

# Эффективность парного статистического арбитража на российском фондовом рынке

В статье рассматривается рыночно нейтральная стратегия парного статистического арбитража. Данная торговая стратегия относительно нова для российского фондового рынка, но широко распространена среди западных инвесторов. В статье раскрывается суть парного статистического арбитража и оценивается эффективность этого метода на основе разработанной авторами модели.

**В. С. ЛИПАТНИКОВ**, кандидат экономических наук, доцент департамента финансов, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (Санкт-Петербургский филиал)

**С. Г. ЛОМДЖАРИЯ**, студент 3-го курса бакалаврской программы «Прикладная математика и информатика», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

**П. А. МАЗУРОВСКИЙ**, студент 4-го курса бакалаврской программы «Экономики» НИИ «Высшая школа экономики» (Санкт-Петербургский филиал)

**Т. С. МАРКОВА**, студентка 4-го курса бакалаврской программы «Экономики» НИИ «ВШЭ» (Санкт-Петербургский филиал)

**А**рбитражные сделки – это сделки на бирже, основанные на разнице цен одинаковых активов на разных рынках и биржах. В основе данного метода лежит предпосылка о неэффективности рынка – вычисляя эти самые неэффективности, можно извлекать дополнительную прибыль. Также есть возможность извлечь прибыль путем задержки информации, которая не всегда распространяется равномерно по мировому рынку. Метод является набором рыночно нейтральных стратегий, что подразумевает практически безрисковые операции.

Арбитражные сделки в большинстве своем стали популярны с развитием компьютерных технологий, в том числе Интернета.

Как только благодаря формированию единого информационного пространства появилась возможность связать мировые биржи и торговать вне зависимости от местоположения брокера, многие компании стали извлекать сверхприбыли, используя арбитражные стратегии.

Исследуемый в статье метод – парный статистический арбитраж – является высокорисковым, поскольку подразумевает использование различных активов и, более того, различных эмитентов. Данный метод предполагает использование активов, имеющих долгосрочную статистическую взаимосвязь. Он был разработан в инвестиционном отделе банка Morgan Stanley еще в 1985 г. и показал

высокую эффективность в первые несколько лет его имплементации, что объясняется небольшим числом трейдеров, которые работали со статистическими расхождениями и неэффективностями рынка.

Метод заключается в одновременном открытии коротких и длинных позиций на взаимосвязанные активы. Таким образом, при увеличении расхождения цен (спреда) выше средне-статистического открываются позиции на сближение цен на активы или на «схлопывание» спреда между активами к статистическому среднему. Для определения взаимосвязанности цен активов могут использоваться корреляция, коинтеграция или нелинейные методы.

Ниже проверена эффективность метода парного статистического арбитража на российском фондовом рынке. Высокая эффективность парного статистического арбитража была неоднократно доказана на развитых фондовых рынках на начальных этапах его применения (1985–1998 гг.). Однако возросшее число игроков, использующих рыночно нейтральные стратегии, значительно снизило прибыльность данного метода. Реалии российского рынка довольно неоднозначны: фондовый рынок находится в стадии развития, что может оказаться как преимуществом, так и недостатком при имплементации статистического арбитража.

С одной стороны, российский фондовый рынок характеризуется очень малым количеством хедж-фондов и инвесторов, использующих арбитражные стратегии. Однако, с другой стороны, сам рынок сильно волатилен, и вполне возможно, что торгуемые активы не обладают достаточной ликвидностью для парного трейдинга.

### Парный статистический арбитраж на западном фондовом рынке

Одно из самых ранних научных исследований парного трейдинга, заложившее основу для большей части последующих работ, опубликовано И. Гатевым, В. Гойтцманом и К. Рувенхорстом [1]. Авторы предложили использовать дистанционный подход и дальнейший бэк-тестинг, активно применяемый при парном трейдинге. Ключевой особенностью авторского подхода является метод определения торговых пар. Пары активов выявляются путем вычисле-

ния суммы квадратов разностей между нормализованными ценами акций за некоторый период времени. Затем пары ранжируются в порядке убывания, исходя из суммы квадратов разностей. Наибольшим потенциалом для использования в данной стратегии будут обладать акции с наименьшими разностями, т. е. со схожим историческим поведением цен.

Иной подход к определению торговых пар, основанный на коинтеграции активов, предлагает Г. Видьямурти [2]. Формальное определение коинтеграции, разработанное еще в 1987 г., состоит в следующем. Нестационарный временной ряд, преобразованный в стационарный после  $n$ -кратного дифференцирования, будет называться интегрированным порядком  $n$  и обозначаться  $I(n)$ . Два интегрированных временных ряда  $x$  и  $y$  коинтегрированы, если существует линейная стационарная комбинация данных рядов  $z$ . То есть существует такое  $a$ , что  $z = x - ay \sim I(0)$ . Спред коинтегрированных активов остается неизменным в течение времени, что делает такую торговую пару подходящей для трейдинга.

Дж. Эллиот, Дж. Хук и В. Малком предложили моделировать спред акций как случайную величину с определенными статистическими свойствами [3]. В частности, они предположили, что спред описывается процессом Орнштейна – Уленбека. Такой подход позволяет прогнозировать время сходимости и вероятности дальнейшего расхождения цен на активы.

Значительное количество эмпирических исследований посвящено эффективности статистического арбитража. Так, Б. Ду

и Р. Фафф анализируют данные фондового рынка США за 2003–2008 гг. [4], С. Хоел, используя коинтеграционный подход, показывает эффективность стратегии статистического арбитража за период с 2003-го по 2013 г. на фондовом рынке Норвегии [5], а Г. Мяо на основании высокочастотных данных фондового рынка США утверждает, что стратегия статистического арбитража в течение 2012-го и 2013 г. была чрезвычайно прибыльной [6]. Исследовалась эффективность парного трейдинга и на азиатских рынках (Гонконг, Индия, Индонезия, Израиль, Япония, Корея, Тайвань, Таиланд, Филиппины) за период с 1991-го по 2000 г., и метод также показал свою эффективность [7].

Таким образом, можно утверждать, что статистический арбитраж является эффективным методом моделирования динамики цен финансовых активов, и потому исследование применимости данной стратегии на российском фондовом рынке востребовано и актуально.

### Площадка и данные

Для тестирования описанной ниже модели статистического арбитража была выбрана торговая площадка на российском фондовом рынке FORTS. Фьючерсный рынок более привлекателен низкими комиссиями и теоретически обладает более высокой ликвидностью, что и требуется для эффективного использования данного метода. Эффективность использования метода парного статистического арбитража проверялась на таймфрейме в 1 час, что позволило на первых этапах создать устойчивую модель с

**Abstract.** In this article the market-neutral strategy of paired statistical arbitrage is considered. This trading strategy is relatively new for the Russian stock market, but is widespread among western investors. The essence of paired statistical arbitration is revealed and the effectiveness of this method is estimated on the basis of the model developed by the authors.

**Keywords.** Algorithmic trade, statistical arbitrage, stock market, cointegration, pairs trading.

**Ключевые слова.** Алгоритмическая торговля, арбитражные стратегии, фондовый рынок, коинтеграция, парный арбитраж.

более значительными отклонениями, чем при высокочастотном трейдинге.

Для построения модели были выявлены две пары фьючерсных контрактов. Первая пара активов относится к сталелитейной и горнодобывающей промышленности: компания «Северсталь» и горно-металлургической компания «Норильский никель» со схожим историческим поведением цен. Для второй пары были выбраны фьючерсные контракты нефтяной компании «Татнефть» и оператора магистральных нефтепроводов «Транснефть». Обе пары торгуются на фондовых площадках FORTS и RTS и характеризуются высокой корреляцией (около 85%). Выборка представляет собой среднечастотные внутрисуточные данные за период с января 2014-го по март 2017 г.

С учетом специфики отраслей, к которым принадлежат данные финансовые инструменты, прослеживается взаимосвязь цен на фьючерсные контракты компаний при различных колебаниях рынка, а также при экономических потрясениях, которые сильно влияют на цены активов. Выбор фьючерсных контрактов обусловлен высокой ликвидностью данного финансового инструмента и низкими транзакционными издержками. Ликвидность финансовых инструментов, выбранных для торговли, является критическим фактором при тестировании любой стратегии, предполагающей короткие продажи.

Гипотеза о стационарности выбранных данных проверяется с помощью коинтеграционного подхода. Рассчитывается уравнение регрессионной зависимости логарифмированной цены финансовых инструментов компании «Норильский никель» от логарифмированной цены финансовых инструментов компании «Северсталь»:

$$\ln(P_{НК}) = \mu + \ln(P_S) + \varepsilon_t,$$

где  $\ln(P_{НК})$  – логарифмированная цена фьючерсного контракта



компании «Норильский никель»;  $\ln(P_S)$  – логарифмированная цена фьючерсного контракта компании «Северсталь»;  $\mu$  – свободный член;  $\varepsilon_t$  – регрессионные остатки.

Далее остатки регрессии тестируются на стационарность (рис. 1). Такая же процедура проводится со второй парой активов.

Анализ данных показал, что абсолютные значения спреда между ценами на фьючерсные контракты компаний относительно стабильны в течение значительных периодов, не наблюдаются резкие структурные флуктуации – это означает, что данные активы коинтегрированы. В долгосрочной перспективе спред асимптотически стремится к постоянному уровню. Однако в выбранном таймфрейме присутствуют некоторые экстремальные значения, в связи с чем абсолютные значения цен были преобразованы в темпы роста.

### Разработанная модель

Разработанная модель основана на темпах роста разностей активов:

$$ind = \frac{P1_t}{P1_{t-1}} - \frac{P2_t}{P2_{t-1}},$$

где  $ind$  – индикатор, определяющий разность темпов роста активов за последний час;  $P1_t$  – цена актива на текущий час;  $P1_{t-1}$  – цена актива за предшествующий

час. Аналогично – для второго актива пары.

Таким образом, индикатор показывает, насколько цена первого актива растет или падает относительно цены второго, т. е. оценивает спред между активами на текущий момент. Среднее значение индикатора колеблется около 0, сильные отклонения в положительную или отрицательную сторону показывают, что первый актив растет в цене быстрее или медленнее второго соответственно. Данные отклонения и являются сигналами для открытия позиций.

Для оценки эффективности метода статистического арбитража с помощью бэк-тестинга была разработана программа на языке C# (си-шарп). С помощью данной программы автоматически вычисляются нижеописанные настраиваемые параметры, основанные на принципе максимизации выручки от торгов.

Настраиваемые параметры:

- количество периодов, предшествующих текущему, на основе которого высчитываются нижние и верхние значения индикатора для открытия позиций;

- максимальное значение спреда между активами – при пересечении индикатором значительного спреда происходит открытие короткой и длинной позиции.

Таблица 1

**Показатели тестирования торговой модели на паре активов ОАО «ГМК «Норильский никель» и ПАО «Северсталь»**

Результаты бэк-тестинга пары ОАО «ГМК «Норильский никель» и ПАО «Северсталь»	
Процент прибыльных сделок, %	70,42
Количество сделок	2 955
Общая прибыль, руб.	430 717
Прибыльность, годовых % (от полной стоимости пары активов)	96,60

Как видим, данные параметры взаимозависимы, и правильное определение их значений служит залогом эффективности модели.

Отличительная особенность предлагаемой модели заключается в отсутствии постоптимизационного периода, поскольку каждый новый час является таковым. В модели используется следующий принцип: на основе предшествующего, определенного программой количества периодов вычисляется оптимальный коридор спреда. При выходе индикатора за границы этого коридора осуществляется открытие позиций. При переходе на следующий период оптимальное значение спреда пересчитывается с учетом нового индикатора текущего периода, а последний убирается из расчетов. Следовательно, оптимизируя модель и настраиваемые параметры, мы не затрачиваем время на оценку модели на внеоптимизационном периоде.

Механика работы модели:

- каждый час пересчитывается максимальное значение спреда, который можно представить в виде коридора (-S; S) с одинаковыми отклонениями от среднего; когда индикатор находится в этом коридоре, торговля активами не происходит;

- при пересечении коридора индикатором происходит открытие коротких и длинных пози-

ций:  $ind > S$  – по первому активу открывается короткая позиция, а по второму длинная;  $ind < -S$  – по первому активу открывается длинная, а по второму короткая позиция;

- при возвращении индикатора в последующих периодах к среднему значению спреда позиции закрываются.

**Проверка эффективности метода статистического арбитража и модели на рынке FORTS**

Первой проверяемой парой были активы ОАО «ГМК «Норильский никель» (фьючерсы SPFB GMKR) и ПАО «Северсталь» (фьючерсы SPFB CHMF).

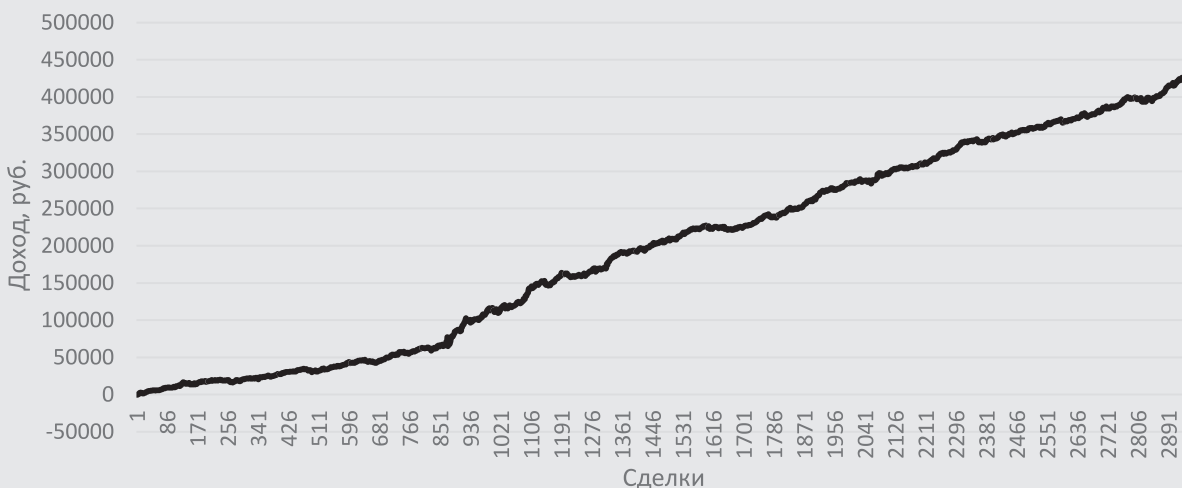
Средняя стоимость пары фьючерсных контрактов составила около 137 260 руб., при этом средняя прибыль на сделку составляет 146 руб., т. е. около 0,11% от стоимости пары, что является достаточно высоким результатом

для данного метода и выбранного часового таймфрейма. Как можно увидеть из графика изменения накопительного дохода (рис. 2), экономические и политические потрясения в мире за последние два года, а также наложение санкций и ослабление курса рубля не повлияли на эффективность метода статистического арбитража и на разработанную модель в частности. В данном случае вполне оправданна классификация метода как рыночно нейтральной стратегии.

Похожие по прибыльности и рискам результаты получились при проверке с помощью бэк-тестинга (табл. 2) второй пары активов ПАО «Татнефть» (фьючерсы SPFB TATN) и ПАО «Транснефть» (фьючерсы SPFB TRNF).

При средней стоимости пары в 286 902 руб. (при условии, что в каждой сделке приобретаются 5 фьючерсов «Татнефти» и 1 фью-

**Рис. 2. Накопительный доход первой пары активов ОАО «ГМК «Норильский никель» и ПАО «Северсталь» (GMKR-CHMF)**



Источник: FORTS.

черс «Транснефти», из-за их разности в ценах) средняя прибыль на сделку составила 368 руб. (0,13% от стоимости пары). Несмотря на то что на рынке была чуть большая нестабильность, годовая прибыльность данных активов выше на 10% (рис. 3). Повышение эффективности зависит от коинтеграции, которая у данной пары активов выше.

**Тестирование торговой модели на паре активов ПАО «Татнефть» и ПАО «Транснефть»**

Результаты бэк-тестинга пары ПАО «Татнефть» и ПАО «Транснефть»	
Процент прибыльных сделок, %	71,58
Количество сделок	2709
Общая прибыль, руб.	997 877
Прибыльность, годовых % (от полной стоимости пары активов)	107,00



**ВЫВОДЫ**

Исследование показало применимость стратегий парного статистического арбитража на развивающемся и довольно волатильном российском фондовом рынке. При использовании разработанной модели обе пары выбранных активов показали стабильное увеличение доходов с явным положительным трендом. Модель

оказалась нечувствительной к внешнеэкономическим факторам, о чем говорит стабильное повышение прибыли во времени, без сильных потерь даже в кризисное время. Для широкого применения данного метода на российском фондовом рынке требуется повышение ликвидности торгуемых активов, чего явно недостаточно в настоящее время.

В дальнейшем модель будет протестирована на демосчете, что позволит оценить все виды издержек при реальных торгах. Также будет разработана нейронная сеть Кохонена для поиска нелинейных взаимосвязей торгуемых активов, что поможет найти новые потенциально более эффективные пары для торговли методом парного статистического арбитража.

**Список литературы**

1. Gatev E., Goetzmann W. M., Rouwenhorst K. G. Pairs Trading: performance of a Relative Value Arbitrage Rule // The Review of Financial Studies 19, 2006. No. 3, p. 797–827.
2. Vidyamurthy G. Pairs Trading: Quantitative Methods and Analysis. – New Jersey: John Wiley & Sons, 2004. Vol. 10, No. 5, p. 10–35.
3. Elliot J. R., Hoek J., Malcolm W. P. Pairs Trading. – Quantitative Finance. 2005. No. 3, p. 271–276.
4. Do B., Faff R. Does Simple Pairs Trading Still Work? // Financial Analyst Journal. 2010. No. 4, p. 83–95.
5. Hoel C. H. Statistical Arbitrage Pairs: Can Cointegration Capture Market Neutral Profits? (Master's thesis). – Bergen: Norwegian School of Economics. 2013.
6. Miao G. J. High Frequency and Dynamic Pairs Trading Based on Statistical Arbitrage Using a Two-Stage Correlation and Cointegration Approach // International Journal of Economics and Finance. 2014. Vol. 6. No. 3, p. 96–110.
7. Володин С. Н., Коченков И. А. Статистический арбитраж на российском фондовом рынке // Аудит и финансовый анализ. 2013. № 6. С. 237–244.