**

Эта модель использовалась для описания конкуренции фирм (в частности, новаторов и консерваторов), роли рекламы.

Взаимодействия ведущих валют на внешнем торговом рынке.

Кроме того, эта же модель использовалась для описания исторических процессов (образования крупных государств), где было продемонстрировано, что идеологические (информационные) факторы играют не меньшую роль, чем экономические.

3. Модель скрытого банкротства:

$$\frac{dM}{dt} = -\frac{M}{\tau} + p_m Q_0 \frac{P}{P_0 + P} - \frac{p}{\tau_p} P - \kappa; \quad \frac{dP}{dt} = -p Q_0 \frac{P}{P_0 + P} + \frac{M}{p \tau};$$

Здесь переменные: M - оборотные средства, P - количество товара на складе. Параметры: Q_0 - максимальная потребность в продукте, p_m - рыночная цена, p - себестоимость, τ - время производственного цикла, τ_p - время хранения товара, κ - постоянные издержки.

Модель описывает как стабильное состояние фирмы, так и бифуркацию – переход в состояние банкротства. При этом банкротство вначале развивается медленно, но затем быстро переходит в критическую фазу.

4. **Модель перехода** из Высокопроизводительного Состояния (ВП) в Низкопроизводительное (НП), (**фактически модель кризиса**). Она сродни модели фазовых переходов. В экономфизике она стала возможной благодаря отказу от догмы о единственности рыночного состояния. На её основе была создана имитационная макроэкономическая модель современной России, которую мы обсудим более подробно.

Макроэкономическая модель современной России

Цель модели – описать, что произошло в результате либерализации цен и каковы возможные варианты дальнейшего развития.

Модель была построена в 90 –ых годах и опубликована в УФН.

Кризис 90-ых годов в ней интерпретировался как фазовый переход из ВП состояние в НП.

В течение последних лет модель дополнялась. В настоящее время модель не преследует цели дать долговременный прогноз.

Цель предлагаемой модели – служить инструментом поддержки принятия решений.

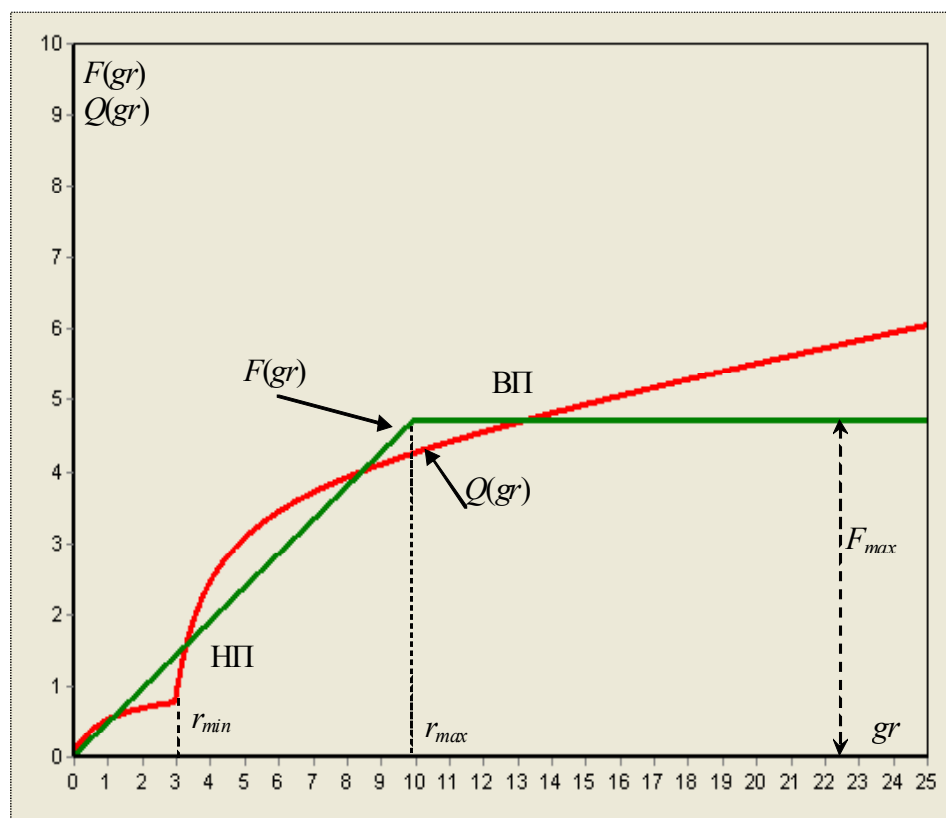
Для этого модель должна давать ответы на вопросы: что будет если....

