

---

---

**МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ  
ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

---

---

**Опционное хеджирование фондовых индексов:  
преимущества сигналов фундаментального и технического анализов**

© 2021 г. Т.В. Теплова, Т.В. Соколова, Д.И. Лопушанский

**Т.В. Теплова,**

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва;  
e-mail: tteplova@hse.ru*

**Т.В. Соколова,**

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва;  
e-mail: tv.sokolova@hse.ru*

**Д.И. Лопушанский,**

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва;  
e-mail: dilopushanskiy@edu.hse.ru*

Поступила в редакцию 03.06.2020

*Статья подготовлена в ходе исследования в рамках Программы фундаментальных исследований Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ).*

**Аннотация.** Работа посвящена выявлению страновых особенностей в хеджирующих стратегиях для фондовых индексов. Предложена авторская методика оптимизации параметров хеджирования (точек входа и выхода, тип опционной стратегии) на базе синтеза показателей технического (ТА) и фундаментального анализов (ФА). Страновые различия продемонстрированы для 20 фондовых индексов на периоде с 1980 по 2020 г. Методология исследования — оптимизация параметров хеджирующих стратегий по каждой стране на обучающей выборке с последующей проверкой на тестовой выборке. Максимизируется коэффициент Шарпа (КШ). Оригинальность работы состоит в модельных построениях для отсутствующих рядов данных (фьючерсов на индекс и опционов пут) и тестировании как на исторических, так и симулированных данных при двух различных предположениях о поведении цены базового актива — модели случайного блуждания и марковских переключений режимов волатильности. По каждому страновому индексу перебирается свыше 18 000 комбинаций параметров. Исследование показало, что именно сочетание ФА и ТА дает лучший результат хеджирования опционами. Выявлены страновые особенности в предпочтении показателей ФА и ТА, а также в использовании опционных стратегий. Гипотеза случайного блуждания получила дополнительную поддержку для рынка США. В ситуации коронакризиса предлагаемая методика позволяет эффективно захеджировать риски просадки.

**Ключевые слова:** хеджирование; фундаментальный анализ; технический анализ; фондовые индексы; выбор времени хеджирования; опционные стратегии; развитые рынки; развивающиеся рынки капитала.

**Классификация JEL:** G11, G17.

**DOI:** 10.31857/S042473880014919-9

## 1. ВВЕДЕНИЕ, ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ И ГИПОТЕЗЫ

События февраля–марта 2020 г. на фондовом рынке показали, что даже при сверхмягкой денежной политике, которая должна обеспечивать рост цен различных классов активов, наблюдались глубокие, хотя и краткосрочные, падения цен. Спустя более 10 лет практически непрерывного роста на рынках акций снижение индекса S&P 500 составило более 30% за очень короткий период (менее половины месяца). Страновые индексы развивающихся стран демонстрировали еще более глубокие просадки. Вопросы хеджирования на рынке акций остаются актуальными.

Цель нашей работы — предложить частному страновому инвестору методику применения стратегии хеджирования на синтезе сигналов фундаментального анализа (ФА) и технического анализа (ТА). Базовые предположения: частный инвестор снижает риск путем диверсификации через инвестирование в фондовый индекс и хеджирует снижения цены индекса покупкой пут

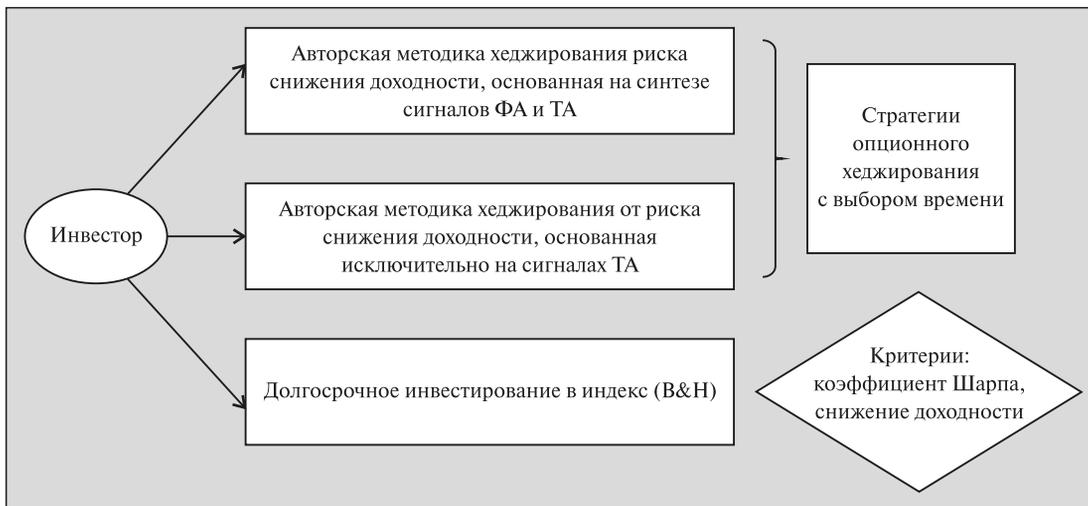


Рис. 1. Стратегии выбора времени для опционного хеджирования в сопоставлении с V&H

опциона или применением более сложных опционных стратегий. Для удешевления инвестор покупает фьючерс на индекс<sup>1</sup> и сопровождает хеджирование выбором времени открытия и закрытия позиций — авторская методика позволяет получить для каждого странового индекса точки входа и выхода по сигналам на синтезе ТА и ФА. В предыдущих исследованиях применялись либо методы ТА (Park, Irwin, 2007; Pistole, Metghalchi, 2010; Smith et al., 2016), либо ФА (Goodman, Neamtiu, Zhang, 2018) по отдельности.

Мы эмпирически тестируем гипотезу о том, что авторские стратегии опционного хеджирования с выбором времени для совершения сделок превосходят стратегию «купи и держи» (V&H, buy and hold) по критерию «риск—доходность».

Методология нашего исследования заключается в следующем: для каждого рынка (фондового индекса) мы сопоставляем инвестиционные стратегии через перебор их параметров на обучающей выборке. С максимизацией коэффициента Шарпа (КШ) варьируют параметры: 1) сигналы показателей ФА, 2) периоды скользящих средних по показателям ТА, 3) типы опционных стратегий. Достоинством нашей работы является перебор значительного числа стратегий: для каждого индекса проведен расчет по 18 352 комбинациям параметров. Для доказательства преимуществ оптимизационной стратегии мы сопоставляем ее со стратегией долгосрочного инвестирования «купи и держи» (V&H, рис. 1).

Так как параметры инвестиционной стратегии оптимизируются для каждого рынка на обучающей выборке (по историческим данным), то проверкой является оценка по каждому страновому индексу двух характеристик оптимальной стратегии на тестовой выборке: КШ и снижения доходности (см. рис. 1). В рамках проверки устойчивости полученных результатов мы также проводим имитационное моделирование динамики индекса, тестируя стратегию с оптимальными параметрами на симулированных данных.

