

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ НА ФОНДОВОМ РЫНКЕ*

© 2008 г. М. Г. Завельский, А. В. Пекарский

(Москва)

Анализируются результаты тестирования на реальной информации фондового рынка (применительно к условиям США и России) новых индикаторов его состояния, разработанных авторами для улучшения методов принятия инвестиционных решений.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность вложений в ценные бумаги во многом определяется качеством доступных инвесторам индикаторов состояния фондового рынка, как сигнализирующих о характере и возможном переломе долгосрочной ценовой тенденции на нем, так и контртрендовых (Швагер, 2001; и др.). Показания одних надежны при наличии на рынке такой ярко выраженной тенденции, но в противном случае часто не верны, другие реагируют на краткосрочные колебания и хорошо ориентируют на бестрендовом рынке, а на ином способны вводить в заблуждение. Лишь вместе они образуют систему, доверяясь сигналам которой инвесторы и действуют.

Осторожные инвесторы заключают сделки в направлении доминирующей ценовой тенденции, выявляемой трендовым индикатором, например скользящей средней, но делают это в моменты, когда контртрендовый индикатор, скажем, RSI^1 , сигнализирует об окончании рыночной коррекции, показывая “перепроданность” рынка при повышательной динамике и “перекупленность” в обратной ситуации (Швагер, 2001). Агрессивные инвесторы, если уверены, что глубина будущей коррекции такой тенденции достаточна для того, чтобы покрыть их операционные издержки и доставить им определенную прибыль, подобную систему (рис. 1), используют и для работы против тренда.

Неточность сигналов, на которые ориентируются инвесторы, оборачивается для них большими или меньшими потерями. Отсюда научная актуальность и практическая значимость совершенствования индикаторов состояния фондового рынка. В (Завельский, Пекарский, 2004), исходя из этой цели, авторами предложено выделять тренд и периодические колебания в динамике цен на рынке акций посредством ранее не применявшихся при его исследованиях аналитических функций. Для выявления долгосрочной тенденции это — сплайн

$$S_l(x) = P_l(x) + \sum_{i=1}^m c_i(x - u_i)_+^l \quad (1)$$

— функция непрерывная вместе со своими $(l - 1)$ -ми производными, у которой производная порядка l постоянна на интервалах между заданными точками—“узлами”², а для оценки краткосрочных движений рынка — уравнение периодических колебаний, которое строится разложением комплексного циклического временного ряда цен на несколько основных синусоидальных

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект 05-02-02180).

¹ Осциллятор рассчитывается как $100 - (100/[1 + RS])$, где $RS = AU(n)/AD(n)$; $AU(n)$ — среднее значение положительных изменений цены за период n ; $AD(n)$ — среднее значение отрицательных изменений цены за период n .

² Здесь $P_l(x)$ — полином степени l , m — число узлов, c_i — коэффициенты. Таким образом, сплайн представим как множество полиномов, гладко “склеенных” в точках, называемых “узлами”. Определяя такую функцию, необходимо задать ее степень и расположение узлов, а после этого методом наименьших квадратов (МНК) вычислить ее коэффициенты.

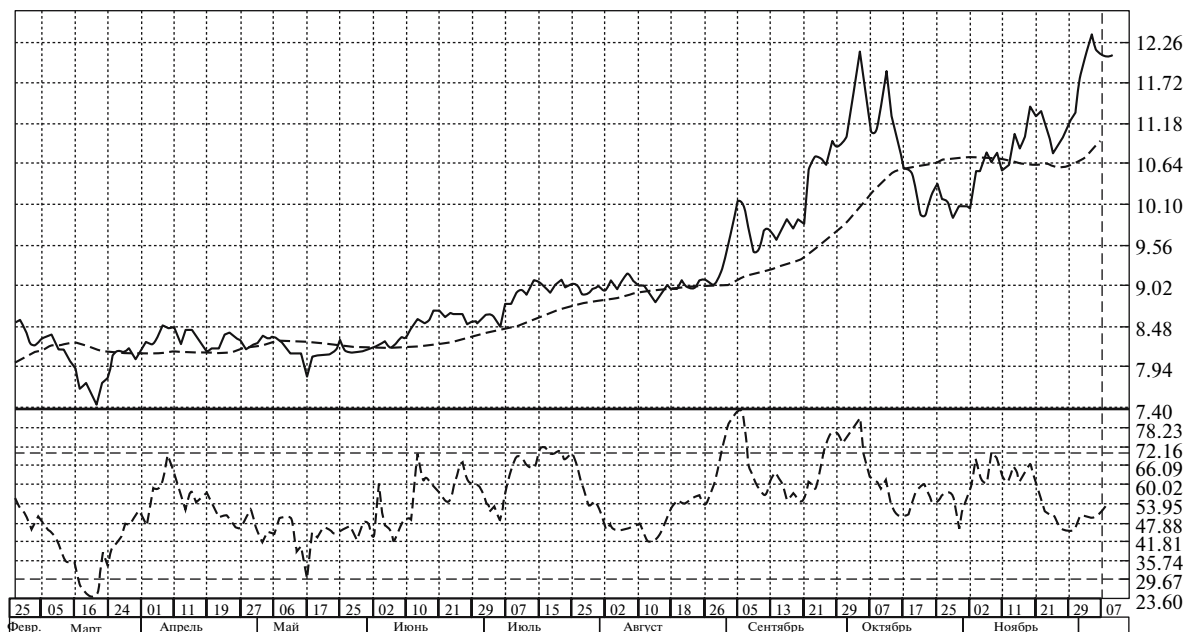


Рис. 1. График цен акций ПАО ЕЭС, скользящего среднего и осциллятора RSI.