Помимо этого модель должна давать кратковременные прогнозы (типа: «что будет если ничего не делать».)

Мы не будем приводить модель полностью (поскольку она опубликована) и ограничимся некоторыми последними результатами.

Балансовая диаграмма дает наглядное представление о состоянии экономики. По вертикали отложены функция спроса и производственная функция. Их пересечения – стационарные состояния, их три: ВП, НП и коллапс производства. При изменении этих функций (их параметров) возможны переходы (типа фазовых переходов).

Здесь уместно сделать ряд замечаний.

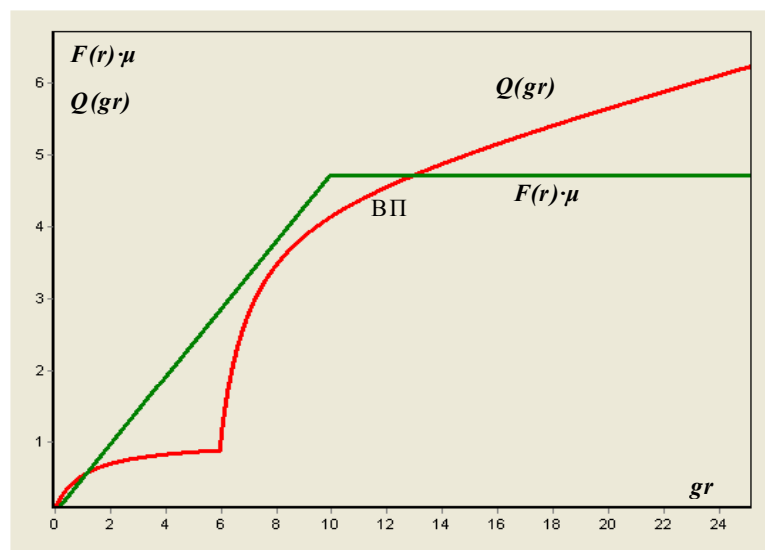


- i. В действительности ситуация в России достаточно пестрая.

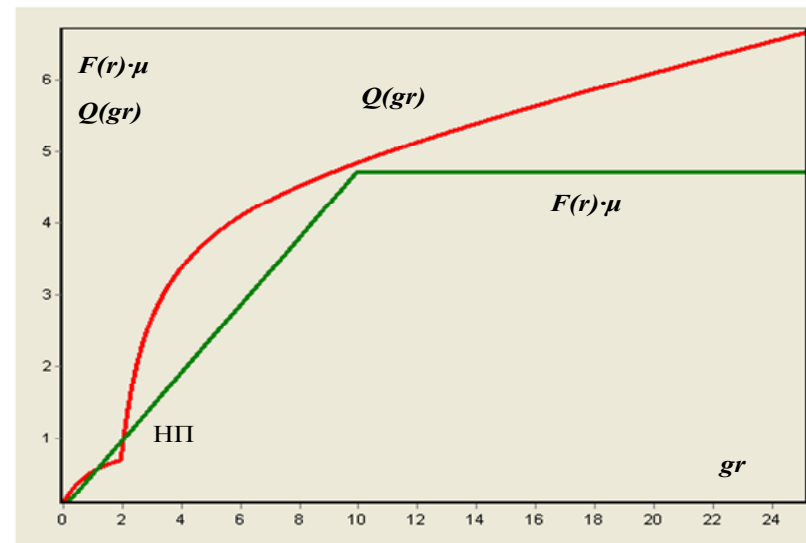
Производственные функции в разных регионах, отраслях и даже фирмах различны, так, что на диаграмме можно представить веер функций.