Так как инвестор не имеет возможности купить непосредственно страновой индекс, то для имитации инвестирования мы рассматриваем покупку фьючерса на индекс. Так как не для всех рынков имеются длинные исторические ряды фьючерсов и опционных контрактов, мы моделируем эти ряды цен.

В большинстве предыдущих работ для обоснования выгод хеджирующих стратегий авторы концентрировались на развитых рынках (Koullis, Kaimakamis, Veneki, 2018). В нашей работе методика хеджирования тестируется на рынках 20 стран, 10 из которых являются развивающимися. Период исследования — с 1980 по 2018 г. и квартал I 2020 г.

Мы приходим к выводу, что предложенная авторская методика оптимизации параметров стратегии опционного хеджирования, основанная на синтезе ФА и ТА, позволяет получить

<sup>1</sup> На российском рынке управляющие активами (например, ИК «Алго Капитал») также применяют стратегии с покупкой фьючерсов на индексы и акции.

стратегию инвестирования, которая минимизирует просадки и превосходит стратегию V&N для всех рынков (индексов). На тестовой выборке разработанная нами стратегия превосходит V&N для большей части развитых и всех развивающихся рынков.

Проверка устойчивости оптимизированных параметров стратегии через имитационное моделирование показала, что при подчинении поведения логарифмов значений индексов случайному блужданию результат инвестирования не ухудшается (ни по КШ, ни по падению доходности). Вероятностное распределение КШ на данных по имитационной модели переключения режимов более близко к значениям по историческим данным.

Для всех рынков временной период тестовой выборки был закончен в 2018 г. Для двух рынков — США и РФ — было проведено дополнительное тестирование по кварталу I 2020 г., когда на глобальных рынках капитала наблюдались кризисные явления.

Диверсификация и хеджирование — базовые приемы снижения риска на финансовых рынках. Диверсификация реализована в нашей работе через инвестирование в широкие портфели — страновые фондовые индексы. Хеджирование для частного инвестора недешевый маневр, важным вопросом оценки хеджирующих стратегий являются метрики оценки эффективности. Выбор оптимизируемого параметра традиционно опирается на предпочтения инвесторов (классы инвесторов). Возможными вариантами являются: снижение волатильности результатов по портфелю (Koulis et al., 2018); снижение максимального размера убытков (Strub, 2016); увеличение КШ (Moosa, Burns, 2014). В русле работы (Moosa, Burns, 2014) наша методика предполагает максимизацию КШ при принятии безрисковой ставки на нулевом уровне<sup>2</sup>. Оптимизация параметров стратегии хеджирования построена в нашей методике на максимуме КШ.

Опционы имеют преимущества над фьючерсными контрактами по следующим соображениям (Bai, Pan, Liu, 2019): 1) опционы являются сравнительно недорогим инструментом, 2) опционы разнообразны для одного базового актива — они различаются страйками и датой исполнения. В выборку 20 рынков включены 10 развивающихся, их отбор проводился по показателям ликвидности и волатильности. Мы отобрали рынки, базируясь на работе (Kang, Zhang, 2014).

Ключевым элементом авторской хеджирующей стратегии является синтез показателей ФА и ТА, которые определяют моменты покупки и продажи опционных стратегий. Относительно сигналов для выбора времени совершения сделок финансовая экономика не дает однозначного ответа: с одной стороны, исторически это решение увязывается с показателем ТА и демонстрирует хорошие результаты (Smith et al., 2016), с другой стороны, гипотеза эффективного рынка отрицает возможность применения показателей по историческим данным для систематического обыгрывания рынка. В работе (Park, Irwin, 2007) на основе обзора литературы сделан вывод, что у показателей ТА есть потенциал для защиты капитала инвестора от серьезных потерь на рынке. В авторской методике используются следующие мультипликаторы ФА по индексу: отношение цены акции к прибыли на акцию (P/E), отношение рыночной цены акции к ее балансовому показателю (P/B), отношение цены к выручке на одну акцию (P/S). Оптимизация параметров в рамках методологии позволяет выявить, во-первых, наиболее подходящий мультипликатор для определенного рынка (странового индекса), а во-вторых, — его оптимальный уровень, когда этот рынок рассматривается как переоцененный.

Для выявления переоцененности рынка опционная стратегия базируется на показателях ФА: превышение рыночным мультипликатором критического уровня рассматривается как сигнал открыть хеджирующую (опционную) стратегию. Заметим, что критический уровень является динамичной оценкой и должен меняться со временем в связи с изменением макроэкономической ситуации и подвижках в монетарной политике.

**Гипотеза 1.** Выбор времени начала опционной стратегии на основе синтеза сигналов ФА и ТА позволяет хеджировать риски падения фондового индекса и обыграть стратегию V&N по критерию «риск — доходность».

**Гипотеза 2.** Синтез сигналов ФА и ТА позволяет получить выигрыш по сравнению со стратегией, построенной исключительно на ТА (по критерию «риск — доходность»).

<sup>2</sup> По ряду рассматриваемых нами рынков доходность по государственным облигациям близка к нулю, на глобальном рынке фиксируются тенденции к понижению процентных ставок.

**Гипотеза 3.** Развитые и развивающиеся рынки капитала порождают для частного инвестора разные количественные выгоды хеджирования: хеджирующие стратегии более эффективны по соотношению «риск — доходность» на развивающихся рынках. Основанием для данной гипотезы служит присутствие дополнительных внутривнутристрановых рисков на развивающихся площадках, ограниченная ликвидность финансовых инструментов и более высокая волатильность доходности акций.

Первая и вторая гипотеза проверяются как на исторических данных по 20 странам, так и на симулированных данных для рынка США.

Оригинальность нашей работы и практическая значимость заключаются в выявлении оптимальной комбинации параметров хеджирующих опционных стратегий для каждой из 20 стран и в сопоставительном анализе результатов на выборках развитых и развивающихся рынков.

## 2. МЕТОДОЛОГИЯ ЭМПИРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Методология строится на: 1) выделении двух отрезков времени — обучающей и тестовой выборок по историческим данным; 2) симулированных данных фьючерсов на индекс, полученных на основе двух моделей — случайного блуждания и марковской модели с переключением режимов волатильности. Мы оптимизируем параметры стратегии хеджирования путем перебора различных комбинаций сигналов  $\Phi A$  и  $T A$  и типов опционных стратегий.

Авторское тестирование заключается в моделировании фьючерсных цен при предположении отсутствия арбитражных возможностей. В нашей работе предполагается, что даты погашения фьючерсов приходятся на март, июнь, сентябрь, декабрь.

### 2.1. Выбор периода хеджирования на основе сигналов $\Phi A$ и $T A$

Открытие и закрытие хеджирующих позиций осуществляется при поступлении сигналов по  $\Phi A$  и  $T A$ . Для каждого странового индекса оптимизируется как тип мультипликатора (один из трех:  $P/E$ ,  $P/S$ ,  $P/B$ ), так и его критический уровень. Базовая предпосылка — наличие эффекта возврата к среднему.