функций с определенной длиной волн в форме

$$y_t = a_0 + \sum_{l=1}^q [a_k \cos(\lambda_k t) + b_k \sin(\lambda_k t)]^3. \quad (2)$$

При этом имелись в виду такие достоинства сглаживания ценовой динамики фондового рынка сплайн-функцией относительно осуществления этого посредством традиционно применяемых в его техническом анализе скользящих средних, как вероятно более точное отражение рыночной тенденции и ликвидация отставания на половину периода от ценового ряда. Вместе с тем, наличие достаточно тесной связи в (2) каких-то синусов или косинусов с исходными данными — основа для вывода, что в них на соответствующей частоте существует строгая периодичность, определяемая

$$P_k = (a_k^2 + b_k^2)N/2, \quad (3)$$

где P_k — значения периодограммы на частоте λ_k , N — длина ряда⁴. Учет этой периодичности способен повысить точность представлений о ценовой динамике.

Насколько в действительности эффективны для инвесторов эти нововведения, могли показать лишь их испытания на реальной информации фондового рынка. Такое тестирование проведено нами на почти трехлетних данных статистики торгов акциями на Нью-Йоркской фондовой бирже и на российской ММВБ⁵. В данной статье описывается содержание экспериментов и анализируются полученные результаты.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ НОВЫХ ИНДИКАТОРОВ РЫНКА

Такая система, состоящая из сплайна и периодической функции, представлена на рис. 2. Ее преимущества по сравнению с общепринятыми системами оценивались посредством имитации

³ Здесь λ_k — круговая частота в радианах на единицу времени ($\lambda_k = 2\pi k/q$), a_k и b_k — коэффициенты, при разных частотах вычисляемые МНК с учетом того, что синусы и косинусы разных частот не коррелированы друг с другом.

⁴ Дальнейшее деление ценового ряда на сплайн и вычитание среднего — путь к удалению из ценовой динамики тренда. Затем возможно еще одно сглаживание, чтобы устранить случайные колебания и предотвратить “рассеивание” частот.

⁵ Расчеты выполнялись при помощи программного обеспечения, специально разработанного А.В. Пекарским.

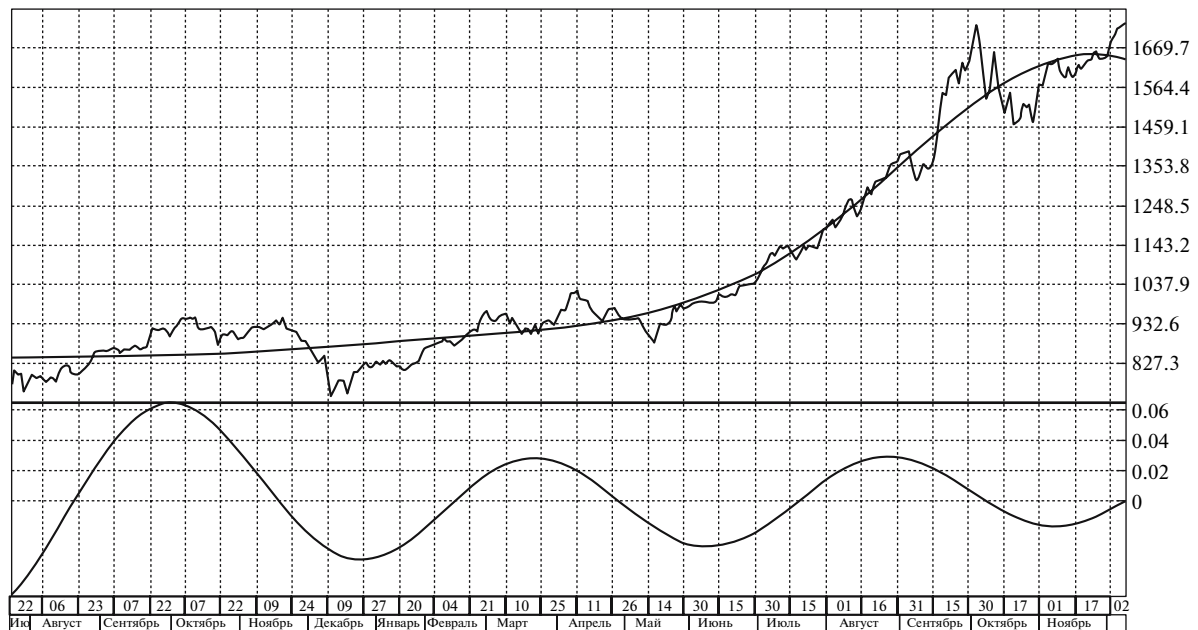


Рис. 2. График цен акций Лукойл, сплайна и волновой функции.

использования соответствующих индикаторов на рынке акций⁶. Для этого подаваемые индикаторами сигналы формализовались и последовательно, период за периодом, отслеживалась ситуация на рынке, причем в случаях поступления от них сигналов на покупку или на продажу те исполнялись, соответственно результатам выполненным операциям корректировался размер капитала инвестора и так до конца исследуемого периода, для которого подсчитывалась общая доходность как процентное отношение разности между конечным и исходным капиталом к начальному. Далее менялись значения параметров индикаторов и расчеты повторялись. Наконец, по самой высокой из доходностей в получившемся наборе определялись наилучшие для данного выпуска акций параметры индикаторов, а средняя таких максимальных доходностей (по всему списку учтенных акций) рассматривалась в качестве оценки эффективности торговой системы.

Первоначально такие имитационные эксперименты проводились на основе исторических данных о котировках акций, обращающихся на Нью-Йоркской фондовой бирже и входящих в выборку фондового индекса Standard&Poor's-100. Чтобы проверить гипотезу о том, что применение для сглаживания ценовой динамики предложенных функций позволит повысить эффективность инвестиционных решений, опробовались следующие методы их принятия⁷:

1) традиционный метод пересечения ценой своего скользящего среднего (позиции открываются в момент и в направлении пересечения, т.е. если в период t средняя меньше цены акции, а в период $(t - 1)$ больше, то открывается длинная позиция, и наоборот);

2) традиционный метод направления скользящего среднего (если среднее растет, т.е. когда его значение в момент t превышает предшествующее, открываются длинные позиции, в противоположной ситуации — короткие);

3) метод направления сплайна (в ситуации превосходства значения сплайна t над $(t - 1)$ — покупки, иначе — продажи);

4) метод 3, но с фильтрацией сигналов сплайна посредством отслеживания пересечения цены со скользящей средней (если в момент t соблюдаются условия применения метода 1 и величина сплайна превосходит его предшествующее значение, то совершаются покупки, а в противном случае — продажи);

⁶ Далее мы остановимся и на методах нейтрализации возможных недостатков этих индикаторов — слишком сильной подгонки к исходным данным при малом количестве последних и высокой чувствительности к параметрам предварительного сглаживания.

⁷ Далее номера торговых систем (методов) соответствуют представленным на рис. 3 и в табл. 1.

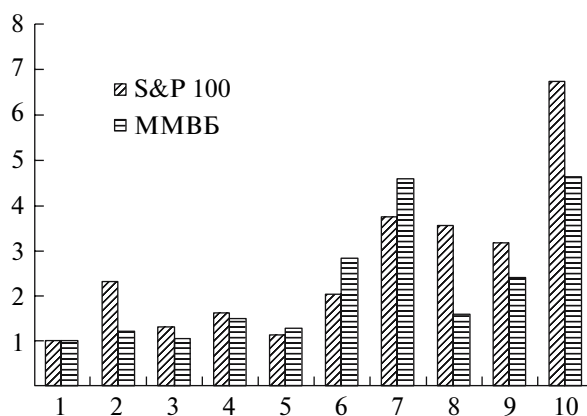


Рис. 3. Соотношения результативности испытанных торговых систем на фондовых рынках России и США.

5) применение осциллятора RMI^8 , для отслеживания контртрендовых движений цены (сигнал на открытие длинной позиции — пересечение этим осциллятором отметки 20 снизу вверх, на открытие короткой — пересечение им отметки 80 сверху вниз);

6) метод 5 при фильтрации сигналов по направлению скользящей средней (покупки, когда RMI пересекает отметку 20 снизу вверх только при условии роста средней в последнем периоде, и продажи в противоположной ситуации);

7) метод 5, но при расчете RMI , пользуясь информацией, получаемой путем вычитания из ценового ряда сплайна и удаления таким образом тренда;

8) торговля на основе системы из двух разнопериодных скользящих средних, характеризующих долго- и краткосрочную тенденции на рынке (открытие позиции в том направлении, в котором средняя с меньшим периодом пересекает другую, т.е. в момент t открывается длинная позиция, если краткосрочная средняя превышает долгосрочную, тогда как прежде было наоборот, и открывается короткая позиция в противном случае);

9) торговля с отслеживанием периодических колебаний волновой функции без вторичного сглаживания бестрендового ряда (сигнал для открытия позиции — направление волны: в случае ее всплеска — покупки, при спаде — продажи);

10) метод 9, но используя волновую функцию, вторично сглаженную посредством сплайна для устранения случайных колебаний и рассеивания частот.

Затем имитационные эксперименты для испытания этих систем были проведены с выпусками наиболее ликвидных российских акций, обращающихся на ММВБ, исходя из данных об их котировках за период от 30 апреля 2002 г. по 8 декабря 2005 г.

Соотношения максимальных доходностей, полученных в этих случаях, представлены на рис. 3. Цифры на горизонтальной оси диаграммы — номера методов принятия инвестиционных решений или торговых систем в порядке их перечисления, а соответствующие каждой системе столбцы показывают, как доходность, полученная при экспериментах, соотносится с доходностью традиционной системы (пересечения цены и скользящего среднего). Вместе с тем, график характеризует изменения, происходящие в результате переноса исследованных методов с американского рынка акций на российский. Как видно, соотношения доходностей разных систем в обоих случаях примерно одинаковы, но на российском рынке ниже доходность систем, использующих скользящие средние, а выше применяющих осцилляторы, особенно те, которые построены по бестрендовому ряду, полученному вычитанием сплайна из кривой цен. Однако применительно к любому из этих рынков наилучшей оказывается система, которая состоит из ценового ряда, дважды сглаженного сплайном, и волновой функции.

Возможный недостаток такой системы — ее подгонка под ретроспективные данные. Влияние этого проверялось определением эффективности системы в среднем по всему множеству возможных значений параметров ее индикаторов, к которой она стремится, если выбор соответствующих значений случаен (т.е. если инвестор, положив ориентиром сделки показания некото-

⁸ RMI отличается от RSI наличием дополнительного параметра, определяющего, за сколько периодов рассчитывать изменения $AU(n)$ и $AD(n)$, причем при равенстве этого параметра единице они эквивалентны.