Он охватывает как фирмы в ВП состоянии (т.н. «газели»), так и фирмы близкие к банкротству.

ii. Функция спроса, как правило, меняется со сменой поколений.



«Бережливое» поколение
(реализуется только ВП
состояние)



Поколение, выросшее в достатке
(экономика переходит в НП
состояние)

Второй пример относится к поколению, которое хочет иметь все и сразу. Видно, что при этом экономика переходит в НП состояние.

Этот эффект – одна из возможных причин периодических изменений экономики (т.н. «циклов Кондратьева»).

. Правда, сам Кондратьев связывал циклы с инновационной активностью людей (не касаясь психологии и функции спроса, хотя эти вещи связаны.)

Кризис 2008 г.

Кризис произошел во всем мире, но в США и в России имел разные причины.

В России, начиная с 2004 г. росли цены на сырье и товары Естественных Монополий (ЕМ). Цены на товары отечественной обрабатывающей промышленности росли медленнее (в меру инфляции). Рентабельность падала и приближалась к критическому значению («клюву»).

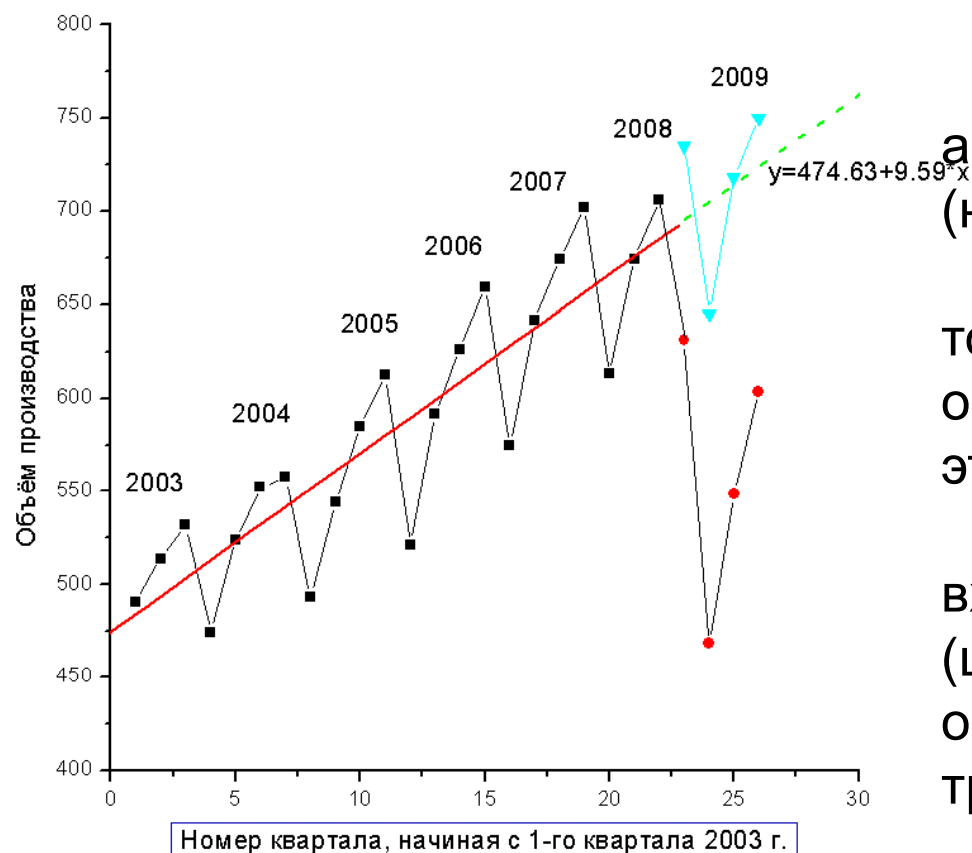
В уравнении для цены устойчивость падала и возникала бифуркация типа Андронова – Хопфа (т.е. колебательный режим).

При продолжении этой тенденции промышленный кризис в России был бы неизбежен (о чём неоднократно говорилось и писалось).

В США кризис имел финансовый характер (падение акций и кризис коммерческих банков). От этого пострадали в первую очередь российские финансисты: американские банки потребовали от них вернуть кредиты и не дали новых.

Российское руководство поддержало российских финансистов, но за счет средств, изъятых из реального сектора. В результате российские промышленники в течение полугода (вторая половина 2008 г.) были лишены оборотных средств. Это привело к промышленному кризису.

На рисунке приведены официальные данные с 2003 по 2009 г. (поквартально в рублях).



Видно, что общий тренд ВВП до августа 2008 г. был положительным (на фоне сезонных колебаний).

Это не противоречит утверждению о том, что рентабельность обрабатывающей промышленности за эти годы падала.

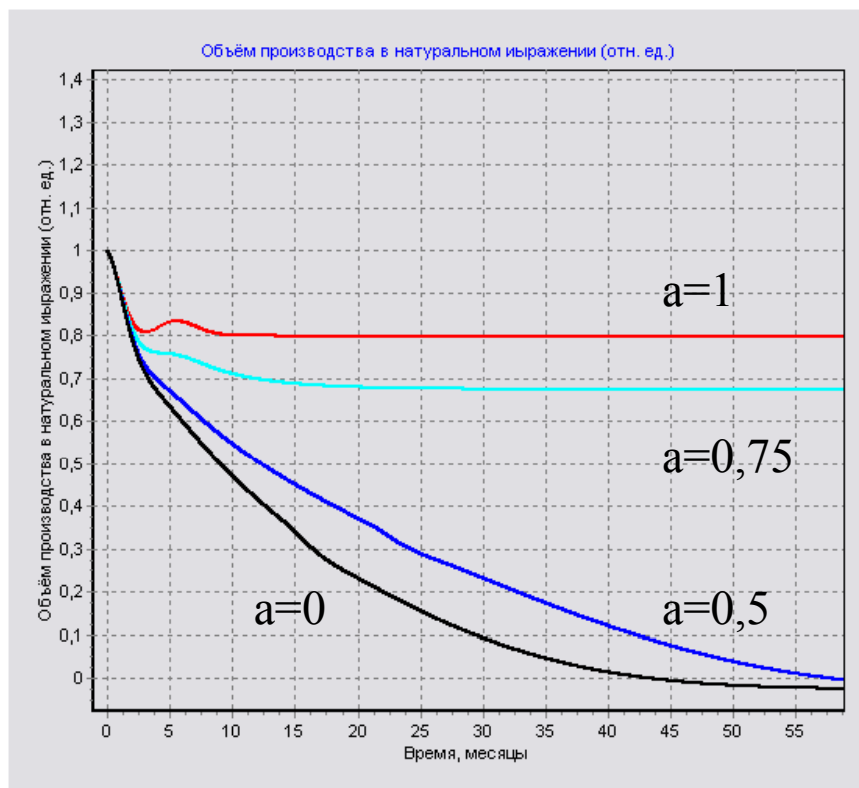
Дело в том, что в общий ВВП входят также услуги и добыча сырья (цены которого росли), что и обеспечивало общий положительный тренд.

В конце 2008 г. «неожиданно» возник кризис и общее ВВП упал почти вдвое. Затем ВВП поднялся, но не достиг прежнего уровня.

Посткризисные меры

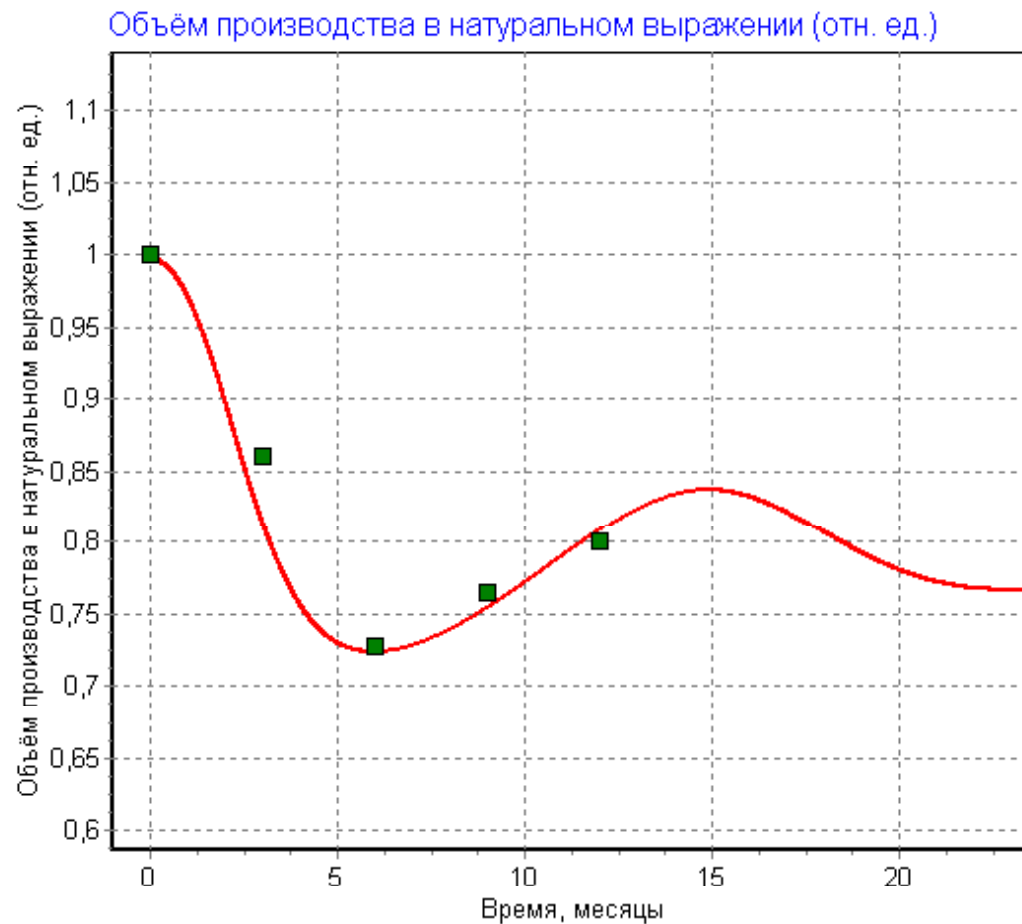
После кризиса были предложены антикризисные меры (как правительством, так и другими организациями).

1. Частичное государственное **регулирование цен сырья, товаров и услуг ЕМ**. В модели этот фактор входит как параметр рентабельности и зависит от инфляции, мировых цен и государственной стабилизации цен на часть продукции. На рисунке представлены результаты расчетов ВВП обрабатывающей промышленности при различных долях государственного регулирования цен.



Нижняя кривая соответствует отсутствию регулирования, верхняя кривая — полной фиксации. Начальная точка — август 2008 г. Реально ВВП снизился примерно на 30 % и до сих пор сохраняется на этом уровне. В модели этому соответствует фиксация цен на уровне 75%. Реально здесь сыграло роль и снижение мировых цен, так, что фиксация цен могла быть и меньше.

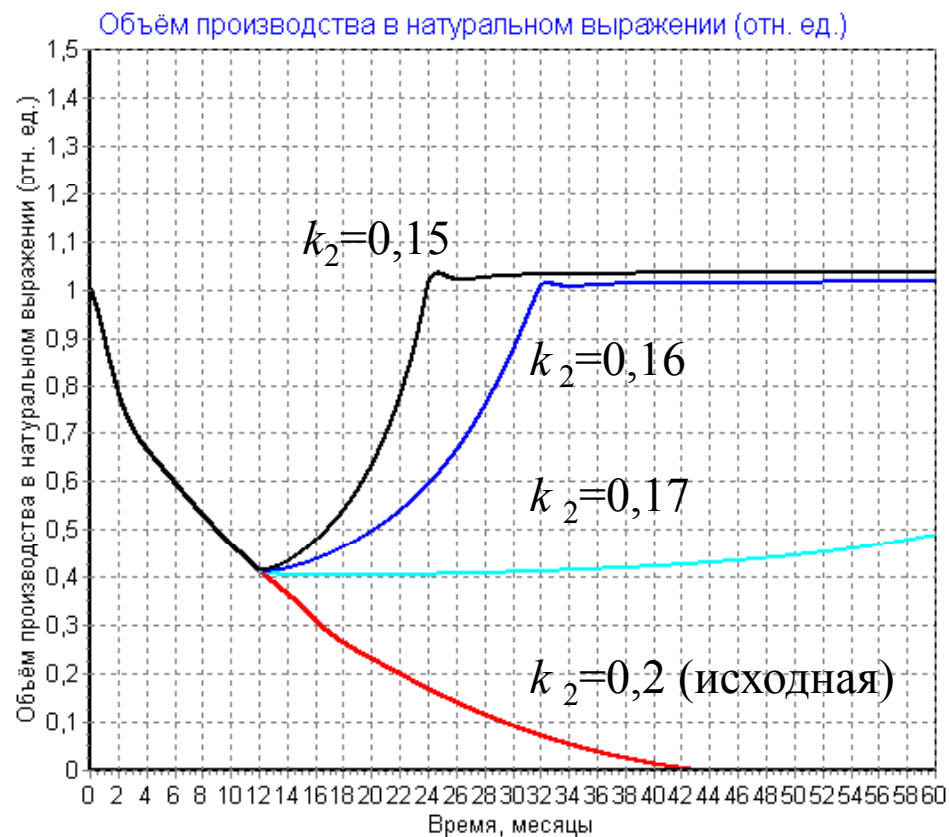
На рисунке представлены модельные расчеты и статистические данные в посткризисное время.



Видно, что страна не вышла из кризиса (находится в депрессии) и процесс носит колебательный характер, о чем упоминалось выше.

2. Изменение системы налогообложения (снижение налогов НДС и на прибыль)

В модели они входят как параметр k_2 , определяющий рентабельность. На рисунке приведены модельные расчеты изменения ВВП при снижении налогов.

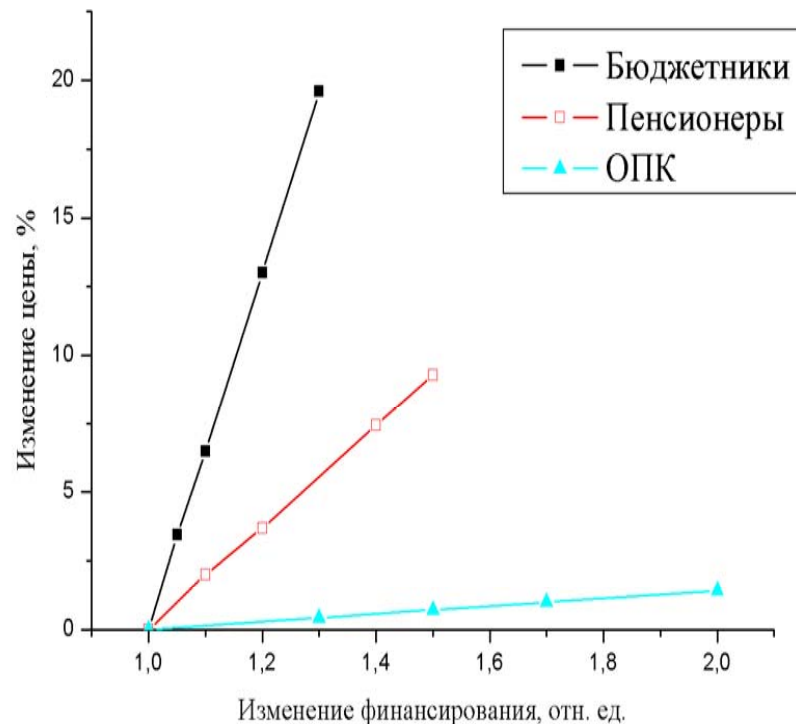


Из рисунка видно, что снижения налогов на 3-4 % уже достаточно для выхода из кризиса и перехода в ВП состояние. Точка разветвления – момент изменения налоговой системы.

Каковы последствия увеличения затрат на ОПК?

Продукция ОПК на внутренний рынок не поступает и потому не приносит прибыли. Тем не менее, эти затраты необходимы по соображениям не экономическим. Вопрос заключается в том, какой урон они принесут экономике и какую инфляцию вызовут.

На рисунке приведены расчеты инфляции в зависимости от вложений в ОПК (нижняя линия), увеличения пенсий (средняя линия) и зарплаты бюджетникам (верхняя линия).



Инфляция, вызванная затратами на ОПК, заметно меньше, чем можно было бы ожидать.

Причина в том, что не все вложения поступают на денежный рынок (в форме зарплаты), но часть их поступает в промышленный сектор, как плата за комплектующие.

Кроме того, объём затрат на ОПК составляет малую долю бюджета.

Заключение

Базовые модели, упомянутые выше, в действительности исследованы и разработаны более подробно, чем это представлено в докладе.

Однако, не все они доработаны до состояния имитационных моделей и, следовательно, не могут быть непосредственно применены к решению реальных актуальных проблем.

Тем не менее, надобность в этом уже назрела. Так, в модели «борьбы валют» необходимо учесть не два, а три (или более) участников. Это особенно актуально для планирования введения единой торговой валюты для взаимных расчетов между странами БРИК (Бразилия, Россия, Индия и Китай).

Базовая модель скрытого банкротства имеет прямое отношение к ситуации в мире в целом. В настоящий момент мы живем не за счет производимого продукта, а используем природные запасы. Иными словами. Мы уже находимся в состоянии скрытого банкротства, но пока не замечаем этого. Переход к открытому банкротству может быть «неожиданным» и очень резким. Предвидеть его необходимо заранее

Приведенные примеры отнюдь не исчерпывают всех проблем современной экономики.

Тем не менее упомянутые базовые модели (и их комбинации) создают основу для моделирования практически всех актуальных задач.

Модель макроэкономики современной России приведена здесь уже не как базовая, а как имитационная. Следовательно, она претендует на описание и прогноз реальных событий. Насколько удачно – судить слушателям.

Важно, что модель описывает не столько прогноз сколько отклик системы на те или иные внешние воздействия (события, которые ещё не произошли, но могут произойти). Иными словами, модель может служить инструментом поддержки принятия решения руководством экономикой страны.

Кроме того, модель является достаточно полной, т.е. дает информацию о распределении населения по доходам и накоплениям (и то и другое в современной России очень поляризовано), о спросе на товары разных категорий и т.п. Иными словами, она позволяет представить экономический портрет современной России.

Разумеется, модель ежегодно модернизируется (с учетом меняющихся параметров). При этом особое внимание уделяется вопросу: сколь близко (или далеко) страна подошла к точке бифуркации.

В докладе приведены не все возможные вопросы «что будет если...» Тем не менее математическая основа для ответа на любой из подобных вопросов в эконофизике имеется.