*Начало периода хеджирования.* Первый сигнал (необходимый, но недостаточный) для открытия опционной стратегии поступает на основе  $\Phi A$ , когда индекс становится выше «критического уровня» по мультипликатору. Для открытия собственно опционной стратегии нужен второй сигнал по  $T A$ . В нашей работе используются пять показателей  $T A$  на базе скользящих средних: 1)  $EMA$  (exponential moving average — экспоненциальное скользящее среднее); 2)  $AMA$  (adaptive moving average — адаптивное скользящее среднее); 3)  $MACD$  (moving average convergence divergence — схождение / расхождение скользящих средних); 4)  $AC$  (acceleration / deceleration — ускорение / замедление); 5)  $TRIX$  (triple moving average — тройное скользящее среднее).

Простейшим примером опционного хеджирования является покупка центрального опциона пут на фьючерс.

*Завершение периода хеджирования* строится на двух сигналах  $\Phi A$ : 1) значение по индексу оказывается ниже «критического уровня», 2) дополнительный сигнал по четырем типам (табл. 1).

Такой выбор условий для начала и завершения периода хеджирования, одновременно сочетающий сигналы от показателей  $\Phi A$  и  $T A$ , составляет оригинальность нашей работы. В проведенных ранее исследованиях мультипликаторы  $\Phi A$  использовались только для указаний на

**Таблица 1.** Четыре типа выбора завершения периода хеджирования для инвестора

Тип завершения периода хеджирования	Дополнительное условие для завершения периода хеджирования
1	Ждать до момента исполнения опционов после пересечения вниз показателями $\Phi A$ уровня переоцененности
2	Ждать 32 рабочих дня (примерно полтора месяца, что является половиной периода обращения опционов и фьючерсов) после пересечения вниз, затем продавать купленную опционную стратегию
3	Ждать до тех пор, пока мультипликатор не перестанет показывать нисходящую динамику за последний месяц
4	Ждать, пока показатели $T A$ не подадут сигнал на продажу хеджирующей стратегии, даже если мультипликатор спустился ниже уровня переоцененности

возможную коррекцию цен активов (Binswanger, 2004). В авторской методике для каждого из трех мультипликаторов ФА рассматриваются четыре типа закрытия хеджирующей позиции (12 комбинаций). Результаты сопоставляются со стратегией, где мультипликаторы ФА не задействованы, т.е. сигнал на применение опционной стратегии подается только показателями ТА.

Число наблюдаемых сигналов (от одного до пяти) диктует долю защиты инвестируемого капитала. Когда срабатывают все пять сигналов ТА, опционное хеджирование применяется к 100% капитала.

## 2.2. Моделирование цен опционов

Для хеджирования мы рассматриваем опционы европейского типа и up-front («с уплатой премии»). В основе нашего моделирования цен опционов лежит модель Блэка, для которой имеются доказательства работоспособности, даже при сопоставлении с более продвинутыми моделями (Сао, Bakshi, Chen, 2015). Модель имеет вид:

$$d_1 = (\ln(F_0 / K) + \sigma^2 / 2 \cdot (T - t) / \sigma \sqrt{T - t}); \quad (1)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T - t}; \quad (2)$$

$$c_0 = e^{-r(T-t)} [F_0 N(d_1) - KN(d_2)]; \quad (3)$$

$$p_0 = e^{-r(T-t)} [KN(-d_2) - F_0 N(-d_1)], \quad (4)$$

где  $\sigma$  — волатильность базового актива;  $r$  — ставка, по которой предоставляются ссуды;  $N$  — кумулятивная функция нормального распределения;  $K$  — страйк по опциону.

Достоинство нашей работы — учет транзакционных издержек, опираясь на доски опционов, т.е. мы учитываем, что при покупке и продаже опционных стратегий полученная стоимость корректируется на определенный процент (bid-ask spread). Мы учитываем разный спред как по развитым и развивающимся рынкам, так и на разных страйках (чем дальше страйк от фьючерсной цены, тем больше спред). При тестировании комиссии брокера и биржи не учитывались, так как они варьируют и составляют малую долю от установленного bid-ask spread.

Модель Блэка обладает недостатком: при определении цены опционов на разных страйках получается, что опционы «вне денег» (немедленно исполнять которые невыгодно) значительно недооценены (Cont, Da Fonseca, 2002). Для восстановления точности оценки формулы Блэка рассчитывается вмененная волатильность (implied volatility). Получается, что опционы, находящиеся далеко «вне денег», торгуются под большую волатильность относительно опционов «в деньгах» (страйк по которым практически совпадает с ценой базового актива), формируя «улыбку волатильности» (volatility smile).

Данные вмененной волатильности сопряжены с проблемой моделирования поверхности волатильности. Даже если индексы волатильности рассчитаны с учетом данных по опционам «вне денег», то нет возможности обратно выразить отношения волатильности между страйками,

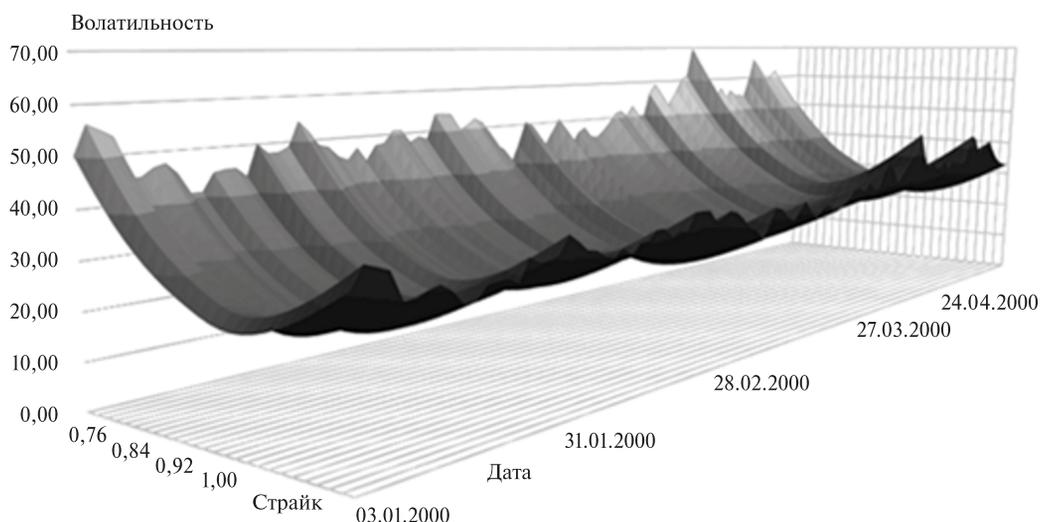


Рис. 2. Пример построения поверхности волатильности в рамках авторского исследования

поэтому сами значения индекса волатильности используются для восстановления цен центральных опционов. В нашей работе поверхности волатильности для каждого индекса оценены путем домножения вмененной волатильности для центрального страйка на среднее соотношение волатильности для каждого из используемых страйков. В Приложении в п. А<sup>3</sup> представлены множители для каждого страйка («100» — центральный страйк) по группам индексов. На рис. 2 представлен пример поверхности волатильности для индекса S&P 500.

Таким образом, на основе данных о вмененной волатильности по каждому страйку для модели Блэка нами получены цены опционов пут и колл для разных страйков с целью последующего моделирования опционных стратегий для каждого странового индекса.