Таблица 1. Средняя доходность испытанных торговых систем* на российском рынке акций, %

Средняя доходность	Номер системы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
За период тестирования	271.48	320.12	334.33	376.41	76.01	236.05	94.29	231.74	418.09	389.5
За год	43.84	48.83	50.2	54.1	16.95	39.9	20.2	39.4	57.72	55.26

* Для всех параметров индикаторов.

рого индикатора, не оптимизирует его параметры, а устанавливает их случайным образом и проделывает это достаточное число раз, то доходность стремится к средней при всех возможных вариантах этих параметров). Такая эффективность рассчитывалась для десяти рассматриваемых торговых систем как средняя по доходностям при возможных вариантах значений всех параметров используемых индикаторов по каждому выпуску акций, на исторических данных которых оценивалась вся система. При этом системы, построенные с применением сплайнов для рынка США, показали положительную среднюю эффективность. Но у оперирующих волновыми функциями она оказалась отрицательной.

Вероятно, при учете ярко выраженной циклической составляющей ценового ряда в определенных, довольно узких интервалах варьирования расстояния между узлами сплайнов, использованных для предварительного сглаживания, сигналы волновой функции являются надежными. Но при тех значениях параметров, которые не укладываются в эти интервалы, ее сигналы указывают на стабильные убытки. Вместе с тем, на российском рынке все испытанные системы обнаружили положительную среднюю эффективность (табл. 1), более высокую у тех, которые базируются на сочетании сплайнов с волновой функцией. Низкую среднюю доходность систем 5 и 7, основанных на единственном осцилляторе (*RMI*), можно объяснить, во-первых, его отрицательной эффективностью на большинстве параметров кроме узкого интервала их оптимальных значений, во-вторых, контртрендовым характером этого индикатора, применяемого в таких случаях при наличии на рынке тенденции. Фильтрация тренда для такого индикатора (система 7) позволяет несколько повысить надежность его показаний, но лучше использовать его совместно с индикатором следования за трендом (система 6).

Другой способ определения подгонки системы под исторические данные — оптимизация значений параметров индикаторов на том или ином временном интервале и использование результатов в дальнейшем. Испытания такого метода показали, что тогда только применение систем, которые опираются на разработанные нами индикаторы, обеспечивает рост доходности за пределами упомянутого интервала. Однако, имея в виду происходящие время от времени резкие изменения конъюнктуры рынка, все же лучше периодически уточнять значения этих параметров путем их новой оптимизации.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЦЕН АКЦИЙ

Важное достоинство предложенных индикаторов — возможность прогнозировать наиболее вероятную курсовую динамику фондового рынка благодаря их экстраполяции. Традиционные индикаторы не дают этой возможности. Для наилучшей реализации такой возможности нужно сглаживать динамический ряд цен посредством сплайн-функции и спектрального анализа: с помощью сплайна отыскивать текущую тенденцию в исторических данных, а разложением отклонений фактических значений от найденного тренда на ряды Фурье — закономерности ценовых изменений во времени (причем то и другое может совмещаться или использоваться самостоятельно).

Оценивая достоверность получаемых в итоге результатов, следует считаться, прежде всего, со среднеквадратической ошибкой прогноза (*MSE*):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (y_k - d_k)^2, \quad (4)$$

где y_k — прогнозное, а d_k — фактическое значение цены при наблюдении k ; n — число наблюдений. Ее знание позволяет определить, можно ли ориентироваться на спрогнозированные уровни цен. При этом кроме *MSE* нужно принимать во внимание, как она соотносится, во-первых, со

Таблица 2. Набор предикторов для исчисления кубического сплайна с длиной узлов 100 периодов на момент 900-го наблюдения

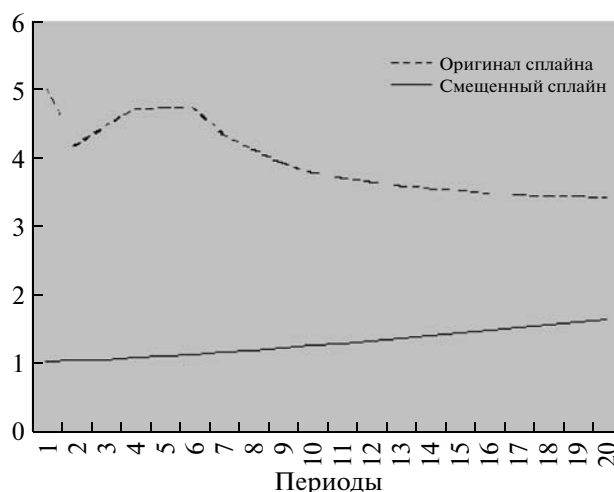
x	x^2	x^3	$(x - u_1)^3$	$(x - u_2)^3$	$(x - u_3)^3$	$(x - u_4)^3$	...	$(x - u_8)^3$
1	1	1	0	0	0	0	...	0
2	4	8	0	0	0	0	...	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...
100	10000	1000000	0	0	0	0	...	0
101	10201	1030301	1	0	0	0	...	0
102	10404	1061208	8	0	0	0	...	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...
200	40000	8000000	1000000	0	0	0	...	0
201	40401	8120601	1030301	1	0	0	...	0
202	40804	8242408	1061208	8	0	0	...	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...
300	90000	27000000	8000000	1000000	0	0	...	0
301	90601	27270901	8120601	1030301	1	0	...	0
302	91204	27543608	8242408	1061208	8	0	...	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...
400	160000	64000000	27000000	8000000	1000000	0	...	0
401	160801	64481201	27270901	8120601	1030301	1	...	0
402	161604	64964808	27543608	8242408	1061208	8	...	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...
500	250000	125000000	64000000	27000000	8000000	1000000	...	0
501	251001	125751501	64481201	27270901	8120601	1030301	...	0
502	252004	126506008	64964808	27543608	8242408	1061208	...	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...
899	808201	726572699	510082399	341532099	214921799	124251499	...	970299
900	810000	729000000	512000000	343000000	216000000	125000000	...	1000000

среднеквадратическим отклонением исходных данных (которое явилось бы ошибкой прогноза, выступай математическое ожидание наблюдений будущим значением курса), а во-вторых — со среднеквадратической ошибкой ряда, получаемого от использования в качестве первого будущего значения цены последнего из ее наблюдаемых значений в предположении нулевой доходности за прошедшее время.

Используя сплайн как инструмент прогнозирования, его нужно сместить так, чтобы последнее значение соответствующей функции совпадало с фактически наблюдаемой ценой (для этого оно умножается на частное от деления на него цены закрытия конечного в действительности или базового периода). Прделаем это со сплайном, построенным по значениям цен закрытия акций РАО ЕЭС за период с 30 апреля 2002 г. по 8 декабря 2005 г. Для расчета кубического сплайна при интервале между узлами, например, 100 периодов составляется таблица предикторов (табл. 2). Они выступают независимыми переменными в уравнении множественной регрессии цены акций. Определив его параметры, получаем следующее численное выражение для сплайна:

$$\begin{aligned}
 S = & 5.867562 - 0.12114x + 0.001577x^2 - 0.000006193740x^3 + 0.000008636702(x - u_1)^3 - \\
 & - 0.000005211649(x - u_2)^3 + 0.000003988558(x - u_3)^3 - 0.000001110213(x - u_4)^3 - \\
 & - 0.000000048820(x - u_5)^3 - 0.000000319231(x - u_6)^3 + 0.000001203734(x - u_7)^3 - \\
 & - 0.000002769884(x - u_8)^3.
 \end{aligned}$$

Тесты на MSE экстраполяции такого оригинального и смещенного относительно него сплайна представлены в табл. 3 и табл. 4. Как видно из них, ни один прогноз по точности не смог пре-

Рис. 4. MSE прогнозов при экстраполяции сплайна.

взойти предположение, что цена в предстоящем периоде будет равна текущей фактической. Кроме того, учитывая нелинейность рассматриваемого сплайна, доверительный интервал прогноза с его помощью также будет шире интервала при прогнозе двумя другими оцененными способами. Поэтому ориентация на абсолютные значения цен, получаемых путем экстраполяции, не принесет эффекта большего, чем ориентация на последнюю из наблюдавшихся цен. Но предположение о нулевой доходности, в отличие от сплайна, не дает информации о вероятной буду-

Таблица 3. Результаты прогноза с помощью оригинального сплайна

Интервалы прогнозного периода	MSE мат. ожидания	MSE последнего известного значения	MSE прогноза	Отношение MSE прогноза к MSE мат. ожидания	Отношение MSE прогноза к MSE последнего зна- чения
1	6.199567	0.038058	0.190287	0.030694	4.99991
2	6.228865	0.078538	0.326714	0.052452	4.159932
3	6.258194	0.113974	0.509307	0.081383	4.468618
4	6.287539	0.154221	0.726071	0.115478	4.708005
5	6.316915	0.192453	0.908199	0.143773	4.719063
6	6.346323	0.23417	1.110839	0.175037	4.743734
7	6.375776	0.275202	1.197513	0.187822	4.351402
8	6.4053	0.310756	1.286289	0.200816	4.139227
9	6.434884	0.350727	1.379524	0.214382	3.933323
10	6.464531	0.38909	1.476792	0.228445	3.795503
11	6.494266	0.424805	1.578942	0.243129	3.716864
12	6.524088	0.459632	1.675853	0.256872	3.646074
13	6.554019	0.494158	1.776555	0.271063	3.595118
14	6.584052	0.527726	1.881004	0.285691	3.564359
15	6.614185	0.564724	1.990656	0.300968	3.525005
16	6.644398	0.604638	2.104524	0.316737	3.480634
17	6.674707	0.644337	2.222784	0.333016	3.449723
18	6.705099	0.681644	2.344864	0.349714	3.440011
19	6.735563	0.721305	2.472635	0.367101	3.428
20	6.766102	0.76103	2.606004	0.385156	3.424312

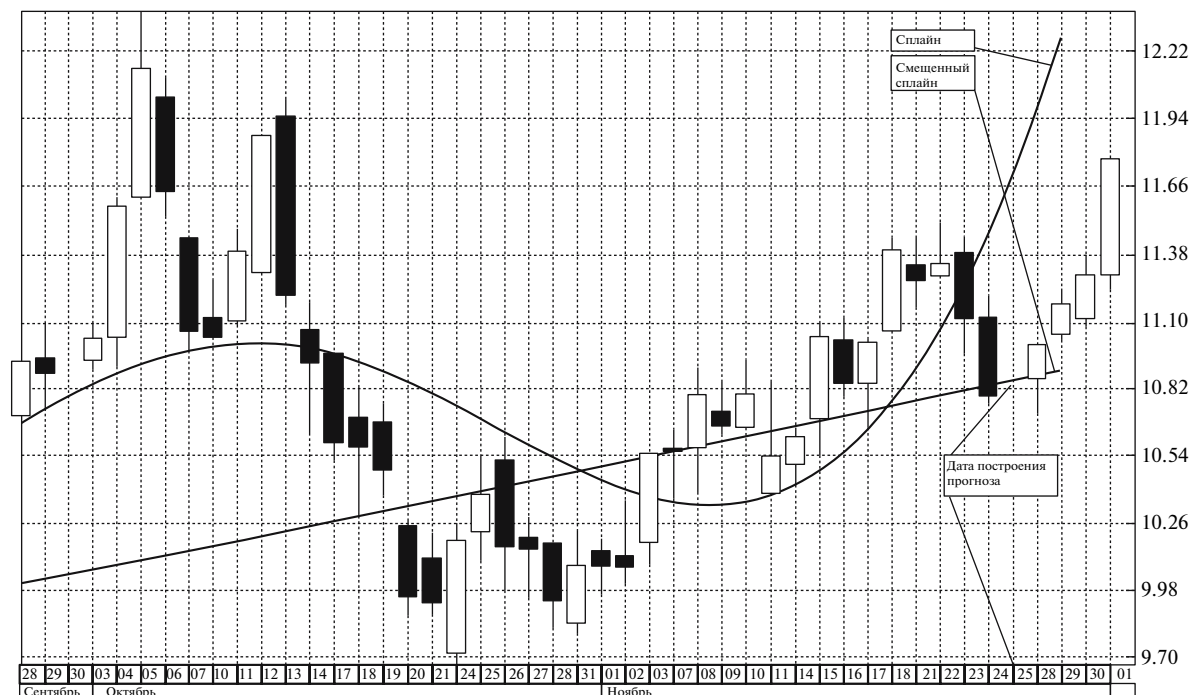


Рис. 5. Прогноз цен акций РАО ЕЭС и их дальнейшая динамика (затененные прямоугольники обозначают дни, в которые цена снизилась, светлые — наоборот).



Рис. 6. Изменение результативности торговых систем от применения экстраполяции используемых в них индикаторов.

щей динамике цены. Как видно из рис. 4, ошибки прогнозов оригинальным сплайном и от последней фактической цены сходятся по мере удаления во времени, а значит можно рассчитывать на однонаправленность динамики сплайна и движения цены акций.

Прогноз на два предстоящих периода обычным сплайном и его смещенным вариантом с межузловыми расстояниями, при которых достигается наименьшая ошибка предвидения, представлен на рис. 5. График свидетельствует о высокой вероятности того, что цена будет двигаться в коридоре между изображенными функциями. Но нужно проверить точность предсказанного направления этого. Отклонения цены от тенденции, определяемой при помощи сплайна, измеримы посредством спектрального анализа. После экстраполяции выявляемую таким образом волновую функцию следует наложить на продленный сплайн. Ошибки прогноза, получаемого в итоге, показаны в табл. 5 и табл. 6. Как видно, в результате такого объединения они получились даже значительнее, чем при использовании лишь сплайна, т.е. улучшить предвидение цен не удалось. Со сдвигом горизонта прогноза соотношение его ошибок в данном случае и при предположении о

Таблица 4. Результаты прогноза смещенным сплайном

Интервалы прогнозного периода	MSE мат. ожидания	MSE последнего известного значения	MSE прогноза	Отношение MSE прогноза к MSE мат. ожидания	Отношение MSE прогноза к MSE последнего значения
1	6.199567	0.038058	0.038814	0.006261	1.019866
2	6.228865	0.078538	0.081762	0.013126	1.041044
3	6.258194	0.113974	0.121337	0.019389	1.0646
4	6.287539	0.154221	0.167289	0.026606	1.084741
5	6.316915	0.192453	0.213662	0.033824	1.110201
6	6.346323	0.23417	0.266071	0.041925	1.136232
7	6.375776	0.275202	0.320251	0.050229	1.163697
8	6.4053	0.310756	0.372291	0.058122	1.198019
9	6.434884	0.350727	0.430176	0.066851	1.226526
10	6.464531	0.38909	0.488715	0.075599	1.256047
11	6.494266	0.424805	0.548063	0.084392	1.290152
12	6.524088	0.459632	0.60984	0.093475	1.326799
13	6.554019	0.494158	0.676503	0.10322	1.369002
14	6.584052	0.527726	0.744786	0.11312	1.411313
15	6.614185	0.564724	0.819725	0.123934	1.45155
16	6.644398	0.604638	0.900811	0.135574	1.489835
17	6.674707	0.644337	0.985047	0.147579	1.528775
18	6.705099	0.681644	1.069005	0.159432	1.568274
19	6.735563	0.721305	1.160258	0.172258	1.608553
20	6.766102	0.76103	1.25596	0.185625	1.650342

Таблица 5. Ошибки прогноза с помощью сплайна и волновой функции

Интервалы прогнозного периода	MSE мат. ожидания	MSE последнего известного значения	MSE прогноза	Отношение MSE прогноза к MSE мат. ожидания	Отношение MSE прогноза к MSE последнего значения
1	6.612838	0.04015	0.235113	0.035554	5.855857
2	6.642818	0.082877	0.367896	0.055382	4.439066
3	6.672801	0.120204	0.523269	0.078418	4.353193
4	6.702769	0.162725	0.671186	0.100136	4.124669
5	6.732725	0.203263	0.855871	0.127121	4.210665
6	6.762667	0.247437	1.001994	0.148165	4.049485
7	6.792602	0.290811	1.157382	0.170389	3.979844
8	6.822547	0.328113	1.32309	0.193929	4.032422
9	6.852493	0.370193	1.450283	0.211643	3.917646
10	6.882452	0.410656	1.562605	0.227042	3.805148
11	6.912434	0.448413	1.681421	0.243246	3.749715
12	6.942435	0.485544	1.806012	0.260141	3.719566
13	6.972447	0.52238	1.934973	0.277517	3.70415
14	7.002469	0.558507	2.066678	0.295136	3.700363
15	7.032493	0.598204	2.204996	0.313544	3.686023
16	7.062502	0.641197	2.349266	0.332639	3.663875
17	7.092497	0.684117	2.490838	0.351193	3.640951
18	7.122482	0.724176	2.626777	0.368801	3.627261
19	7.152451	0.766705	2.765112	0.386596	3.606486
20	7.182407	0.809551	2.905938	0.404591	3.589566

Таблица 6. Ошибки прогноза с помощью сплайна и волновой функции (смещенный вариант)

Интервалы прогнозного периода	MSE мат. ожидания	MSE последнего известного значения	MSE прогноза	Отношение MSE прогноза к MSE мат. ожидания	Отношение MSE прогноза к MSE последнего зна- чения
1	6.199567	0.038058	0.039004	0.006291	1.024848
2	6.228865	0.078538	0.082665	0.013271	1.052547
3	6.258194	0.113974	0.123527	0.019739	1.083819
4	6.287539	0.154221	0.171647	0.0273	1.113
5	6.316915	0.192453	0.22011	0.034845	1.143706
6	6.346323	0.23417	0.274654	0.043278	1.172884
7	6.375776	0.275202	0.331546	0.052001	1.204738
8	6.4053	0.310756	0.386791	0.060386	1.244679
9	6.434884	0.350727	0.450144	0.069954	1.283459
10	6.464531	0.38909	0.516493	0.079896	1.327438
11	6.494266	0.424805	0.585047	0.090087	1.377212
12	6.524088	0.459632	0.657249	0.100742	1.429945
13	6.554019	0.494158	0.733632	0.111936	1.48461
14	6.584052	0.527726	0.812254	0.123367	1.539159
15	6.614185	0.564724	0.898861	0.135899	1.591681
16	6.644398	0.604638	0.993027	0.149453	1.642349
17	6.674707	0.644337	1.087926	0.162992	1.688442
18	6.705099	0.681644	1.180551	0.176068	1.731917
19	6.735563	0.721305	1.276745	0.189553	1.770047
20	6.766102	0.76103	1.376804	0.203486	1.809132

Таблица 7. Эффективность торговых систем со сплайном, %*

Эмитент	Максимальная доходность по всем вариантам параметров индикатора			
	без экстраполяции аналитической функции		при экстраполяции аналитической функции	
	за весь период тестирования	среднегодовая	за весь период тестирования	среднегодовая
Аэрофлот	1563.5695	117.8906	1608.9074	119.5196
Дальэнерго	1925.6743	130.1074	3217.6038	163.8038
Иркэнерго	771.4942	82.1634	790.9805	83.2827
Лукойл	903.5297	89.4228	949.0007	91.7624
Мосэнерго	2351.5013	142.5963	2585.8318	148.8094
ПУРНФГЗ	5700.9051	207.9661	8130.6691	239.3059
РАО ЕЭС	1272.5978	106.5898	1558.9711	117.7236
Сбербанк	1128.1454	100.3232	914.6504	90.0019
СУРНФГЗ	197.5566	35.2642	471.5884	62.0759
ТАТНФТЗАО	996.7287	94.1405	684.9814	76.9634

* Для справки: за 2006 г. средняя доходность по индексу РТС согласно разным источникам составила от 60 до 70%, стоимость пая фонда "АГАН – Экстрим" выросла на 86.74%, фонда "КИТ – Российская электроэнергетика" на 84.23%, а по "УНИВЕР – фонду акций" на 84% (см. <http://consult-invest.ru/news.php?id=2951>).

Таблица 8. Эффективность применения волновой функции**, %

Эмитент	Максимальная доходность по всем вариантам параметров индикатора			
	без экстраполяции аналитической функции		при экстраполяции аналитической функции	
	за весь период тестирования	среднегодовая	за весь период тестирования	среднегодовая
Аэрофлот	2238.0466	139.4328	4517.5206	189.1047
Дальэнерго	1835.9486	127.2376	17690.9028	320.0718
Иркэнерго	967.4469	92.6906	6325.3295	216.8123
Лукойл	1682.8516	122.1106	2445.6501	145.1421
Мосэнерго	1407.2368	112.0147	11 575.2751	273.8094
ПУРНФГЗ	9528.969	254.3791	25025.5893	362.2236
РАО ЕЭС	2796.2291	154.0621	4650.9832	191.3956
Сбербанк	1585.0414	118.666	4877.494	195.1794
СУРГНФГЗ	2661.2563	150.7255	4886.4675	195.3267
ТАТНФТЗАО	2962.4399	158.0198	5151.4105	199.5924

** Эти результаты получены при построении волны по остаткам от деления цены на сплайн (без повторного сглаживания для устранения случайных колебаний и рассеивания частот).

Таблица 9. Эффективность применения дважды предварительно сглаженной волновой функции, %

Эмитент	Максимальная доходность по всем вариантам параметров индикатора			
	без экстраполяции аналитической функции		при экстраполяции аналитической функции	
	за весь период тестирования	среднегодовая	за весь период тестирования	среднегодовая
Аэрофлот	2941.4726	157.5293	2403.5223	144.0115
Дальэнерго	1648.8488	120.929	23 553.9548	354.5598
Иркэнерго	3438.4666	168.5559	4069.9138	181.0533
Лукойл	940.7646	91.3441	1229.4859	104.7716
ПУРНФГЗ	20 589.4785	338.0078	27 384.1638	373.8557
РАО ЕЭС	3350.6534	166.6929	3066.7613	160.4251

нулевым изменении эффективности обретает динамику, похожую на ту, которая свойственна этому соотношению в ситуации со сплайном: в несмещенном варианте оно уменьшается по мере роста дальности прогноза.

Можно надеяться, что экстраполяция сглаживающих функций, предсказывая будущее направление движения цены, позволит определять моменты изменения его тенденции раньше непродленной функции. Проверка этого потребовала провести эксперименты, подобные описанным, и сопоставить результаты. В табл. 7 представлены итоги такой имитации. Как видно, продление индикатора, увеличивая его информативность, действительно обеспечивает рост доходности операций купли-продажи акций в моменты упомянутых изменений. Приблизительно такого же увеличения доходности удастся добиться при экстраполяции и сплайна, и волновой функции, совмещаемых в торговой системе. Но еще благотворнее в отношении доходности оказывается отказ от этого с продлением только волновой функции и ориентацией при оценке ценовых колебаний лишь на фазу волны (см. табл. 8).

Наилучшие результаты среди рассмотренных торговых систем показала использующая волновую функцию, которая дважды предварительно сглажена сплайном. При экстраполяции этого индикатора эффективность его применения растет (табл. 9). Диаграмма этого по средним доходностям, полученным от всех протестированных акций, представлена на рис. 6. Экстраполяция

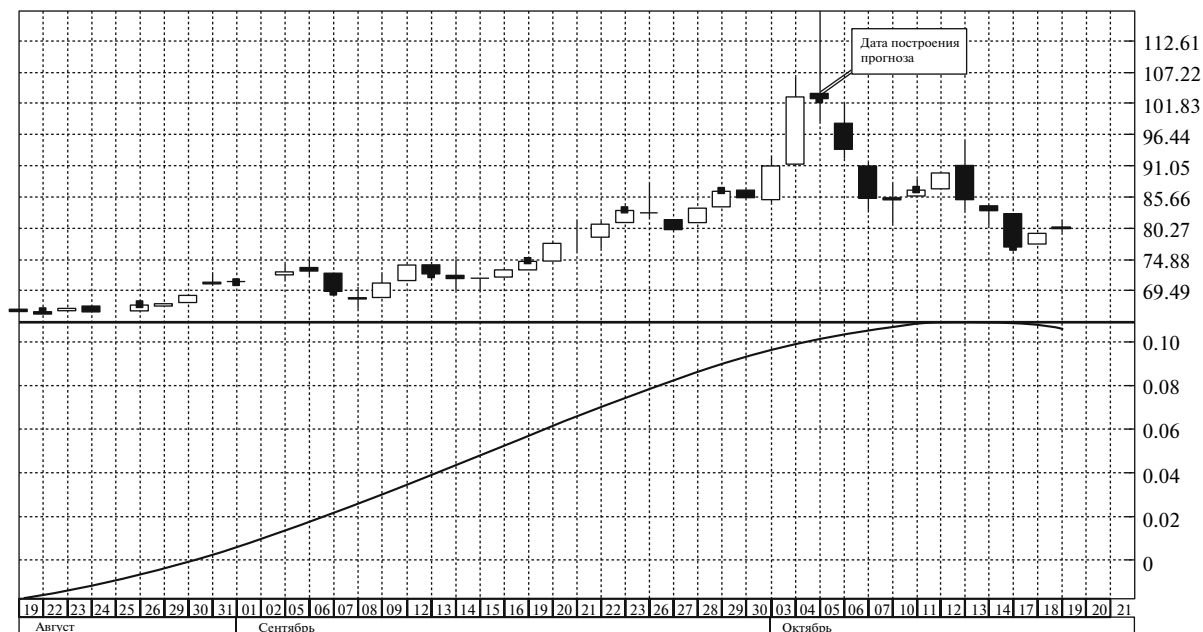


Рис. 7. Прогноз динамики цен акций Дальэнерго экстраполяцией волновой функции (где затененные прямоугольники обозначают дни, в которые цена снизилась, светлые — наоборот).

сплайна повысила эффективность в 1.24 раза, простой волны — в 3.15, а построенной на основе дважды сглаженных остатков в 1.9 раза.

Таким образом, экстраполяция функций сплайна и волны дает возможность раньше предвидеть изменения конъюнктуры рынка. Это продемонстрировано на рис. 7. Конфигурация волновой функции на нем была определена в момент построения прогноза и указывала на вероятное падение цены в будущем. Это и произошло. А получение более своевременных сигналов о вероятных переломах ценовых тенденций позволяет существенно повысить отдачу от применения предложенных торговых систем, предполагающих совместное использование рассмотренных сглаживающих функций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Завельский М.Г., Пекарский А.В. (2004): Оптимизация торговой системы для деятельности на фондовом рынке // *Системные исследования* 2002. М.: Эдиториал УРСС.
- Швагер Дж. (2001): *Технический анализ*. М.: Альпина Паблишер.

Поступила в редакцию
17.05.2007 г.

Methods to Improve Efficiency of Investment Decisions at the Stock Market

M. G. Zavelsky, A. V. Pekarsky

The authors analyze the results of testing their new indicators of the stock exchange market. They use the real market information (of the USA and Russia markets). These indicators will help to take better investment decisions.