

На правах рукописи

Теплов Сергей Евгеньевич

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СПЕКУЛЯТИВНОЙ
ТОРГОВЛИ И ПРИМЕНЕНИЕ ГИПОТЕЗЫ ФРАКТАЛЬНОГО
РЫНКА КАПИТАЛОВ**

Специальность 08.00.13. – «Математические и инструментальные методы
экономики»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук

Москва – 2007

Работа выполнена на кафедре Прикладной Математики в Московском государственном университете экономики, статистики и информатики (МЭСИ).

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Мастяева Ирина Николаевна

Официальные оппоненты: доктор экономических наук, профессор
Егорова Наталья Евгеньевна

кандидат экономических наук
Хвостова Анна Михайловна

Ведущая организация: Московский государственный открытый
университет

Защита состоится «25» октября 2007 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета К 212.151.01 в Московском государственном университете экономики, статистики и информатики (МЭСИ) по адресу: 119501, г. Москва, Нежинская ул., д.7.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан «24» сентября 2007 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
Кандидат экономических наук, доцент

Голкина Г.Е.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования

В настоящее время рынки капитала оказывают огромное влияние на экономики различных стран и мировую экономику в целом. Невозможно представить крупный финансовый институт, не имеющий интересов на различных рынках капиталов. Успешная работа на этих рынках во многом предопределяет благополучие компании или страны.

Работа на рынках капитала представляет собой совершение сделок над рыночными активами. Оценка инвестиционной привлекательности активов осуществляется двумя способами. Во-первых, изучая финансово-экономическое положение эмитента, отрасли, экономику страны в целом, и на основе этого определяя так называемую «реальную» стоимость актива. Во-вторых, оценку активов можно произвести с точки зрения их рыночной конъюнктуры, исследуя динамику курсов и анализируя рыночную стоимость биржевых активов.

В настоящий момент на различных рынках капитала сложились два основных типа поведения – стиля торговли: портфельное инвестирование и спекулятивная торговля. Большинство участников рынка (как в количественном, так и в финансовом смысле) относятся к первой категории, поскольку такой стиль торговли является менее рискованным и более прогнозируемым, так как данный подход хорошо разработан и освещен в научных и практических работах.

Спекулятивная торговля менее распространена в крупных финансовых корпорациях из-за высоких рисков и неопределенности действий при вложении в такой тип поведения на рынке. Более короткий инвестиционный горизонт такого стиля, который составляет несколько суток или минут, делает невозможным применение методов анализа активов, используемых при портфельном инвестировании.

Среди людей, предпочитающих спекулятивную торговлю, лишь немногие торгуют по системам. Из этих людей часть не может четко сформулировать правила своих систем, так как они нередко переделывают их во время торговли, подгоняя ее под совершение конкретной сделки. Торговая система – это набор инструкций, предписывающих открывать и закрывать торговые позиции.

При спекулятивном типе торговли многие модели и методы не отвечают требованиям инвесторов, в частности: отсутствуют модели, помогающие инвестору разрабатывать и анализировать торговые системы; многие методы анализа активов основаны на устаревших гипотезах; инструменты технического анализа не учитывают специфику торговли инвестора.

При формализации торговой системы возникает множество вопросов, таких как определение технических индикаторов, на которых будет

построена система, периодов оптимизации и торговли, критериев выбора торгуемых активов и т.д. Как правило, большинство параметров системы определяются простой подгонкой под определенный временной ряд, что ведет к ее неэффективности и даже финансовым потерям.

В настоящее время остро стоит вопрос о четко сформулированном методе анализа торговых систем для уменьшения риска вложений в спекулятивный стиль торговли.

Многие методы анализа и предпосылки ценового движения активов, основанные на гипотезе эффективных рынков (ЕМН), разработанной в 20-х годах прошлого века, показывают свою несостоятельность при ответе на многочисленные вопросы инвесторов и трейдеров, разрабатывающих торговые системы. В настоящей работе предлагаются новые методы анализа, основанные на новой гипотезе фрактального рынка (FHM), базирующейся на идеях Бенуа Мандельброта.

При анализе активов и принятии решений многие трейдеры не учитывают специфику своей торговли. При торговле только внутри дня для принятия решений используется те же ценовые движения, что и для торговли с оставлением позиций на следующий день. Это приводит к неэффективным решениям о покупке или продаже при внутриденной торговле. Необходимо исследовать отличия ценовых движений при внутриденной торговле и разработать новый класс технических индикаторов для успешной торговли при таком стиле.

Задачи снижения риска вложений в спекулятивный стиль торговли, необходимость введения новых моделей и методов анализа активов при спекулятивном стиле, а также разработка новых инструментов технического анализа для внутриденной торговли обуславливают актуальность диссертационного исследования.

Цели и задачи исследования. Целью диссертационного исследования является построение для спекулятивной торговли системы поддержки принятия решений, которая включает математические модели разработки и анализа торговых систем, методы, основанные на применении идей фрактального рынка для анализа временных рядов, и разработка нового класса технических индикаторов для внутриденной торговли.

В соответствии с указанными целями в работе поставлены и решены следующие задачи:

- 1) анализ существующих рынков капитала, определение возможности работы на них для инвесторов и трейдеров и обзор существующих методов торговли при спекулятивном стиле;
- 2) разработка математической модели спекулятивной торговли для построения четких механических торговых систем;
- 3) формализация форвард-анализа для разработанной модели спекулятивной торговли;

- 4) доказательство несостоятельности гипотезы эффективных рынков для спекулятивной торговли;
- 5) применение R/S -анализа в рамках гипотезы фрактальных рынков;
- 6) доказательство эффективности применение статистики Херста в качестве критериев выбора активов для спекулятивной торговли и для введения различных торговых фильтров на основе волатильности;
- 7) разработка алгоритма нахождения показателя времени памяти¹ и использование его в качестве оптимизационного периода;
- 8) исследование специфики внутридневной торговли, анализ движения цены активов в течение торговой сессии и вне ее и оценка влияния гэпов² на ценообразование активов;
- 9) разработка нового класса технических индикаторов и доказательство их преимущества для внутридневной торговли;
- 10) разработка и анализ торговых стратегий на американском и российском фондовых рынках.

Объект и предмет исследования. Объектом диссертационного исследования выступают рынки капитала, в частности: американский, российский фондовые и валютный рынки.

Предметом исследования выступают торговые системы и активы, размещенные на этих рынках.

Теоретическая и методологическая основа исследования.

Теоретическую и методологическую основу исследования составили труды отечественных и зарубежных ученых в предметных областях экономики, финансового анализа, инвестиций, риск-менеджмента, теории оптимального управления, эконометрики, технического анализа, и в области управления финансами. В частности, разработки и исследования:

- Б. Мандельброта и основанная на его идеях гипотеза фрактальных рынков;
- Х. Херста, Б. Мандельброта и У.Феллера в области разработки методологии R/S анализа;
- Э. Петерса и А.Н. Ширяева по применению фрактальной теории для анализа временных рядов;
- Ч. Лебо, Д. Лукаса, Дж.Дж. Мэрфи, Р. Пардо и Б. Уильямса по техническому анализу.

¹ Время памяти характеризует период устойчивой памяти для периода меньших или равных значению времени памяти и ее отсутствие для периодов больших данного значения.

² Гэп - разница между ценой открытия актива и ценой вчерашнего закрытия. Внебиржевое изменение цены актива.

Научная новизна. Новизна данной диссертационной работы состоит в:

- построении математической модели спекулятивной торговли, которая в отличие от существующих моделей учитывает специфику такой торговли;
- разработке модели форвард-анализа на базе синтеза модели спекулятивной торговли и комплекса правил форвард-анализа;
- введении нового показателя времени памяти и разработке алгоритма его нахождения;
- доказательстве эффективности применения показателя времени памяти и R/S -анализа при разработке торговых систем для спекулятивной торговли;
- выявлении значительного влияния гэпов на ценообразование активов и введении нового класса безгэповых технических индикаторов для внутридневной торговли.

Практическая значимость заключается в создании торговых стратегий для успешной внутридневной торговли на основе модели спекулятивной торговли на различных рынках капитала, разработанных с помощью применения фрактальной теории и основанных на индикаторах без учета влияния гэпов, и в их анализе с помощью формализованной модели форвард-анализа. Наряду с этим данная модель может быть использована для решения широкого круга задач современной экономики.

Апробация результатов. Результаты исследования докладывались на второй ежегодной научной сессии «Роль бизнеса в трансформации российского общества» в секции «Финансовые рынки и инвестиции, их регулирование», проходившей в МФПА, 17-19 апреля 2007 года, и были отмечены дипломом первой степени. Материалы диссертационного исследования могут использоваться в учебном процессе.

Публикации. По материалам диссертационного исследования опубликовано 4 научные работы общим объемом 1,1 п.л., в том числе лично автором 1,0 п.л.

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка и приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования, раскрыта научная новизна и практическая значимость диссертационной работы.

В первой главе «Рынки капитала и методы торговли на них» дана общая характеристика влияния рынков капитала на экономическую сферу жизни человека, описаны основные этапы становления развития фондовых

и валютных рынков и рассмотрены различные стили торговли на рынках капитала.

Одно из основных классификаций участников торговли является выбор стиля торговли, который может иметь инвестиционный или спекулятивный характер.

Инвестиционный стиль торговли, как правило, подразумевает более длинный инвестиционный горизонт, на котором содержимое портфеля пересматривается реже и чаще используются показатели фундаментального анализа для оценки актива.

Спекулятивный стиль характеризуется более активной, агрессивной торговлей. Инвестиционный горизонт такого стиля является коротким и может составлять всего несколько минут. Преимущественное использование технического анализа обуславливается более частым принятием решений трейдером в течение дня.

Спекулятивный стиль торговли является более прибыльным, но и более рисковым в виду неопределенности при вложении средств в такой вид деятельности. Следует особо отметить внутрисуточную торговлю, когда трейдер совершает сделки только лишь в течение дня и не переносит позиции на следующий торговый день. В этом случае уменьшается риск торговли (нивелируется овернайт-риск) и увеличивается доходность, так как для внутрисуточной торговли брокеры, предоставляют большее кредитное плечо.

Подход любого трейдера при спекулятивном стиле может быть либо субъективным, либо системным.

При субъективном подходе к торговле трейдер принимает решения, основываясь на своем чутье, понимании структуры рынка и личной оценке рыночных условий. При таких оценках трейдеру свойственна эмоциональная сторона принятия решений. Эффекты неуверенности, возможной жадности, надежд и страха таковы, что под влиянием этих чувств трейдер неизбежно принимает ошибочные решения на спекулятивной арене. Из-за большого влияния человеческого фактора на принятия решений при субъективном подходе риск спекулятивной торговли является достаточно большим.

При системном подходе принятие решений о сделке осуществляется на основе рекомендаций торговых стратегий (торговых систем). Торговая система – это набор правил и параметров, разработанных вокруг формулы индикаторов и поведения цены для определенного типа состояния рынка.

Можно выделить классификацию торговых систем по основным используемым индикаторам. Торговые системы подразделяются на трендовые системы, контртрендовые системы, системы торговли на прорыве, системы торговли в диапазоне и хеджевые системы.

К преимуществам торговых систем относят четкость сигналов, экономию времени, прозрачность для инвестора, а также возможность проверить эффективность торговых систем на прошлых данных.

Наряду с преимуществами, также отмечают и недостатки. К ним относят плохое соотношение выигрыш/проигрыш, ненадежность методов тестирования на исторических данных, убыточность торговых систем с течением времени и относительно большой начальный капитал для диверсификации и неизбежных проседаний счета.

Однако большинство недостатков относятся к методам разработки и анализа торговых систем, а также к критериям выбора активов на торговлю и используемым техническим индикаторам. Большинство потерь при торговле по торговым системам возникает из-за проблем подгонки и по причине того, что не учитывается изменчивость рыночных паттернов. Так же многие критерии выбора активов основаны лишь на показателях стратегии на выбранном участке и не учитывают специфику самого ряда.

Во второй главе «Модели и методы анализа спекулятивной торговли на рынках капитала» построена математическая модель разработки и анализа торговых систем, применены инструменты гипотезы фрактального рынка для повышения эффективности и устойчивости торговых систем, разработан новый метод расчета времени памяти и введены новые инструменты технического анализа, учитывающие специфику внутрисуточного трейдинга.

Автором разработана модель спекулятивной торговли, которая упрощает задачу построения торговых систем, стоящую перед любым инвестором. Пусть имеется временной ряд $P(t) = \{p(\tau), \tau : \tau \leq t\}$, где $p(\tau)$ – цена рыночного актива в момент времени τ . Имеется капитал (депозит) d_0 в начальный момент времени t_0 . Тогда задача будет заключаться в выборе управления депозитом $-u(\tau)$. Будем считать, что график цены дискретен и занумеруем последовательно координаты времени его точек в зависимости от даты и времени.

В результате $d(T)$ – размер капитала в момент времени T , при любом управлении на ряде $P(T)$ будет равен:

$$d(T) = d(t_0) + \sum_{t=t_0+1}^T (u(t)\Delta p(t) - c(\Delta u(t))), \quad (1)$$

где $\Delta p(t)$ – изменение цены, $\Delta u(t)$ – изменение управления, а $c(\Delta u(t))$ – плата за изменение позиции, которая включает транзакционные издержки, а также «проскальзывание» цены из-за воздействия на актив при изменении позиции.

Необходимо найти такое управление $u(t)$, которое бы максимизировало $d(T)$ (в большинстве случаев основная цель стратегии – максимизация прибыли). Основными факторами для управления (изменение управления) являются цена, различные ее производные в виде технических индикаторов, депозит и плата за изменение позиции, поэтому $u(t)$ можно выразить функционально: $u(t) = f(P(t-1), d(t-1), c(\Delta u(t)), g_j(P(t-1), OP_{g_j})...)$, где $g_j(P(t-1), OP_{g_j})$ – различные производные от ценового ряда, или технические индикаторы.

Функция $f(\cdot)$ является основой торговой стратегии, так как по ее значениям принимаются решения о входе и выходе из позиции. Выбор функции $f(\cdot)$ можно разделить на 2 этапа. Первый – выбор вида функции (определяются используемые технические индикаторы $g_j(\cdot)$). Второй – определение параметров индикаторов, входящих в функцию $f(\cdot)$ (различные параметры усреднения), в результате которого получаем множество функций $f_i(\cdot)$, где $i = \overline{1, N}$, для определенного вида функции. Каждая функция $f_i(\cdot)$ определяет управление $u_i(t)$, что позволяет по формуле (1) рассчитать значения депозитов в любой момент времени ($\{f_i(\cdot)\} \rightarrow \{D_i(t), u_i(t)\}$), исходя из которых и определяется оптимальная функция $f_{opt}(\cdot)$. Таким образом, при разработке торговой системы разработчик должен ориентироваться на решение следующей задачи:

$$d(T) = d(t_0) + \sum_{t=t_0+1}^T (u(t)\Delta p(t) - c(\Delta u(t))) \rightarrow \max \quad (2)$$

$$|u(t)|p(t-1) \leq d(t-1)M, \quad (3)$$

$$u(t) = f(P(t-1), d(t-1), c(\Delta u(t)), g_j(P(t-1), OP_{g_j})...), \quad (4)$$

где M – это предоставляемое фирмой-брокером кредитное плечо.

Однако в силу изменчивости рынка и проблемы подгонки оптимальной функции $f_{opt}(\cdot)$, при реальной торговле на будущих периодах результаты торговой стратегии могут отличаться от тех, которые были показаны на прошлых данных. Для этого необходимо построить модель анализа торговой системы, которая давала результаты максимально приближенные к процессу реальной торговли. Автором разработана модель форвард-анализа на основе синтеза модели спекулятивной торговли и комплекса правил такого анализа.

Пусть ΔT и Δt – это периоды оптимизации и «реальной» торговли, а R – множество активов, на которых происходит анализ. Тогда разделив

исходный ряд на n частей, где $n = (T - t_0 - \Delta T) / \Delta t$, на каждом j -ом участке ΔT ($j \in [0, n)$) для каждого актива из множества R производим

оптимизацию $\{f_{r_i}(\cdot)\} \rightarrow \{D_{r_i}(s), u_{r_i}(s)\} \xrightarrow{\text{выбор}} \begin{cases} f_{r_{opt_j}}(\cdot) \rightarrow u_{r_{opt_j}} \\ 0 \end{cases}$, где

$s \in (t_0 + j^* \Delta t, t_0 + \Delta T + j^* \Delta t]$, на основании которой определяем множество $R_{trade_j} = \{R_{trade_j} \subset R, r \in R_{trade_j}, \text{если } \exists f_{opt_j} \neq 0\}$, которое содержит активы которые будут торговаться по оптимальной функции $f_{r_{opt_j}}(\cdot)$ на следующем постоптимизационном периоде (j -ом участке Δt), после чего переходим к следующему ($j + 1$)-му участку ΔT . Аккумулируя результаты постоптимизационных участков, учитывая ограничение на управление, получим $d_{real}(T)$:

$$d_{real}(T) = d_{real}(t_0) + \sum_{j=0}^{n-1} \sum_{r \in R_{trade_j}} \sum_{t=t_0+\Delta T+j\Delta t+1}^{t_0+\Delta T+(j+1)\Delta t} (u_{r_{opt_j}}(t) \Delta p_r(t) - c(\Delta u_{r_{opt_j}}(t))), \quad (5)$$

$$\sum_{r \in R_{trade_j}} (|u_r(t)| p_r(t-1)) \leq d(t-1)M, \quad (6)$$

для $t \in (t_0 + \Delta T + j^* \Delta t, t_0 + \Delta T + (j + 1)^* \Delta t] \forall j = \overline{0, n-1}$.

По полученным данным можно судить о результатах работы стратегии на будущих периодах. У такой модели анализа есть следующие элементы управления: 1) длина тестируемого участка $(t_0, T]$; 2) длина оптимизационного периода ΔT ; 3) критерии выбора оптимальной функции $f_{opt_j}(\cdot)$; 4) мощность множества R . Пункты 1 и 4 обладают таким свойством, что при увеличении как длины исследуемого участка, так и мощности множества активов результаты анализа становятся более устойчивыми. Длину оптимизационного периода и критерии выбора часто определяют простым перебором, что может привести к той же проблеме подгонки результатов анализа под исследуемые активы на исторических данных. Для устранения данных недостатков воспользуемся инструментами гипотезы фрактального рынка (ФМН).

В теории финансового инвестирования нет концепции более известной, чем гипотеза эффективного рынка (ЕМН). Данная гипотеза в узком смысле рассматривает ценовые изменения как гауссовские случайные величины. С помощью модели спекулятивной торговли автором доказано, что в случае, когда $\Delta p(t)$ такие, что $\forall t: E \Delta p(t) = 0$ и

$cor(\Delta p(t_i), \Delta p(t_j)) = 0$, для $\forall i, j, i \neq j$, депозит в любой конечный момент времени достигает максимума лишь в том случае, когда $\sum_{t=t_0+1}^T E(c(\Delta u(t))) = 0$, то есть $\max E(d(T)) = d(t_0)$, что возможно только

при $\Delta u(t) = 0 \forall t \in (t_0, T]$. Это означает отказ от спекулятивной торговли.

В постулатах FMH утверждается, что изменение цены важно лишь для соответствующего инвестиционного горизонта. Таким образом, спекулятивная торговля по торговым стратегиям будет эффективна, если она происходит на таких временных масштабах и активах, для которых изменение цены ведет себя отлично от случайного ряда. Необходим анализ, который проверял бы гипотезу о соответствии изменений цены случайному ряду.

В рамках FMH рассматривается недостаточно хорошо известный, но, безусловно, заслуживающий большего внимания инструмент анализа – нормированный размах или R/S-анализ, впервые разработанный Херстом.

Пусть $S = (S_n)_{n \geq 0}$ – некий финансовый актив. Образует логарифмические разности $h_n = \ln(S_n/S_{n-1}), n \geq 1$ и величины $H_n = h_1 + \dots + h_n, n \geq 1$. Вычислим величину R_n , которая характеризует степень размаха отклонений, по следующей формуле:

$$R_n = \max_{k \leq n} \left(H_k - \frac{k}{n} H_n \right) - \min_{k \leq n} \left(H_k - \frac{k}{n} H_n \right). \quad (7)$$

Рассчитаем эмпирическую дисперсию S_n^2 :

$$S_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n h_k^2 - \left(\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n h_k \right)^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (h_k - \bar{h}_n)^2. \quad (8)$$

Тогда Q_n , рассчитанная как:

$$Q_n \equiv R_n / S_n, \quad (9)$$

будет являться нормализованным, или приведенным размахом накопленных сумм $H_k, k \leq n$.

С помощью R/S статистики рассмотрим гипотезу (H_0) о подчинении рассматриваемых цен схеме случайного блуждания. Если гипотеза H_0 верна, то при достаточно больших n значения R_n/S_n должны быть пропорциональны корню из n :

$$R_n/S_n \sim cn^{0.5}, \quad (10)$$

Однако при проверках чаще всего оказывается:

$$R_n/S_n \sim cn^H, \quad (11)$$

где H «значимым» образом больше 0,5. Показатель H называют показателем Херста.

Интерпретация значимого показателя Херста такова:

- $H = 0.5$ подразумевает белый шум, то есть некий независимый, случайный процесс. Корреляция между величинами равна нулю;
- $0.5 < H \leq 1$ означает черный шум или персистентность. Корреляция между величинами положительна. То есть такой временной ряд характеризуется эффектом долговременной, сильной памяти и имеет склонность следовать трендам;
- $0 \leq H < 0.5$ означает розовый шум или антиперсистентность. Корреляция между величинами отрицательна. Такой ряд меняет направление чаще, чем ряд случайных независимых величин.

Для проверки значимости показателя Херста используются формулы предложенные Энисом и Ллойдом для расчета E_0H – математического ожидания показателя Херста случайного ряда соответствующей длины.

Показатель Херста дневных данных американского индекса Nasdaq Composite с 1980 по 2007 год оказался равен $H = 0.5999$ (при $E_0H = 0.5411$ для случайного ряда соответствующего периода). Таким образом, гипотеза H_0 отвергается, и можно говорить о персистентности данных индекса.

Наряду с H – статистикой рассчитывают показатель V_n -статистики по формуле:

$$V_n = (R/S)_n / \sqrt{n}. \quad (12)$$

Указывается, что значение n момента перелома тенденции такой статистики, определяемое визуально, соответствует длине цикла (как периодического так и непериодического).

Так как существование различных циклов на рынках капитала представляется сомнительным, автором введено новое понятие «времени памяти», которое будет характеризовать устойчивую память для периодов меньших n . Также из-за нечеткости любой визуальной оценки автором разработан новый метод расчета времени памяти.

Рассмотрим график показателей Херста индекса Nasdaq Composite с 1980 по 2007 год в зависимости от длины периода, и динамику аналогичных показателей остаточных периодов (рис. 1). Видно, что с течением времени показатели Херста уменьшаются. Это говорит о том, что с возрастанием времени память ослабевает.

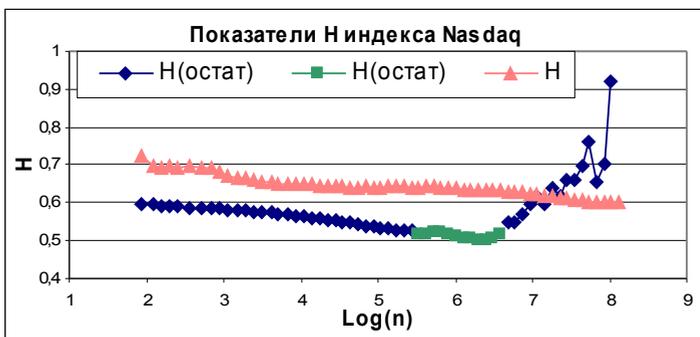


Рис. 1. Показатели Херста индекса Nasdaq Composite 1980-2007 год. Если рассмотреть график показателей остаточных (длинных) периодов, то видно, что данная величина со временем тяготеет к 0,5. Это указывает на случайные колебания без эффекта памяти.

Таким образом, время памяти можно определить как временной период, для которого остаточные показатели H находятся или в участке локального минимума близкого к 0,5, или собственно равны 0,5, что говорит о случайных процессах, протекающих в периодах, равных данному значению времени памяти.

Автором разработана формула для расчета показателя времени памяти – n_{mem} , имеющая вид:

$$n_{mem} = \begin{cases} l: H_l^{res} = \min H_n^{res}, & \text{если } 0.5 \leq \min H_n^{res} < H_\delta \\ p: p = \max_{\{n: H_k^{res} > 0.5, \forall k \leq n\}} n, & \text{если } \min H_n^{res} < 0.5 \end{cases}, \quad (13)$$

где H_n^{res} - остаточные показатели H , а H_δ - критическое значение остаточных показателей H , необходимое для определения локального минимума близкого к 0,5.

Для индекса Nasdaq Composite на указанном временном периоде можно наблюдать время памяти равное 251 дню (что соответствует 1 торговому году) для $H_\delta \geq 0.52$. Для $H_\delta = 0.51$ данный показатель составляет 544 дня.

Анализ устойчивости показателя времени памяти выявил, что на различных временных интервалах данный показатель остается неизменным. То есть время памяти зависит лишь от длины ряда и можно использовать данные показателя одного временного интервала на любых интервалах того же ряда.

Показатель времени памяти можно использовать для определения различных временных периодов на финансовых рынках (в том числе оптимизационных, и периодов усреднения технических индикаторов).

R/S анализ волатильности баров индекса Nasdaq Composite на различных временных интервалах показал антиперсистентность данного показателя. Это говорит о том, что волатильность баров меняет свое направление чаще ряда случайных независимых величин. Причем с возрастанием временного интервала антиперсистентность волатильности увеличивается. То есть перемежаемость волатильности дневных данных больше данных внутри дня. Свойство антиперсистентности можно использовать для создания различных торговых фильтров.

Комплексный R/S анализ 12-ти активов американского фондового рынка, 7-ми активов российского фондового рынка и 8-ми пар валютного рынка FOREX показал:

- 1) все активы имеют персистентную природу (не всегда значимо отличную от белого шума), что может быть практически использовано при определении приоритетных индикаторов для торговли;
- 2) определенные периоды памяти на некоторых активах, что позволяет использовать их для определения периодов анализа различных активов. Отсутствие четкой памяти у незначительного числа активов говорит о долгой, постоянно убывающей памяти;
- 3) антиперсистентность волатильности баров всех активов без исключения, что может быть практически использовано при введении фильтров на торговлю.

Анализ устойчивости выявленных показателей во времени доказал, что если, рассматривая показатели Херста цен акций 2-х компаний A и B , на некоторых последовательных участках времени показатель H_A стабильно оказывался большим, чем H_B , то на следующем участке, соизмеримом с предыдущими, соотношение показателей Херста останется прежним. Таким образом, устойчивость показателя Херста во времени, а также доказательство, что на участках, где гипотеза H_0 не может быть отвергнута, оптимальной торговой стратегией является отказ от торговли, делают возможным использование показателя Херста в качестве одного из критериев выбора активов на торговлю. Причем неоспоримым преимуществом такого критерия является то, что он зависит только лишь от ценового ряда, а не от результатов работы стратегии.

В третьей части второй главы автором исследуются ценовые движения активов, и оценивается влияние гэповой составляющей на ценообразование.

Большой популярностью при спекулятивной торговле пользуется внутридневная торговля, при которой позиции на следующий день не переносятся, а закрываются в течение дня. Однако принятие решений при такой торговле происходит с помощью технических индикаторов,

основанных на ценовых изменениях всего ряда, тогда как при торговле используются лишь ценовые изменения в течение торговой сессии.

В диссертации общее движение цены разделено на две составляющие. Первая – ценовое движение актива непосредственно в течение торговой сессии. Вторая – изменение цены вне торгового времени (гэп).

Автором проведен анализ гэповой составляющей на 23-х акциях американских компаний за последние 11 лет. По результатам данного анализа (рис. 2) выявлено, что гэпы оказывают важное, часто критическое влияние на цены.

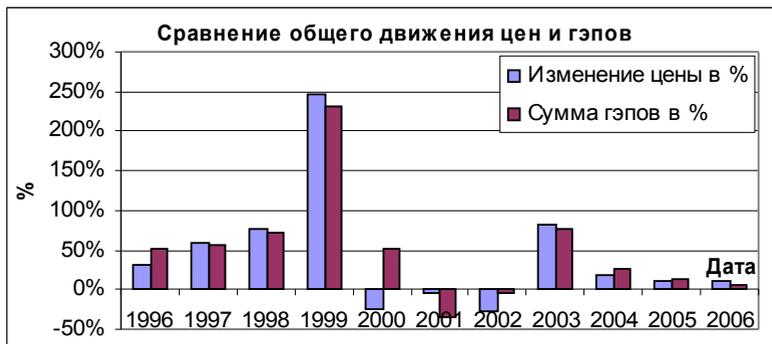


Рис. 2. Сравнение общего движения цен и гэпов.

Аналогичный анализ индекса Nasdaq Composite, показал, что результаты сделанные для 23-х акций распространяются и на весь рынок. По результатам анализа автором сделано 2 важных вывода:

1. Гэпы преимущественно происходят в сторону повышения.
2. Внутри дня цена имеет склонность к понижению.

Анализ гэповой составляющей на российском фондовом рынке также показал, что гэпы имеют сильное влияние на ценообразование актива и чаще всего увеличивают цену актива, однако и внутри дня многие активы возрастают, хоть и не всегда значительно. Это происходит из-за общей направленности российского рынка в последние годы. Рост наблюдается как вне, так и в течение торговой сессии.

При внутридневной торговле трейдер не использует ценовые изменения вне торговой сессии, и возникает вопрос о целесообразности использования при принятии решений традиционных технических индикаторов, основанных на значениях ценового ряда с учетом гэпов.

В диссертационной работе автором разработан новый класс технических индикаторов для внутридневной торговли без учета гэпов. Сравнительный анализ предсказательных способностей традиционных и новых безгэповых индикаторов для внутридневной торговли на 25-ти активах американского рынка показал, что прибыль при использовании новых трендовых индикаторов повышается на 130% при уменьшении риска

на 29%(в качестве меры риска используется показатель максимального проседания), а при сравнении импульсных индикаторов при значительном росте прибыли на 68% риск повышается на 4%. Таким образом, эффективность нового класса технических индикаторов полностью подтверждается при внутридневной торговле.

В третьей главе «Разработка и анализ автоматизированных торговых систем» автором разработаны и проанализированы торговые системы с помощью построенной модели спекулятивной торговли на американской и российской фондовых биржах. Цель данной главы – не нахождение «Священного Грааля» (так называют торговую систему торгующую эффективно на всех рынках во все времена), а состоит в демонстрации преимуществ торговых систем, разработанных и проанализированных по модели спекулятивной торговли, и в доказательстве эффективности модификаций, предложенных во второй главе.

Основой для торговых стратегий (функция $f(\cdot)$) взяты экспоненциальные скользящие средние с константными параметрами.

С помощью модели спекулятивной торговли, были разработаны и проанализированы 30 стратегий со стандартными критериями выбора (стратегии №1-30) на 547-ми активах американского фондового рынка, по результатам которых была выбрана наилучшая – стратегия №25 (рис. 3). Данная стратегия показывает прибыль в 1134% за 9 лет без учета реинвестирования, при риске в 31% (в качестве меры риска используется показатель максимального проседания). Стратегия №25 была выбрана как базовая для модификаций, основанных на идеях и доказательствах, описанных во второй главе.

Анализ стратегий №31-46, в которых критерием выбора является показатель Херста, показал, что такой «слепой» к результатам торговой стратегии критерий показывает прибыльную работу на исследуемом временном отрезке, но результаты этих стратегий уступают результатам базовой стратегии по показателям прибыли и риска. Использование показателя Херста в качестве дополнительного критерия к лучшему критерию базовой стратегии (стратегии №47-50) показало, что лучшей среди них является стратегия №48 с критерием выбора – средний трейд за последние 6 месяцев и показатель Херста одновременно за 2, 3 и 6 месяцев больше соответствующего критического значения, взятый с множителем 1,01. Доходность данной стратегии на 239% превышает аналогичный показатель базовой стратегии, при увеличении риска до 51%. За последние 4 года доходность стратегии возросла более чем в 1,5 раза (со 184% до 284%), при риске в 22%. (рис. 3). Это говорит о безусловной эффективности использования критерия Херста в качестве дополнительного критерия выбора активов на торговлю.

При анализе стратегии №51 с использованием торговых фильтров на основе антиперсистентности волатильности баров выяснено, что такой фильтр особо эффективен на боковых рынках, так как общая доходность стратегии №51 упала до 891% (при уменьшении риска до 19%), за счет снижения доходностей в период активного роста и падения американского фондового рынка в 1999-2001 годах. Однако за последние 6 лет стратегия с таким фильтром показала более прибыльную работу, чем базовая (доходность возросла на 68,5%, при положительных изменениях в каждом из годов), при уменьшении риска (рис. 3). При использовании такого фильтра значительно увеличивается величина среднего трейда, что делает стратегию более устойчивой к различным флуктуационным изменениям проскальзывания.

При выборе лучшей базовой стратегии (№25) был определен наилучший оптимизационный период 6 месяцев. Однако предположение о том, что данный период является оптимальным для всех 547 активов в течение всех 9 лет, представляется сомнительным. Кроме того, существует вероятность подгонки данного показателя к исследуемым активам. Разработана стратегия №52, в которой длина оптимизационного периода актива определялась как время памяти цены актива за последние 2 года. Добавление такого условия в базовую стратегию (рис. 3) улучшило результаты по всем основным показателям: доходность увеличилась на 120,3% (за последние 5 лет увеличилась на 94%), средний трейд возрос до 0,1474\$ (с 0,032\$ до 0.05\$ за последние года) и риск упал до 26,1%. Более того, стратегия №52, в отличие от базовой стратегии, является динамичной к изменениям различных рыночных паттернов.

В стратегии №53 при расчете функции $f(\cdot)$ использовался индикатор экспоненциальных скользящих средних без учета гэпов. Результаты данной стратегии также показывают эффективность применения таких индикаторов на американской фондовой бирже при внутриденной торговле. Доходность стратегии возросла до 1331%, при уменьшении риска до 15,6%.



Рис. 3. Динамика накопленных прибылей стратегий №25, 48 и 51-53.

После того, как была показана эффективность каждой из модификаций в отдельности, автором разработана стратегия №54 с комплексным применением всех улучшений стратегий №48 и №51-53, а именно: с применением времени памяти для определения оптимизационного периода, с торговым фильтром на основе антиперсистентности волатильности, с показателем Херста в качестве дополнительного критерия выбора и с безэповыми индикаторами, на основе которых принимаются решения. Модель такой стратегии будет выглядеть следующим образом:

$$d_{real}(T) = d_{real}(t_0) + \sum_{j=0}^{n-1} \sum_{r \in R_{trade_j}} \sum_{t=t_0+\Delta T+j\Delta t}^{t_0+\Delta T+(j+1)\Delta t} (u_{r_{opt_j}}(t)\Delta p_r(t) - c(\Delta u_{r_{opt_j}}(t)))', \quad (14)$$

с поправкой на $\Delta p(t)$:

$$\Delta p(t) = \begin{cases} p(t) - 0.5*(p_{max}(t-1) + p_{min}(t-1)), (*) \\ p(t) - p(t-1), \text{ в противном случае} \end{cases}, \quad (15)$$

(*) : $u(t) \neq 0, u(t-1) = 0$,

$$sign(\Delta u(t))p(t-1) > sign(\Delta u(t)) * 0.5*(p_{max}(t-1) + p_{min}(t-1))$$

$$f(P_{GapOut}(t), L1, L2) = XAvg(P_{GapOut}(t), L1) - XAvg(P_{GapOut}(t), L2), \quad (16)$$

$$\Delta u(t) = \begin{cases} StL_s, (**) \\ - StL_s, f_r(t-1) \in F_2, u(t-1) > 0 \\ 0, f_r(t-1) \in F_3 = F \setminus (F_1 \cap F_2 \cap F_4 \cap F_5), \text{ где} \\ - StL_s, (***) \\ StL_s, f_r(t-1) \in F_5, u(t-1) < 0 \end{cases}, \quad (17)$$

$$(**) = (\exists k \geq 0, f_r(t-k) \in F_1, f_r(t-l) > 0.01, \forall l = \overline{0..k}),$$

$$p_{min}(t) < 0.5*(p_{max}(t-1) + p_{min}(t-1)), u(t-1) \leq 0,$$

$$(***) = (\exists k \geq 0, f_r(t-k) \in F_4, f_r(t-l) < -0.01, \forall l = \overline{0..k}),$$

$$p_{max}(t) > 0.5*(p_{max}(t-1) + p_{min}(t-1)), u(t-1) \geq 0,$$

$$\Delta u(\tau^*) = \begin{cases} - StL_s, u(\tau) = StL_s \\ 0, u(\tau) = 0 \\ StL_s, u(\tau) = - StL_s \end{cases}, \quad (18)$$

$$Fltr(t_d) = \begin{cases} 1, \frac{Ind(t_d) - Ind(t_d - 1)}{Ind(t_d - 1)} \geq 1.6\% \\ 0, \frac{Ind(t_d) - Ind(t_d - 1)}{Ind(t_d - 1)} < 1.6\% \end{cases}, \quad (19)$$

$$u(t) = 0, Fltr(t_d - 1) = 1, \forall t : t > t_d - 1, t \leq t_d, \quad (20)$$

$$c(\Delta u(t)) = \begin{cases} (0.01 + 0.01) * |\Delta u(t)|, |\Delta u(t)| \leq 500 \\ (0.01 + 0.006) * (|\Delta u(t)| - 500) + 10, |\Delta u(t)| > 500 \end{cases} \quad (21)$$

$$f_{\text{opt}} = \begin{cases} f_{\text{opt}_j} \rightarrow u_{\text{opt}_j}, H_r(S_H) \geq H_{\text{крит}}(\Delta T_H) * Mn, \frac{d_r(S)}{tr_r(S) * StL_j} \geq AvgTr_{\text{mem}} \\ f_{\text{opt}_j} \equiv 0, H_r(S_H) < H_{\text{крит}}(\Delta T_H) * Mn \text{ или } \frac{d_r(S)}{tr_r(S) * StL_j} < AvgTr_{\text{mem}} \end{cases} \quad (22)$$

$$AvgTr_{\text{mem}} = \begin{cases} 0.10\$, \Delta T^{\text{mem}} = 3 \text{ мес} \\ 0.075\$, \Delta T^{\text{mem}} = 6 \text{ мес} \\ 0.10\$, \Delta T^{\text{mem}} = 12 \text{ мес} \end{cases} \quad (23)$$

$s \in (t_0 + j * \Delta t, t_0 + \Delta T_j^{\text{mem}} + j * \Delta t)$, $S_H = t_0 + \Delta T_H + j * \Delta t$, $\forall \Delta T_H = \{2 \text{ мес.}, 3 \text{ мес.}, 6 \text{ мес.}\}$
и $\forall j = \overline{0, n-1}$, $t_0 = 1.04.97$, $T = 31.05.07$, $\Delta t = 1 \text{ месяц}$. (24)

Результаты данной стратегии, а также стратегии №55, аналогичной №54, но без учета торгового фильтра на основе антиперсистентности волатильности, находятся в таблице 1.

Таблица 1.

Сравнение показателей стратегий №55, 54 и 25 по различным периодам.

Период	Показатель	№55 ³	№54	№25
9 лет	Прибыль	1556%	1020%	1134%
	Макс. просадка	53%	18%	31%
5 лет	Прибыль	465%	525%	277%
	Макс. просадка	35%	16%	22%
3 года	Прибыль	268%	290%	102%
	Макс. просадка	17%	8%	19%

По результатам сравнения стратегий, несмотря на то, что доходность стратегии №55 оказалась больше всех остальных, лучшей была признана №54, так как за последние 3 и 5 лет ее показатели прибыли и риска являются наилучшими, однако окончательный выбор стратегии полностью зависит от предпочтений инвестора.

Проводя аналогичные разработки торговых систем на российской фондовой бирже, были проанализированы 40 стратегий (стратегии №56-95) на 32-х активах рынка ММВБ. Базовой стратегией была выбрана стратегия №69, для которой критерий выбора активов на торговле является величина доходности за 3 месяца более 125% годовых. Результат данной стратегии – доходность 1059% за 8 лет без учета реинвестирования при риске в 56,5%.

Рассматривая эффективности различных модификаций базовой торговой стратегии (№96-112), следует отметить, что на российском рынке для данного класса стратегий на основе скользящих средних более

³ Номера стратегий

эффективным является использование однопериодного показателя Херста в качестве дополнительного критерия, вместо мультипериодного, показывающий более прибыльную работу на американском рынке.

При анализе результатов торговой стратегии №109, которая отличается от базовой введением торгового фильтра на основе антиперсистентности волатильности, выявлено, что такой фильтр в настоящее время не улучшает работу стратегии. Значительно уменьшается прибыль в 1999-2000 годах, которая не покрывается улучшениям в последующие года. Это не противоречит выводам сделанным при анализе такого фильтра для стратегий на американском рынке – такой фильтр эффективен на «боковых» рынках. И в силу того, что в последние года ценовые движения активов российского рынка нельзя назвать боковыми, использование такого фильтра не представляется целесообразным, однако в будущем, при стабилизации рынка, такой фильтр может быть весьма эффективным, как показывают результаты его использования на американском рынке.

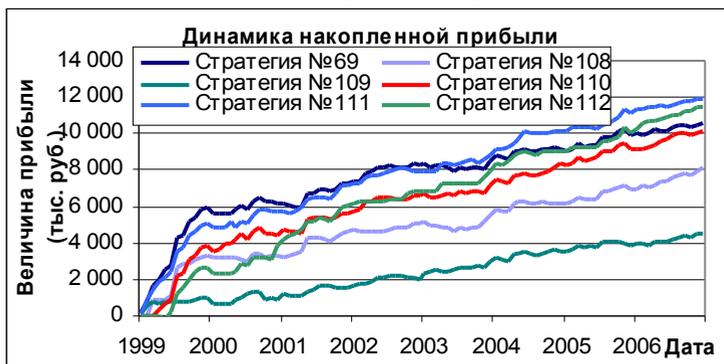


Рис. 4. Динамика накопленных прибылей стратегий №69 и №108-112.

На рисунке 4 и в таблице 2 представлены результаты работы базовой стратегии (№69), стратегии с использованием показателя Херста в качестве дополнительного критерия (№108), стратегии с торговым фильтром на основе антиперсистентности волатильности (№109), стратегии с использованием времени памяти в качестве оптимизационного периода (№110), стратегии на основе новых безгэповых индикаторов (№111), а также стратегии с комплексным использованием всех модификаций, за исключением торговых фильтров (№112).

Сравним результаты лучшей стратегии №112 на российском фондовом рынке с результатами самого распространенного среди российского населения вида вложения средств в рынок акций, с паевыми инвестиционными фондами. По итогам 2006 года лучшей по доходности стал фонд «Агана-Экстрим», который показал доходность в 86,74% (при средней доходности фондов акций в 46%). Стратегия №112 за аналогичный

период заработала 164% без учета реинвестирования или 393%, если реинвестировать полученную прибыль с шагом в 1 месяц. Данные за первое полугодие 2007 года также показывают безусловное преимущество торговой стратегии №112 перед паевыми инвестиционными фондами.

Таблица 2.

Сравнение показателей стратегий №69 и №108-112 по различным периодам.

Период	Показатель	№69 ⁴	№108	№109	№110	№111	№112
8 лет	Прибыль	1059%	815%	453%	1011%	1191%	1150%
	Риск ⁵	56%	49%	54%	38%	28%	34%
5 лет	Прибыль	240%	350%	241%	364%	412%	518%
	Риск	40%	49%	24%	38%	27%	29%
3 года	Прибыль	141%	188%	99%	225%	179%	248%
	Риск	36%	31%	24%	38%	27%	29%

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалы, изложенные в диссертации, позволяют сделать следующие выводы:

1. Проанализированы различные стили торговли на рынках капитала и показано, что спекулятивная торговля активами по автоматизированным торговым стратегиям на различных рынках капитала является самой прибыльной формой торговли. Однако в построении и анализе торговых систем имеется ряд уязвимых мест.
2. Построена математическая модель спекулятивной торговли, которая помогает инвестору построить четкие торговые системы.
3. Построена четкая модель форвард-анализа для анализа торговых систем на основе модели спекулятивной торговли.
4. Доказано с помощью модели спекулятивной торговли, что в период, когда ценовые изменения соответствуют случайному блужданию, оптимальной торговлей является отказ от нее.
5. Обосновано применение статистики Херста в качестве дополнительного критерия выбора активов на торговлю в силу его устойчивости на смежных временных периодах.
6. Разработан новый метод нахождения показателя времени памяти, который дает четкие значения вместо субъективных оценок при визуальном анализе. Анализ данного показателя показал его устойчивость на различных временных интервалах.

⁴ Номера стратегий.

⁵ В качестве меры риска используется величина максимального проседания.

7. Проведен анализ динамики волатильности временных рядов на различных активах, который показал устойчивую антиперсистентность волатильности, что говорит о необходимости различных фильтров на торговую систему в случае бокового движения рынка.
8. Исследована специфика внутридневной торговли и проведен анализ гэповой составляющей цены активов американского и российского фондовых рынков, который выявил большое (часто критическое) влияние гэпов на ценообразование актива. По результатам данного анализа сделаны следующие выводы: гэпы преимущественно происходят в сторону повышения; в период торговой сессии цена имеет склонность к понижению.
9. Разработан новый класс технических индикаторов для принятия решений при внутридневной торговле, основанных на ценовых движениях активов только в период торговой сессии (без учета гэпов). Использование данных индикаторов существенно увеличивает прибыль и уменьшает риск внутридневной торговли на боковых или слаботрендовых рынках.
10. Разработаны и проанализированы на 547 активах американского фондового рынка 55 стратегий внутридневной торговли, основанные на индикаторе скользящих средних с константными параметрами. Лучшей стратегией по величинам доходности и риска в течение последних 9 лет является стратегия с комплексным использованием всех модификаций предложенных во второй главе. Общая доходность данной стратегии составила 1020% без учета реинвестирования при максимально требуемом резерве денежных средств 18%.
11. Разработаны и проанализированы на 32 активах российского фондового рынка 57 стратегий внутридневной торговли, основанные на индикаторе скользящих средних с константными параметрами. Лучшей стратегией по доходности и риску в течение последних 8 лет является стратегия с использованием времени памяти в качестве оптимизационного периода, применением показателя Херста как дополнительного критерия выбора, а также с использованием безгэповых индикаторов. Общая доходность данной стратегии составила более 1150% без учета реинвестирования при максимально требуемом резерве денежных средств 34%. Такая торговая стратегия на российском рынке приносит прибыль в несколько раз больше, чем прибыль, полученная при вложении в самые эффективные паевые инвестиционные фонды на российском рынке за последние годы.
12. Сделан вывод, что проведенный теоретический анализ в среднем дает возможность увеличить прибыль базовых торговых стратегий на

10-40% ежегодно (за последние 3 года улучшение может достигать 185%), при уменьшении риска на 15-40%.

Таким образом, сделанные выводы позволяют сказать, что в диссертационной работе построена система поддержки принятия решений для спекулятивной торговли.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Список опубликованных работ по теме диссертационного исследования (курсивом отмечены статьи в изданиях, рекомендованных ВАК):

1. *Теплов С.Е. О влиянии гэпов на внутридневную торговлю на фондовых рынках // Научно-практический журнал «Финансы и бизнес». – №4, 2007 (0,50 п.л.)*
2. *Теплов С.Е. R/S анализ американского фондового, российского фондового и валютного рынков // сб. статей "Финансовый сектор экономике". – М.: МФПА, 2007 (0,30 п.л.).*
3. *Теплов С.Е., Клочихин Л.В. Форвард анализ торговых стратегий на рынках капитала – Математико-статистический анализ социально-экономических процессов: Межвузовский сборник научных трудов. Выпуск 4. – М.: МГУЭСИ, 2007 (лично автора – 0,10 п.л.).*
4. *Теплов С.Е., Клочихин Л.В. R/S анализ фондового рынка Nasdaq – Математико-статистический анализ социально-экономических процессов: Межвузовский сборник научных трудов. Выпуск 4. – М.: МГУЭСИ, 2007 (лично автора – 0,10 п.л.).*