### 2.3. Перебор параметров оптимальной торговой стратегии

Поиск оптимальной комбинации параметров проводится по следующим комбинациям:

1) три потенциальных уровня переоцененности рынка по ФА (на данных из обучающей выборки создается четыре равных промежутка, пять точек от минимума к максимуму, из которых выбираются три центральных, — это и есть потенциальные уровни переоцененности рынка);

2) 6–8 периодов скользящих средних для каждого из показателей ТА с шагом пять или десять дней (для показателя ЕМА найдено всего 28 комбинаций, так как там имеются два параметра, с которыми производится перебор значений: четыре периода для быстрой (краткосрочной) скользящей средней и семь периодов — для медленной (долгосрочной));

3) шесть опционных стратегий:

- покупка центральных опционов пут;
- покупка опционов пут «вне денег» (out-of-the-money, OTM) с шагом в 5% от центрального страйка;
- стрэнгл в 5% от центрального страйка, т.е. купленные OTM опционы колл и пут со страйками, на 5% отличающимися от текущей фьючерсной цены;
- стрэнгл в 10% от центрального страйка;
- бычий спред «около денег» (at-the-money, ATM) и 15% цены, т.е. купленный ATM пут и проданный пут с 15%-ной разницей от центрального страйка;
- бычий спреда ATM и 20, 5 и 15% от центрального страйка.

Всего для каждого странового индекса получается перебор из 18 352 комбинаций. В зависимости от страны длина обучающей выборки составляет от 7123 до 9357 наблюдений. Перебор параметров осуществляется для поиска такой оптимальной комбинации, которая максимизирует КШ на обучающей выборке.

### 2.4. Проверка оптимальной комбинации параметров на тестовой исторической выборке и симулированных данных

Следующим шагом является проверка по КШ построенных авторских стратегий для каждого странового индекса с оптимальной комбинацией параметров на тестовой выборке. Альтернативой принимается инвестирование в индекс.

Второе направление тестирования — по симулированным данным цен на фьючерсы мы оцениваем и сопоставляем средние и медианные значения распределений КШ с реальными историческими значениями, демонстрируемыми стратегией В&Н и двумя типами авторских стратегий (с синтезом сигналов ФА и ТА и с сигналами только ТА).

Так как цель хеджирования — минимизировать падение доходности, то по тестовой выборке для каждого странового индекса реализовано сопоставление авторской оптимальной стратегии со стратегией В&Н. Проведено сравнение стратегий с мультипликаторами ФА и без них в разрезе развитых и развивающихся рынков капитала (проверка гипотезы 2). Последним шагом тестирования является проверка устойчивости результатов на симулированных данных. В данной статье этот этап проверки продемонстрирован только для рынка США.

На этапе тестирования по симулированным данным мы сопоставляем две модели: случайного блуждания (как основной модели в рамках современной финансовой теории) и переключения

<sup>3</sup> Приложения п. А–Д представлены на сайте авторов: <https://fmlab.hse.ru/appendices>

режимов (как альтернативы случайному блужданию, которая опровергает информационную эффективность рынков). Модель случайного блуждания выглядит следующим образом (Fama, 1965):

$$p_t = p_{t-1} + \varepsilon_t, \quad e_t = \rho_t \sim N(\mu, \sigma^2), \quad (5)$$

где  $p_t$  — логарифм цены актива;  $\rho_t$  — логарифмическая доходность;  $\mu, \sigma^2$  — параметры нормального распределения, полученные на основе исторических данных.

Суть модели переключения режимов (Markov switching) заключается во введении нескольких режимов поведения цены (например, режимов роста и падения), сменяющих друг друга в случайном порядке (Hamilton, 1989):

$$\rho_t = \begin{cases} a_0 + b_0 \rho_{t-1} + \varepsilon_t, & s_t = 1; \\ a_1 + b_1 \rho_{t-1} + \xi_t, & s_t = 2, \end{cases} \quad (6)$$

где  $s_t$  — текущий режим;  $a_0, a_1, b_0, b_1$  — коэффициенты регрессии. Также модель позволяет получить матрицу переходов из одного режима в другой:

$$\begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{pmatrix}; \quad (7)$$

$$\begin{aligned} p_{11} &= (s_t = 1 | s_{t-1} = 1); & p_{12} &= (s_t = 2 | s_{t-1} = 1); \\ p_{21} &= (s_t = 1 | s_{t-1} = 2); & p_{22} &= (s_t = 2 | s_{t-1} = 2). \end{aligned} \quad (8)$$

Распределения полученных КШ на симулированных данных сравниваются с оценками стратегий на исторических данных. По соотношению полученных распределений и наблюдаемым данным можно судить как об эффективности стратегии в плане величины коэффициента Шарпа, так и о том, является ли случайное блуждание наиболее подходящей моделью поведения цен активов.

### 3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

В нашей работе за основу взяты данные по индексам развитых и развивающихся стран. Разделение индексов по категориям соответствует классификации MSCI (Morgan Stanley Capital International). Выборка стран показана в Приложении, п. Б<sup>4</sup>. В Приложении в п. В и Г содержатся описательные статистики для 20 индексов. Анализируемый период: январь 1980 г. — декабрь 2018 г. и I квартал 2020 г. Выбор такого большого интервала позволяет охватить множество событий на финансовых рынках: «Черный понедельник» 1987 г., Азиатский кризис 1997–1998 гг., схлопывание пузыря «доткомов» 2000 г., мировой финансовый кризис 2008 г., европейский долговой кризис 2009–2013 гг.

В табл. 2 для учета транзакционных издержек представлены значения спредов (они прибавляются или отнимаются от теоретической цены в зависимости от того, производится покупка или продажа опционной стратегии).

Для оценки эффективности хеджирующей стратегии данные разбиты на обучающую (оцениваются оптимальные элементы дизайна стратегии) и тестовую выборки. Изначально разделение производится в пропорции 70 и 30% по ряду данных каждого странового индекса акций. Однако иногда получается так, что в обучающей выборке данных по индексу волатильности оказывается меньше, чем в тестовой (так происходит, если данных по волатильности значительно меньше, чем по динамике фондового индекса). В таких случаях производилось деление 50 на 50% по индексу волатильности. В Приложении, п. Б, указаны периоды для обучающих и тестовых выборок по странам.

Симулирование производится по параметрам динамики индекса S&P 500, так как именно для него имеется наибольшее число наблюдений на тестовой выборке.

**Таблица 2.** Значения спредов от теоретической цены опционов по группам рынков

Рынки	Страйк, % от фьючерсной цены									
	80	85	90	95	100	105	110	115	120	
Развитые рынки, %	10	5	2	1	1	1	2	5	10	
Развивающиеся рынки, %	15	5	2	1	1	3	10	20	25	

<sup>4</sup>Источник данных — Bloomberg.

## 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ

## 4.1. Результаты на обучающей выборке

В табл. 3–4 приведены оптимальные комбинации для каждой из исследуемых стран на обучающей выборке. В табл. 3 приводятся параметры для стратегии с использованием мультипликаторов  $\Phi A$ , а в табл. 4 — без них (основываясь только на сигналах  $T A$ ).

На рис. 3 показаны оцененные КШ по оптимизированным стратегиям для каждой страны с: 1) применением  $\Phi A$ , 2) без  $\Phi A$ , в сопоставлении с  $V \& N$ . Расчеты показали, что на обучающей выборке для всех исследуемых стран авторская стратегия (черные и серые столбцы на рис. 3) обыгрывала стратегию  $V \& N$ . Гипотеза 1 подтверждается.

Для проверки гипотезы 2 мы анализируем, насколько добавление мультипликатора  $\Phi A$  сказалось на качестве стратегии (повышении КШ). Для семи из 20 стран учет мультипликатора  $\Phi A$  положительно повлиял на КШ.

Далее приводятся комментарии по параметрам оптимизации стратегий. Из сигналов  $\Phi A$  наиболее ценным оказался мультипликатор  $P/B$ , наименее —  $P/E$  (табл. 5). Такое распределение мы объясняем тем, что балансовая стоимость — достаточно устойчивая величина, тогда как чистая прибыль более волатильна.

На большинстве рынков первые два типа завершения периода хеджирования вошли в оптимальную комбинацию параметров (табл. 6).

На большинстве рынков опционные стратегии, основанные на спредах, вошли в оптимальную комбинацию параметров (табл. 7). Объясняется это тем, что если АТМ опционы не вошли в деньги, то выписанный дальний пут принесет прибыль, что обеспечит лучший результат по сравнению только с опционом пут. Для стран, где только центральный пут оказался лучшим вариантом, наблюдались спады в доходности индекса, значительно превосходящие 15–20%.

Таблица 3. Оптимальные параметры для стратегий с использованием  $\Phi A$  и  $T A$  на обучающей выборке

Страна	Лучший показатель $\Phi A$ и тип завершения	Значение («эталонное») бенчмарка для мультипликатора	Оptionная стратегия	Период короткой скользящей средней ЕМА	Период длинной скользящей средней ЕМА	AD	KAMA	MACD	TRIX
Канада	P/B тип 2	1,642	Спред АТМ + 15%	15	40	85	100	30	30
США	P/E тип 2	14,812	Пут АТМ	10	100	15	90	30	40
Франция	P/S тип 3	1,037	Спред АТМ + 15%	5	60	35	30	30	90
Германия	P/B тип 1	1,572	Пут АТМ	5	160	85	60	30	20
Великобритания	P/S тип 4	1,100	Спред АТМ + 20%	20	80	5	100	30	30
Австралия	P/B тип 4	2,035	Спред АТМ + 15%	20	60	85	80	30	20
Гонконг (КНР)	P/S тип 1	1,827	Спред АТМ + 20%	10	80	85	100	30	40
Япония	P/S тип 2	0,922	Пут АТМ	5	40	5	50	30	60
Бельгия	P/S тип 4	1,615	Спред АТМ + 15%	15	120	25	90	30	80
Швейцария	P/B тип 1	1,482	Спред АТМ + 15%	5	120	45	80	30	100
Польша	P/S тип 3	0,819	Спред АТМ + 15%	5	40	75	30	30	30
Россия	P/E тип 3	5,039	Пут АТМ	20	40	55	40	30	20
ЮАР	P/B тип 2	2,404	Пут АТМ	20	40	5	90	30	80
Китай	P/E тип 2	18,219	Пут АТМ	5	40	5	60	30	30
Индия	P/E тип 2	22,240	Пут АТМ	10	40	35	30	30	20
Ю. Корея	P/B тип 4	0,918	Спред АТМ + 15%	10	100	35	100	30	80
Греция	P/B тип 3	0,587	Пут АТМ	20	160	5	100	30	40
Бразилия	P/B тип 4	1,241	Спред АТМ + 15%	10	100	55	100	30	20
Венгрия	P/B тип 3	1,283	Спред АТМ + 15%	20	80	55	100	30	60
Чехия	P/B тип 1	1,096	Спред АТМ + 15%	5	100	5	70	30	40

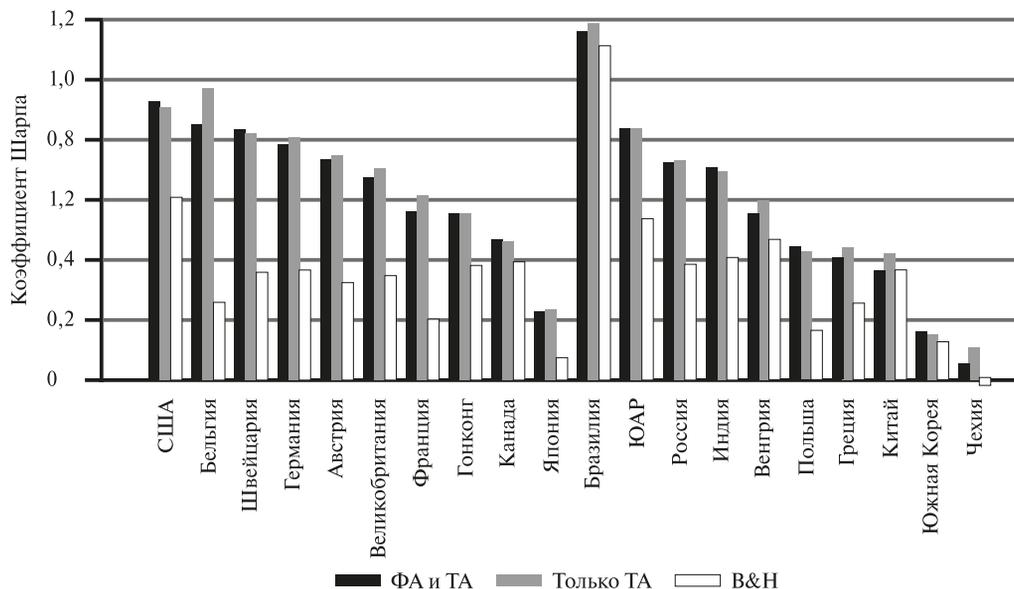


Рис. 3. Соотношение КШ по стратегиям на обучающей выборке

Авторские стратегии оказались более эффективными по сравнению со стратегиями V&N: по развитым рынкам прирост КШ в среднем составил 138% (рост более чем в два раза), по развивающимся — 64%, что согласуется с работой (Moosa, Burns, 2014).

Таблица 4. Оптимальные параметры для стратегий без использования ФА на обучающей выборке

Страна	Оptionная стратегия	Период короткой скользящей средней EMA	Период длинной скользящей средней EMA	AD	KAMA	MACD	TRIX
Канада	Спред ATM + 15%	15	40	85	100	30	100
США	Пут ATM	15	40	15	90	30	40
Франция	Спред 5% + 15%	20	140	85	100	30	40
Германия	Спред 5% + 15%	10	160	85	90	30	30
Великобритания	Спред 5% + 15%	20	120	85	50	30	50
Австралия	Спред 5% + 15%	20	80	75	70	30	70
Гонконг (КНР)	Спред ATM + 20%	10	80	85	70	30	40
Япония	Спред ATM + 15%	10	60	15	70	30	60
Бельгия	Спред 5% + 15%	20	160	45	90	30	70
Швейцария	Спред 5% + 15%	5	120	45	50	30	100
Польша	Спред ATM + 15%	5	40	75	30	30	80
Россия	Спред ATM + 15%	20	40	45	50	30	20
ЮАР	Спред 5% + 15%	20	160	5	100	30	30
Китай	Пут ATM	10	60	5	30	30	70
Индия	Спред ATM + 15%	10	60	35	30	30	20
Ю. Корея	Спред ATM + 15%	20	140	35	100	30	80
Греция	Пут ATM	5	40	5	100	30	30
Бразилия	Спред ATM + 15%	10	100	55	100	30	20
Венгрия	Спред 5% + 15%	20	160	35	100	30	60
Чехия	Спред ATM + 15%	5	100	5	70	30	70

**Таблица 5.** Распределение числа стран по присутствию мультипликатора ФА определенного типа в оптимальной хеджирующей стратегии

Показатель	<i>P/B</i>	<i>P/E</i>	<i>P/Sales</i>
Число стран	12	3	5

**Таблица 6.** Распределение числа стран по оптимальному типу завершения периода хеджирования

Показатель	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4
Число стран	7	7	2	4

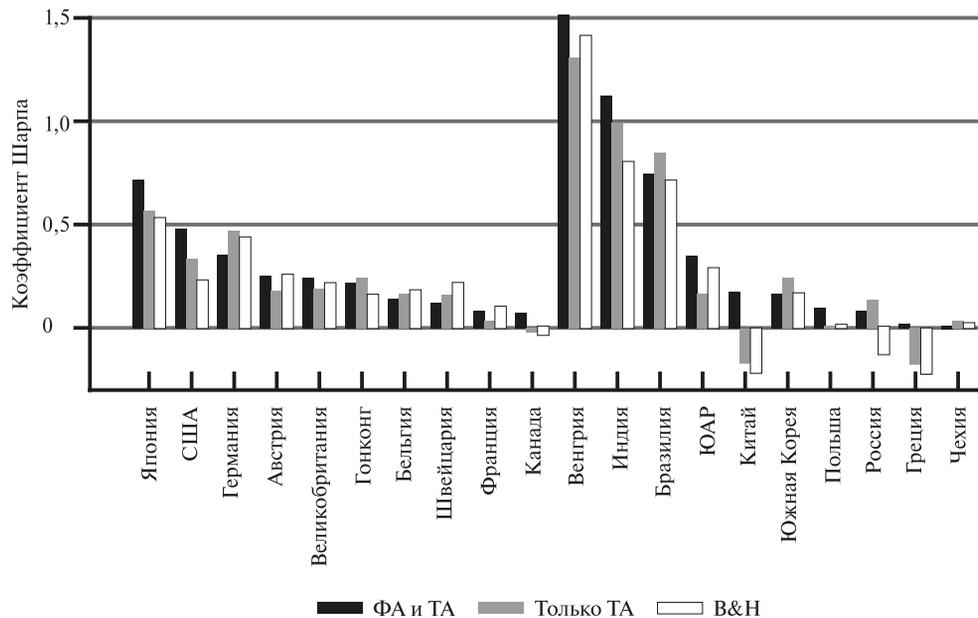
**Таблица 7.** Распределение стран по оптимальным опционным стратегиям

Показатель	Пут ATM	Спред ATM+15%	Спред ATM+20%	Спред 5%+15%
Число стран	4	8	1	7

#### 4.2. Результаты на тестовой выборке

Эффективность использования оптимальных параметров на тестовой выборке для исследуемых стран показана на рис. 4. В Приложении, п. Д, показана динамика лучшей стратегии хеджирования и V&N для каждой страны на тестовой выборке (на рис. Д1 графики по развитым рынкам, на рис. Д2 — по развивающимся).

Заметим, что по тестовой выборке уже нет столь существенной разницы между V&N и авторскими стратегиями (рис. 4). Наблюдаются также кейсы с отрицательной доходностью по авторским стратегиям (Канада, Греция, Китай, но только с ТА). В среднем КШ снизился на тестовой выборке (мы объясняем это падениями в конце 2018 г. всех фондовых индексов и других классов активов). Однако для большинства стран авторская стратегия хеджирования превосходит V&N по КШ, особенно с применением ФА, что подтверждает нашу гипотезу 2. Преимущества для развитых и развивающихся стран показаны в табл. 8.

**Рис. 4.** КШ по трем стратегиям на тестовых данных**Таблица 8.** Распределение числа стран по оптимальным стратегиям на тестовых выборках

Рынки	ФА и ТА	ТА без ФА	V&N
Развитые рынки	4	2	4
Развивающиеся рынки	6	4	0

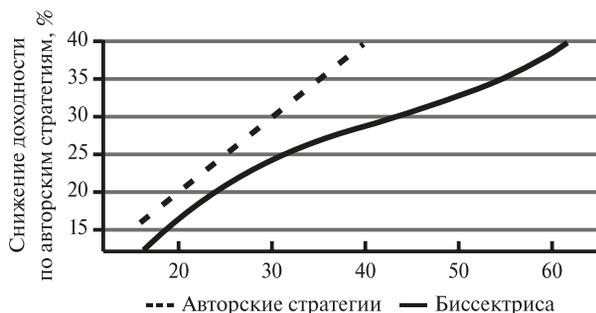


Рис. 5. Сравнение снижения доходности по V&N и авторским стратегиям

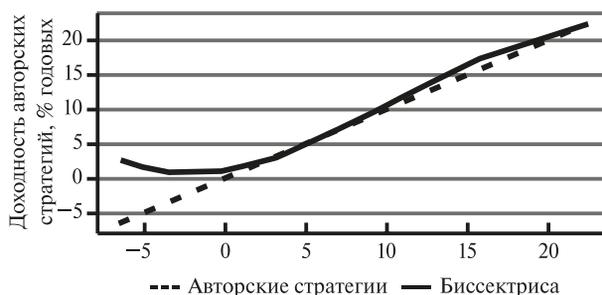


Рис. 6. Сопоставление доходности авторских стратегий и стратегий V&N по странам

Из данных в табл. 8 следует, что стратегия на тестовых данных оказалась лучше, чем V&N в 16 из 20 случаев. При этом все четыре индекса с лучшим V&N находятся в группе относятся к развитым рынкам, что свидетельствует в пользу того, что развитые рынки являются более эффективными (нет возможности систематически получать большую доходность, чем V&N без увеличения риска).

И для развитых, и для развивающихся рынков стратегии с сигналами ФА в большинстве случаев показали лучшие результаты (10 стран из 20 в целом). Это позволяет принять гипотезу о значимом вкладе ФА при разработке хеджирования.

Для стран, где авторская методика позволила улучшить КШ, средний КШ по индексам на тестовой выборке снизился на 10 п.п. по сравнению с результатом на обучающей выборке.

Следующий этап анализа — проверка того, насколько применение авторской методики позволяет защитить инвестора от снижения доходности. Сравнение показано на рис. 5.

Если бы падения доходности по авторским стратегиям были аналогичны стратегии V&N, то на рис. 5 они попали бы на биссектрису. Сглаженная кривая по упорядоченным значениям снижения доходности по 20 страновым индексам находится ниже биссектрисы. В среднем максимальные снижения доходности в авторских страновых стратегиях на 22,8% меньше, что также вносит вклад в увеличение КШ.

Насколько авторские стратегии эффективны, когда динамика индекса не только положительная, но и характеризуется высокой доходностью? Мы построили зависимость между среднегодовой доходностью стратегии V&N и оптимальными для исследуемых стран (рис. 6). Сглаженная кривая по авторским стратегиям для большей части наблюдений лежит ниже биссектрисы. Среднегодовая доходность по стратегии V&N достигает отрицательных значений, а доходность авторской стратегии остается стабильной. При высокой доходности стратегии V&N доходность авторской стратегии уступает ей, но только незначительно (т.е. стратегия позволяет частному инвестору без необходимости не покупать опционы).

Для 13 стран из 20 средняя доходность стратегии выше, чем у индекса. Из семи таких наблюдений шесть принадлежат группе развитых рынков, что говорит о рыночной эффективности. Средний прирост доходности у авторских стратегий среди всех стран составляет 1,4 п.п. в год, максимальный — 8,87 п.п., минимальный — -1,17 п.п.; распределение сильно смещено вправо, т.е. для тех рынков, где портфель показал худшую доходность, чем индекс, разница в доходности будет невысокой.

Отметим, что для 14 из 20 рассматриваемых рынков (для пяти развивающихся и девяти развитых рынков) доходность авторских стратегий превосходит безрисковую ставку. При этом доходность стратегии V&N выше безрисковой ставки в 13 из 20 случаев.

Первый квартал 2020 г. для двух индексов (в долларах США) рассматривался как тестовая выборка. По индексу РТС авторская методика рекомендовала покупку опционов, покрывающих весь вложенный в индекс капитал, на уровне 1300 пунктов, а по S&P 500 весь капитал оказался захеджирован несколько позднее, чем показал постинвестиционный опыт, но опционы на 80% капитала были куплены достаточно рано (на отметке примерно в 3000 пунктов). Можно заключить, что на выбранных индексах авторская методика в ситуации коронакризиса позволила инвестору захеджировать риски просадки.

### 4.3. Оценка эффективности авторской методики на симулированных данных

Для симулирования были использованы две модели, для которых на данных американского индекса получены оценки рядов цен фьючерсов. Первый шаг — оценка входных параметров моделирования цен. На исторических данных по индексу S&P 500 для случайного блуждания были получены следующие коэффициенты: 0,017% — для средней дневной логарифмической доходности и 1,24% — для ее стандартного отклонения.

По модели переключения режимов с двумя установленными режимами (режим роста и падения) были получены следующие коэффициенты:

$$\rho_t = \begin{cases} -0,0015 - 0,1212\rho_{t-1} + \varepsilon_t, & s_t = 1; \\ 0,001 - 0,0466\rho_{t-1} + \xi_t, & s_t = 2. \end{cases}$$

Все коэффициенты оказались статистически значимы на уровне 1%. Матрица переходов оценена нами следующим образом:

$$\begin{pmatrix} 0,9557 & 0,0212 \\ 0,0443 & 0,9788 \end{pmatrix}.$$

На основании этих коэффициентов были получены симулированные данные рядов цен фьючерсов по двум моделям. На рис. 7 показаны распределения по стратегии В&Н, а также оптимальным портфелям с ФА и без него в рамках двух использованных моделей поведения цен. На графиках видно, что распределения по случайному блужданию практически неотличимы друг от друга, тогда как по переключениям режимов заметно, что распределение для В&Н при значениях КШ, близких к нулю и ниже, смещено влево. Получается, что если модель переключения режимов является более подходящей для описания поведения цен, то авторская методика способна увеличивать КШ через опционное хеджирование.

Для того чтобы выяснить, какая модель более точно отражает реальное поведение цен активов, проанализируем полученные распределения (рис. 8). Разница между двумя моделями оказывается значительной (при этом вывод сохраняется и для стратегий с применением сигналов ФА). Распределения по стратегии В&Н между двумя моделями различаются незначимо. Совместный тест на попарное равенство средних для распределений портфелей показал отклонение нулевой гипотезы о равенстве на уровне 1% значимости (для распределений В&Н гипотеза не отклоняется).

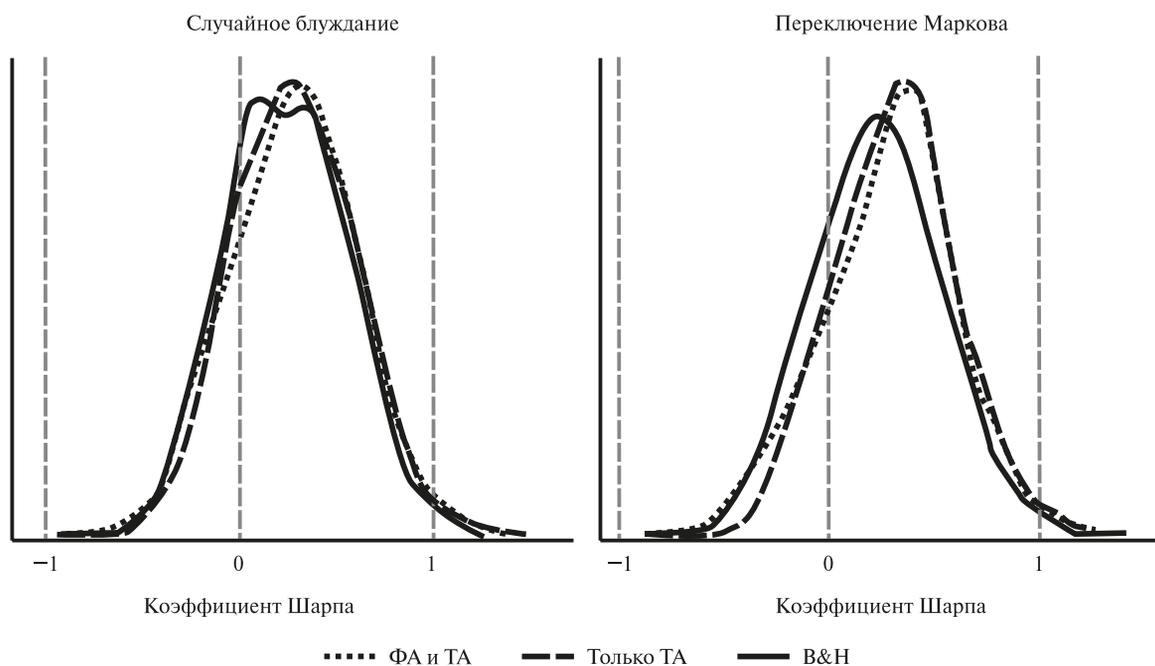
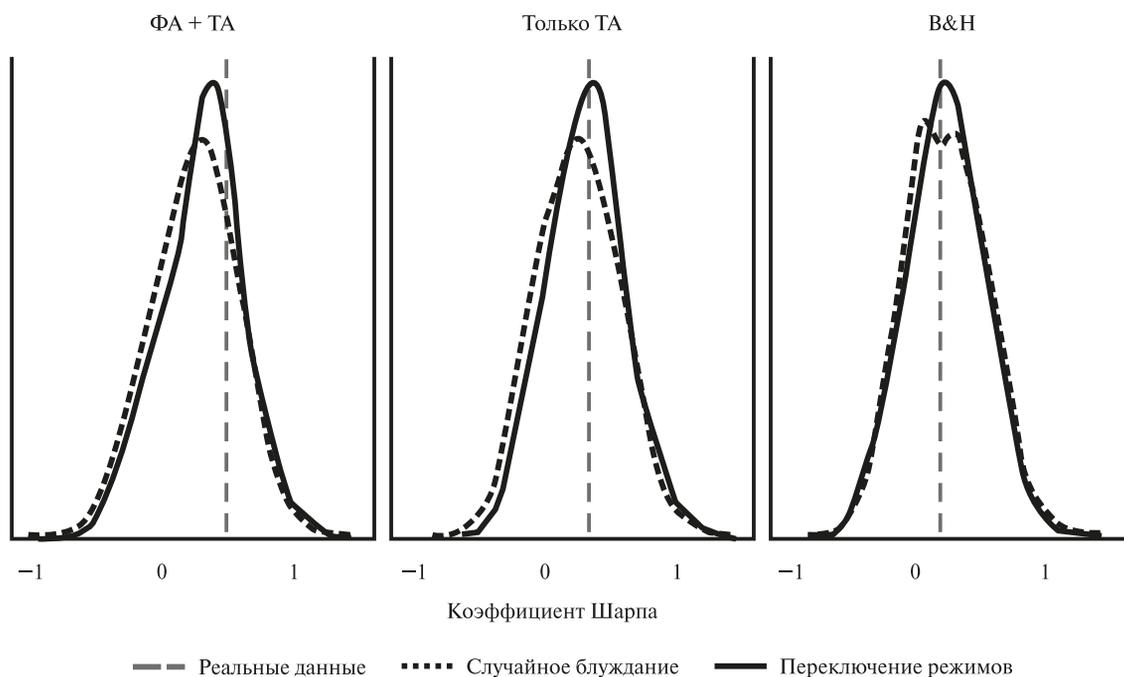


Рис. 7. Распределения результатов инвестирования по моделям



**Рис. 8.** Распределения результатов инвестирования по трем стратегиям с симулированными данными цен фьючерсов на индекс S&P 500

**Таблица 9.** Значения КШ по фактическим данным как перцентили для симулированных данных

Стратегии	Случайное блуждание, %	Переключение режимов, %
ФА и ТА	75	72
Только ТА	58	51
В&Н	49	47

Следующий шаг — анализ соотношений распределений и значений по реальным историческим данным для индекса S&P 500 на тестовой выборке. Для В&Н средние по распределениям и реальное значение КШ близки, тогда как для авторских стратегий реальное значение ближе к среднему именно по модели переключения режимов. В табл. 9 приведены значения перцентилей, которыми являются реальные КШ для симулированных данных по двум моделям. Перцентили заметно различаются только для стратегий на базе ТА (разница в 7 п.). По авторской методике с ТА и ФА, КШ на фактических данных находится заметно правее медианы для распределений по обеим моделям.

Заметим, что КШ на исторических данных находятся ближе к медианным значениям распределений, полученным по модели переключения режимов. Таким образом, нами показано, что на симулированных данных авторская методика не показывает худших по сравнению со стратегией В&Н результатов инвестирования.

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы предложили методику хеджирования инвестиций в страновые фондовые индексы путем применения опционных стратегий в определенные моменты времени. Оригинальность работы заключается в оптимизации параметров хеджирования на синтезе сигналов ФА и ТА. Оптимизация авторской стратегии осуществляется путем перебора параметров на данных для обучающей выборки для каждой из 20 рассматриваемых стран с максимизацией КШ. Тестирование оптимальных стратегий реализуется на исторических данных, а также на симулированных.

На обучающей выборке для всех исследуемых стран получены комбинации параметров ФА и ТА и опционных стратегий, которые позволяют достичь большего КШ по сравнению с инвестированием в индекс.

На тестовых данных для 16 из 20 стран КШ по авторским стратегиям оказались выше, чем по стратегии В&Н. Все рынки, где стратегия В&Н выиграла, относятся к числу развитых, что объясняется их меньшей волатильностью. На тестовых данных выявлено, что авторская методика позволяет значительно сократить потери, не уступая в доходности в тех случаях, когда индекс растет относительно высокими темпами (например, 15% в год и более).

На симулированных данных показано, что даже по модели случайного блуждания стратегии не показывают худших результатов, чем В&Н по КШ. Средние значения распределение КШ по модели марковского переключения режимов ближе к исторически наблюдаемым значениям по авторским стратегиям. Следовательно, синтез ФА и ТА целесообразен.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Bai Y., Pan Z., Liu L.** (2019). Improving futures hedging performance using option information: Evidence from the S&P 500 index. *Finance Research Letters*, 28, 112–117.
- Binswanger M.** (2004). How important are fundamentals? Evidence from a structural VAR model for the stock markets in the US, Japan and Europe. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 14 (2), 185–201.
- Cao C., Bakshi G.S., Chen Z.** (2015). Option pricing and hedging performance under stochastic volatility and stochastic interest rates. *Handbook of Financial Econometrics and Statistics*, 2653–2700.
- Cont R., Da Fonseca J.** (2002). Dynamics of implied volatility surfaces. *Quantitative Finance*, 2 (1), 45–60.
- Fama E.F.** (1965). The behavior of stock-market prices. *The Journal of Business*, 38 (1), 34–105.
- Goodman T., Neamtiu M., Zhang X.F.** (2018). Fundamental analysis and option returns. *Journal of Accounting, Auditing and Finance*, 33 (1), 72–97.
- Hamilton J.D.** (1989). A new approach to the economic analysis of non-stationary time series and the business cycle. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 57 (2), 357–384.
- Kang W., Zhang H.** (2014). Measuring liquidity in emerging markets. *Pacific-Basin Finance Journal*, 27, 49–71.
- Koulis A., Kaimakamis G., Beneki C.** (2018). Hedging effectiveness for international index futures markets. *Economics and Business*, 32 (1), 149–159.
- Moosa I., Burns K.** (2014). The unbeatable random walk in exchange rate forecasting: Reality or myth? *Journal of Macroeconomics*, 40, 69–81.
- Park C.H., Irwin S.H.** (2007). What do we know about the profitability of technical analysis? *Journal of Economic Surveys*, 21 (4), 786–826.
- Pistole T.C., Metghalchi M.** (2010). *Comparison of three technical trading methods vs buy-and-hold for the S&P 500 market*. Southwest Decision Sciences Institute Conference, Dallas, TX.
- