На правах рукописи

Ситникова Оксана Валерьевна

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ФЬЮЧЕРСНЫХ КОНТРАКТОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХАОСА

Специальность: 05.13.01. - Системный анализ, управление и обработка информации (отрасль: экономика).

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Томск 2004

Работа выполнена в Томском политехническом университете

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор В.П. Григорьев

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор В.А. Силич.

доктор физико-математических наук, профессор Б.М. Шумилов.

Ведущая организация: Новосибирский государственный технический университет.

Защита состоится « 19 » мая 2004 г. в _______ часов на заседании диссертационного совета Д 212.269.06 в Томском политехническом университете по адресу: 634034, г. Томск, ул. Советская, 84, институт «Кибернетический центр» ТПУ.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Томского политехнического университета по адресу: 634034, г. Томск, ул. Белинского, 53.

Автореферат разослан «_____» ______________2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
к.т.н., доцент _______________ М.А. Сонькин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность диссертационной работы

Исследования фондовых рынков в настоящее время помимо теоретического интереса приобретают все большее практическое значение. Это объясняется тем, что финансовые рынки, представляющие собой основу рыночных отношений, являются важными индикаторами состояния экономики в целом.

В странах с развитыми рыночными отношениями уже давно осознана практическая важность исследований данной области. И в России в последнее время, в связи с включением ее в систему мирового финансового рынка, появилась острая необходимость в изучении ценовой динамики на различных сегментах фондового рынка. Именно поэтому последние годы ознаменовались растущим интересом к поиску новых моделей нерегулярного поведения на финансовых рынках.

К моделированию динамики показателей фондовых рынков существует несколько альтернативных подходов. Традиционные модели являются стохастическими[1]. Другой подход к анализу нерегулярности и сложности финансовых данных основан на теории детерминированного хаоса[2]. В частности, детерминированный хаос предлагает объяснение нерегулярного поведения в системах, которые не являются стохастическими, как результат сложных нелинейных взаимодействий внутренних параметров данных систем. Согласно теории хаоса введение в модель теоретически

---

[1] Franses P.H., Time series models for business and economic forecasting. – Cambridge University Press, 1998. – 280 p.
Mills T.C. The econometric modelling of financial time series. – Cambridge University Press, 1993. – 247 p.
Ширяев А.Н. О некоторых понятиях и стохастических моделях финансовой математики // Теория вероятностей и ее применение. – 1994, - Т. 39, - вып. 1. – С. 5 – 22.
Ширяев А.Н. Стохастические проблемы финансовой математики // Обозрение прикладной и промышленной математики. – 1994, - Т. 1, - вып. 5. – С. 780 -820.
[2] Дмитриева Л.А., Куперин Ю.А., Сорока И.В. Методы теории сложных систем в экономике [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://is2001.icape.ru/thesis/7.html, свободный.
Никульчаев Е.В., Волович М.Е. Модели хаоса для процессов изменения курса акций [Электронный ресурс] // Exponenta-Pro. Математика в приложениях. – 2003. - №1. – Электрон. Текстовые дан. – М.: КомпьютерПресс. – 2003. - №3. – 1 электрон. опт. диск (CD – ROM).
Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. – М.: Мир, 2000. – 332 с.

оправданных нелинейностей может объяснить экономические флуктуации более успешно, нежели введение случайных переменных. Данная теория представляет совершенно новые концепции и алгоритмы для анализа временных рядов, что может привести к более полному пониманию природы сигнала.

В диссертационной работе представляются результаты применения теории детерминированного хаоса к моделированию динамики фьючерсных контрактов на финансовых рынках.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является создание адекватной математической модели динамики фьючерсных контрактов на финансовом рынке. В связи с этим в работе поставлены следующие задачи:

1. Доказать наличие детерминированной хаотической компоненты в динамике исследуемого экономического объекта.
2. Построить нелинейную математическую модель динамики фьючерсных контрактов.
3. Исследовать модель методами качественной теории дифференциальных уравнений.
4. Разработать схемы построения прогноза и адаптации модели.
5. Провести исследование временных рядов различных фьючерсных рынков.

Методы исследования. Для решения поставленных задач использовался ряд методов. Например, для определения наличия детерминированной хаотической компоненты в анализируемом временном ряде использовались методы спектрального и корреляционного анализа. При разработке модели динамики фьючерсных контрактов на финансовом рынке решалась обратная задача нелинейной динамики. При построении точечного и интервального прогнозов, а так же схем адаптации модели использовались широко известные экономико-статистические методы. В ходе исследования, для реализации поставленных задач, был разработан комплекс программ в пакете инженерных расчетов MatLab.

Так же в работе применялись методы, специфичные именно для фьючерсных рынков – методы технического анализа. Для проведения исследования выбраны следующие данные: фьючерсные контракты на Coffee Continuous, Coca-Cola и фьючерсные контракты на валюту (доллар, немецкая марка).

Научные положения выносимые на защиту.

1. Результаты исследования правомерности применения методов теории детерминированного хаоса к описанию динамики фьючерсных контрактов.
2. Нелинейная модель динамики фьючерсных контрактов на финансовом рынке.
3. Схемы построения прогноза и схемы адаптации модели.
4. Комплекс программ, реализующих построение прогноза по представленной модели и схемам ее адаптации.
5. Результаты исследования фьючерсных рынков на основе разработанной модели.

Научная ценность и новизна.

1. Проведенные в работе исследования показали наличие детерминированной хаотической компоненты в динамике исследуемого процесса, и следовательно целесообразность применения теории детерминированного хаоса к моделированию динамики параметров финансового рынка.
2. В результате проведенной работы построена теоретически оправданная нелинейная модель динамики фьючерсных контрактов на финансовом рынке. Структура модельных уравнений выбрана из содержательных экономических соображений, и ее параметры имеют экономический смысл.

3. Представлены схемы построения прогноза динамики фьючерсных контрактов с помощью приведенной модели.

4. Принимая во внимание факт гиперчувствительности хаотических систем к малым возмущениям, разработаны схемы адаптации модели, позволяющие учитывать временную ценность информации.

Практическая значимость. Представлена нелинейная модель динамики фьючерсных контрактов, позволяющая прогнозировать рыночные характеристики в режиме «реального времени» не имея богатого ретроспективного материала. Предложены методы практического применения разработанной модели в рамках теории технического анализа. Разработан комплекс программ, реализующих поставленные задачи, в пакете инженерных расчетов MatLab.

Публикации и апробация результатов работы. Основные результаты настоящей диссертации опубликованы в 8 работах.

Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на: Всероссийской научно-практической конференции «Математическое моделирование экономических систем и процессов». – Чебоксары, 2000; IV Международной конференции «Математическое моделирование физических, экономических, технических, социальных систем и процессов». – Ульяновск, 2001; Региональной конференции молодых ученых по математике, математическому моделированию и информатике. – Новосибирск, 2001; III Международной научно-практической конференции «Методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике». – Новочеркасск, 2003.

Внедрение результатов диссертационной работы. Ряд результатов, выводов и рекомендаций настоящей диссертации использован в работе «ИК «Норд-Инвест».

Личный вклад автора. Изложенные в диссертации результаты получены на равных правах с к.т.н., доцентом каф. ПМ, АВТФ, ТПУ Козловских А.В. Эти результаты являются следствием множества численных экспериментов, для проведения которых автором создано программное обеспечение. Совместно с научным руководителем д.ф.-м. н., проф., зав. каф. ПМ, АВТФ, ТПУ Григорьевым В.П. проведена интерпретация и экономическая трактовка полученных результатов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Материал изложен на 130 страницах, содержит 5 таблиц, 39 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дана общая характеристика работы: обоснована ее актуальность, сформулированы цели, задачи исследования, выносимые на защиту положения, показана научная новизна, и практическая значимость работы, приведены основные результаты апробации работы и краткое содержание диссертации.

В первой главе проанализирован опыт моделирования и прогнозирования динамики исследуемого процесса в рамках двух существующих подходов к решению этой проблемы.

Таким образом, традиционные модели динамики финансовых рынков являются стохастическими. Другой тип моделей основан на теории детерминированного хаоса, объясняющей нерегулярное поведение в системах, которые не являются стохастическими, как результат сложных нелинейных взаимодействий внутренних параметров данных систем. Кроме того, для прогнозирования показателей финансовых рынков успешно используется эмпирический метод – технический анализ, в основе которого лежит графический анализ исследуемых рыночных характеристик.

Во второй главе приведено обоснование правомерности применения теории детерминированного хаоса к описанию динамики фьючерсных контрактов. Представлены результаты исследования временных рядов с реально функционирующих товарно-сырьевых бирж на наличие детерминированной хаотической компоненты, проводимого по следующему алгоритму:

1. Тестирование на стационарность исследуемых процессов – критерий серий, критерий инверсий. Для обоих критериев гипотеза о стационарности принята при уровне значимости $\alpha = 0.05$.

2. Проверка на нормальность распределения – критерий согласия «Хи-квадрат». Гипотеза о нормальности распределения исследуемых процессов принята при пяти процентном уровне значимости.

3. Вычисление спектральной плотности и автокорреляционной функции исследуемых временных рядов проведено в пакете инженерных расчетов *MatLab* с использованием алгоритма БПФ. Для исследуемых временных рядов характерно сосредоточение спектра мощности в низкой полосе частот, рис. 1, а также данные процессы обнаруживают корреляцию только со своим недавним прошлым, рис. 2.

4. Размерность аттрактора для исследуемых процессов оценена при помощи вычисления корреляционной размерности, она составила − d = 2,66.

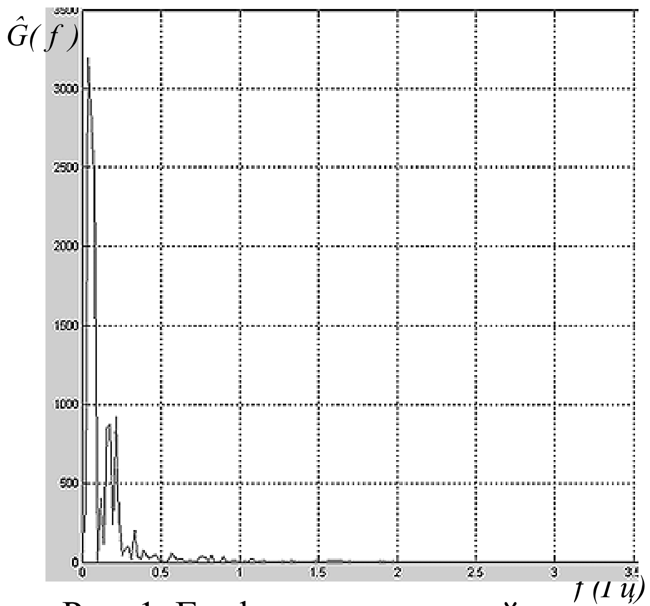

Рис. 1. График спектральной плотности

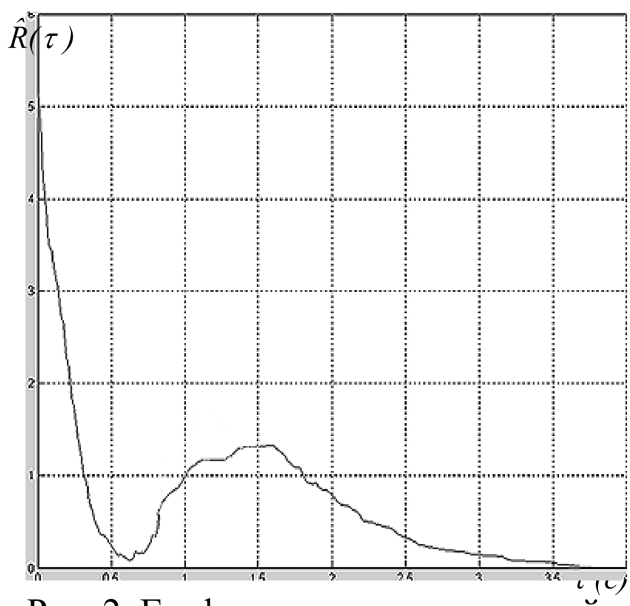

Рис. 2. График автокорреляционной функции

По результатам проведенного исследования сделаны выводы о наличии в исследуемых временных рядах детерминированной хаотической компоненты[3] и как следствие правомерности и целесообразности применения теории детерминированного хаоса к моделированию динамики фьючерсных контрактов.

В третьей главе сформулирована математическая модель динамики фьючерсного рынка, приведено ее математическое обоснование и исследование на основе методов качественной теории дифференциальных уравнений. Структура модельных уравнений выбрана из содержательных экономических соображений и согласуется с эмпирическими исследованиями теории технического анализа. Параметры модели имеют определенный экономический смысл.

$$\frac{dX_1(t)}{dt} = a_1(t)X_1(t) + a_2(t)X_1(t)X_2(t) + a_3(t)X_1(t)X_3(t),$$

$$\frac{dX_2(t)}{dt} = b_1(t)X_2(t)X_1(t) + b_2(t)X_2(t) + b_3(t)X_2(t)X_3(t), \qquad (I)$$

$$\frac{dX_3(t)}{dt} = c_1(t)X_3(t)X_1(t) + c_2(t)X_3(t)X_2(t) + c_3(t)X_3(t).$$

$X_1(t)$ - цена контракта, $X_2(t)$ - объем торгов и $X_3(t)$ – «открытый интерес».

$X_1(t)X_2(t)$ – оборот торгов. Отражает взаимосвязь между ценой контракта и объемом торгов и позволяет учитывать в модели внутренние силы, управляющие движением цены.

$X_1(t)X_3(t)$ – текущая ликвидность рынка, отражает взаимосвязь между ценой контракта и «открытым интересом». Позволяет отразить факт заинтересованности тем или иным контрактом с долгосрочной точки зрения, другими словами, определить насколько серьезно участники рынка воспринимают текущий тренд.

---

[3] Мун Ф. Хаотические колебания: Вводный курс для научных работников и инженеров: Пер. в англ. – М. Мир, 1990. – 312 с.

$X_2(t)X_3(t)$ – взаимосвязь между объемом торгов и «открытым интересом». О количественной характеристике взаимосвязи объема и «открытого интереса» известно мало, но качественную характеристику, опираясь на экспериментальные данные, можно сформулировать следующим образом: «Увеличение объема торгов должно подтверждаться достаточным открытым интересом».

$a_1(t)$, $a_2(t)$, $a_3(t)$, $b_1(t)$, $b_2(t)$, $b_3(t)$, $c_1(t)$, $c_2(t)$, $c_3(t)$ – неизвестные параметры определяющие степень влияния соответствующих показателей рынка и их взаимосвязи на поведение системы. Данные параметры являются переменными на некотором достаточно большом отрезке времени, но кусочно-постоянные на небольшом исследуемом интервале – шаге прогноза и характеризуют:

$a_1(t)$ − [1/сек] частота изменения цены.

$a_2(t)$ − [1/сек] частота изменения оборота торгов.

$a_3(t)$ − [1/сек] частота изменения ликвидности рынка.

$b_1(t)$ − [1/руб·сек] влияние цены на изменение оборота торгов.

$b_2(t)$ − [1/сек] частота изменения объема торгов.

$b_3(t)$ − [1/шт·сек] влияние открытого интереса на изменение взаимосвязи: объем – «открытый интерес».

$c_1(t)$ − [1/руб·сек] влияние цены на изменение ликвидности рынка.

$c_2(t)$ − [1/шт·сек] влияние объема торгов на изменение взаимосвязи: объем – «открытый интерес».

$c_3(t)$ − [1/сек] частота изменения открытого интереса.

Четвертая глава посвящена вопросам исследования и применения разработанной модели. В данной главе предложены схемы построения точечного и интервального прогнозов. Разработана новая схема адаптации модели (I), позволяющая учитывать временную ценность информации. Предложена модификация модели (I), позволяющая применять ее в рамках технического анализа. Выявлены ряд критериев раннего предупреждения о смене тренда при анализе динамики фьючерсных контрактов. Приведены результаты исследования адекватности представленной модели.

На первом этапе построения точечного прогноза определяются неизвестные параметры системы. Для этого модель (I) рассматриваем в фиксированные моменты времени *t-2, t-1, t.* В матричной форме эта запись имеет следующий вид:

$$\vec{D}_t = Q_t \vec{K}_t,$$

где $\vec{D}_t$ - вектор первых производных, $\vec{K}_t$ - вектор неизвестных параметров системы.

$$\vec{D} = \begin{bmatrix} \frac{dx_1(t-2)}{dt} & \frac{dx_1(t-1)}{dt} & \frac{dx_1(t)}{dt} & \frac{dx_2(t-2)}{dt} & \frac{dx_2(t-1)}{dt} & \frac{dx_2(t)}{dt} & \frac{dx_3(t-2)}{dt} & \frac{dx_3(t-1)}{dt} & \frac{dx_3(t)}{dt} \end{bmatrix}^T,$$

$$\overrightarrow{K_t} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & b_1 & b_2 & b_3 & c_1 & c_2 & c_3 \end{bmatrix}^T,$$

$$Q_t = \begin{bmatrix} A & 0 & 0 \\ 0 & B & 0 \\ 0 & 0 & C \end{bmatrix},$$

$$A = \begin{bmatrix} X_1(t-2) & X_1(t-2)X_2(t-2) & X_1(t-2)X_3(t-2) \\ X_1(t-1) & X_1(t-1)X_2(t-1) & X_1(t-1)X_3(t-1) \\ X_1(t) & X_1(t)X_2(t) & X_1(t)X_3(t) \end{bmatrix},$$

$$B = \begin{bmatrix} X_1(t-2)X_2(t-2) & X_2(t-2) & X_2(t-2)X_3(t-2) \\ X_1(t-1)X_2(t-1) & X_2(t-1) & X_2(t-1)X_3(t-1) \\ X_1(t)X_2(t) & X_2(t) & X_2(t)X_3(t) \end{bmatrix},$$

$$C = \begin{bmatrix} X_1(t-2)X_3(t-2) & X_2(t-2)X_3(t-2) & X_3(t-2) \\ X_1(t-1)X_3(t-1) & X_2(t-1)X_3(t-1) & X_3(t-1) \\ X_1(t)X_3(t) & X_2(t)X_3(t) & X_3(t) \end{bmatrix},$$

Вектор первых производных может быть найден разными способами. Если временные ряды имеют длину вблизи минимальной (три значения уровня ряда), производные вычисляются методом конечных разностей. Если же длина временного ряда составляет более десяти значений, наиболее целесообразно использовать сплайны.

Вектор неизвестных параметров системы находится по формуле:

$$\overrightarrow{K}_t = Q_t^{-1}\overrightarrow{D}_t,$$

где Q^{-1} - обратная матрица к матрице Q.

Найденные параметры системы $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2, c_3$ подставляем в модель (I) и считаем их постоянными на шаге прогнозирования. Далее решая задачу Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений с начальными условиями в точке t, находим $\vec{X}_p$ – вектор прогностических значений в точке $t+1$. Соответственно: $X_1(t+1)$ – прогностическое значение цены контракта, $X_2(t+1)$ – прогностическое значение объема торгов, $X_3(t+1)$ – прогностическое значение «открытого интереса». В результате получаем точечный прогноз на один шаг вперед. Под шагом прогнозирования понимается торговая сессия, которая может составлять – один день, одну неделю, один месяц и т.д.

Особенность хаотических систем состоит в их гиперчувствительности к точности задания параметров и начальных условий. Поэтому краткосрочное прогнозирование экономических показателей наиболее качественно осуществляется с помощью непрерывно подстраиваемых моделей, которые позволяют учитывать временную ценность информации.

Алгоритм разработанной схемы адаптации модели:

1. Описанным выше способом находим $\vec{K}_t$ - вектор параметров модели.

2. По модели (I) строим прогноз на одни шаг вперед, задавая начальные условия в точке t.

3. Производим перерасчет параметров модели $\vec{K}_{t+1}$ с учетом последних полученных реальных значений временных рядов. Для этого рассматриваем модель (I) в следующие фиксированные моменты времени *t-1, t, t+1* т.е. осуществляем перенос отсчета времени на один интервал вперед.

4. Подставляем найденные параметры *a1, a2, a3, b1, b2, b3, c1, c2, c3* в систему (I). Решая задачу Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений при начальных условиях в точке *t+1*, находим вектор прогностических значений в точке *t+2*.

Таким образом, согласно разработанной схеме адаптации на каждом шаге осуществляется обновление параметров модели *a1, a2, a3, b1, b2, b3, c1, c2, c3* и начальных условий с учетом развития событий, что позволяет применять модель в реальном времени, повышает качество прогноза и отодвигает горизонт прогнозирования. Полученные результаты, представлены на рис. 3.

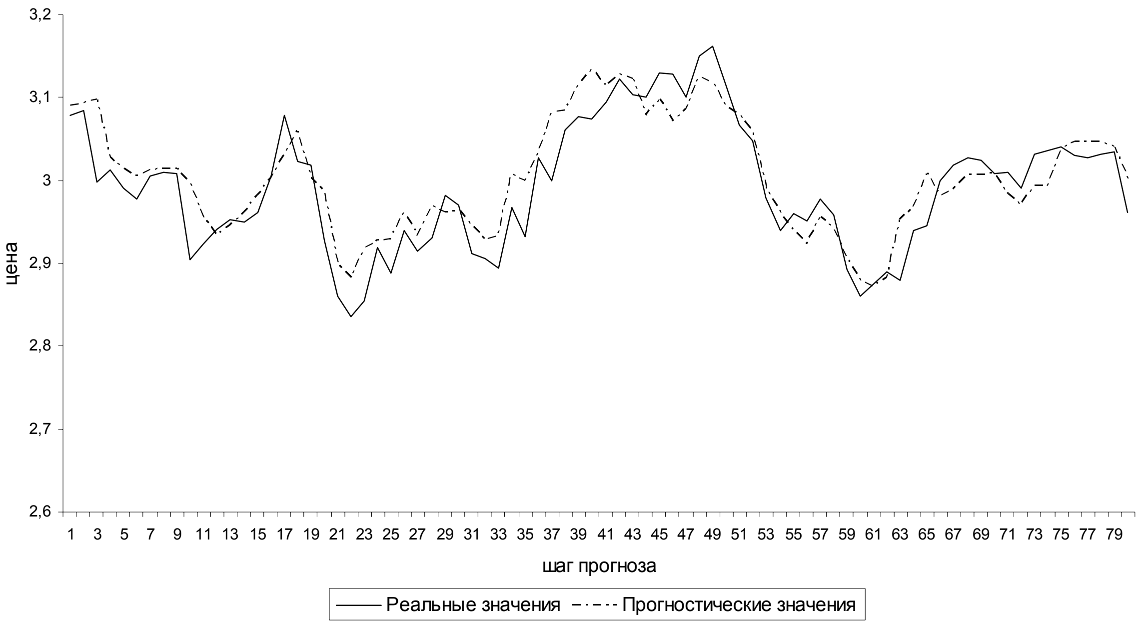

Рис. 3. Прогнозирование динамики цены контракта

Большой интерес представляет применение модели (I) в рамках технического анализа. Поэтому в работе построена модификация модели (I) позволяющая строить прогностические свечи. Японские свечи – наиболее распространенный вид представления биржевой информации.

$$\frac{dX_1(t)}{dt} = a_1(t)X_1(t) + a_2(t)X_1(t)X_2(t) + a_3(t)X_1(t)X_3(t) + a_4(t)X_1(t)X_4(t)$$
$$\frac{dX_2(t)}{dt} = b_1(t)X_2(t)X_1(t) + b_2(t)X_2(t) + b_3(t)X_2(t)X_3(t) + b_4(t)X_2(t)X_4(t)$$
$$\frac{dX_3(t)}{dt} = c_1(t)X_3(t)X_1(t) + c_2(t)X_3(t)X_2(t) + c_3(t)X_3(t) + c_4(t)X_3(t)X_4(t)$$
$$\frac{dX_4(t)}{dt} = d_1(t)X_4(t)X_1(t) + d_2(t)X_4(t)X_2(t) + d_3(t)X_4(t)X_3(t) + d_4(t)X_4(t)$$

$X_1(t)$ – цена открытия, $X_2(t)$ – цена закрытия, $X_3(t)$ – максимальная цена, $X_4(t)$ – минимальная цена контракта.

Другим важным вопросом, решенным в диссертационной работе, является определение критериев раннего предупреждения входа системы в область смены тренда. Особенно этот вопрос актуален для игроков финансовых бирж.

Рис. 4. График наложения одной из координат рассматриваемой точки равновесия на реальные данные цены контракта

Для решения этой задачи использованы результаты качественного исследования модели (I). Анализ динамики пяти точек равновесия системы (I) показал, что среди них особо выделяется одна – O_5.

$$O_5 = \left[\frac{-a_2b_3c_3 - a_3b_2c_2 + a_1b_3c_2}{a_2b_3c_1 + a_3b_1c_2}, \frac{-a_3b_1c_3 + a_3b_2c_1 - a_1b_3c_1}{a_2b_3c_1 + a_3b_1c_2}, \frac{-a_1b_1c_1 + a_2b_1c_3 - a_2b_2}{a_2b_3c_1 + a_3b_1c_2}\right].$$

Ее координаты, как правило, лежат наиболее близко к реальным изменениям цены контракта, объема торгов и «открытого интереса». Причем, при движении вдоль горизонтального тренда координаты O_5 лежат на одном уровне, при переходе на восходящий или нисходящий тренд координаты точки O_5 удаляются от этого уровня (см. рис. 4).

В работе также проведено исследование качества разработанной модели, показавшее, что модель является адекватной цели моделирования – получение достоверного прогноза изменения рыночных характеристик.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы по диссертационной работе в целом.

В приложениях приведены материалы, позволяющие более полно осветить и представить результаты проделанной работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Проведено исследование изучаемого экономического объекта на наличие детерминированной хаотической компоненты. Результаты данного исследования позволяют нам утверждать, что динамика фьючерсного рынка характеризуется наличием хаоса.

2. Разработана новая нелинейная динамическая модель фьючерсного рынка на основе методов теории детерминированного хаоса, позволяющая в короткий срок, не имея длительной реализации рыночных характеристик (фазовых координат модели), получить качественный прогноз в динамичных условиях функционирования товарно-сырьевых бирж.

3. Предложены схемы построения точечного и интервального прогнозов.

4. Разработана новая схема адаптации модели, что является очень важным условием при формировании достоверного прогноза динамики хаотических систем. Применение схем адаптации модели к реальным поступающим данным позволяет отодвигать «горизонт предсказуемости» и использовать модель для прогнозирования динамики рыночных характеристик в режиме «реального времени».

5. Предложена модификация нелинейной динамической модели, позволяющая применять разработанную модель в рамках технического анализа.

6. Качественный анализ описанной модели позволил выявить критерии раннего предупреждения о входе системы в область смены тренда.

7. Разработан программный комплекс, позволяющий использовать представленную модель для получения прогностических значений.

<u>По материалам диссертации опубликованы следующие работы:</u>

1. Козловских А.В., Ситникова О.В., Шипачев В.И. Описание динамики курсов акций системой нелинейных дифференциальных уравнений // «Математическое моделирование экономических систем и процессов»: Материалы всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары, 2000.

2. Ситникова О.В. Моделирование динамики рынка ценных бумаг для краткосрочного прогноза рыночных характеристик // «Математическое моделирование физических, экономических, технических, социальных систем и процессов»: Тезисы докладов IV Международной конференции. – Ульяновск, 2001.

3. Ситникова О.В. Моделирование динамики рынка ценных бумаг // Дальневосточная конференция студентов и аспирантов по математическому моделированию: Тезисы докладов. – Владивосток, 2001.

4. Козловских А.В., Козловских В.А., Синникова О.В. Нелинейная математическая модель краткосрочного прогнозирования динамики фьючерсных рынков и ее применение // «Математические методы и

информационные технологии в экономике, социологии и образовании»: Сборник статей X Международной научно-технической конференции. – Пенза, 2002.

5. Ситникова О.В. Моделирование динамики рынка ценных бумаг как сложной системы // «Современные проблемы информатизации в непромышленной сфере и экономике»: Сборник трудов. Вып. 7 (по итогам VII Международной открытой научной конференции). – Воронеж, 2002.

6. Ситникова О.В. Сравнение методов прогнозирования динамики цен на фондовом и сырьевом рынках. // Сборник студентов, аспирантов и молодых сотрудников по математическому моделированию. – Томск, 2002.

7. Козловских А.В., Ситникова О.В. Модифицированные модели краткосрочного прогнозирования динамики фьючерсных рынков // «Методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике»: Материалы III Международной научн.-пркт. конференции. – Новочеркасск, 2003.

8. Григорьев В.П., Козловских А.В., Ситникова О.В. Математическая модель краткосрочного прогнозирования динамики фьючерсных рынков // Изв. ТПУ. – 2003, - Т. 306, - вып. 3.

9. Козловских А.В., Ситникова О.В. Математическое моделирование динамики рынка ценных бумаг // Кибернетика и вуз. Межвузовский научно-технический сборник. – 2003, - вып. 5.

10. Григорьев В.П., Козловских А.В., Ситникова О.В. Применение теории детерминированного хаоса к моделированию динамики фьючерсных рынков // Финансы и кредит. – 2003, №24.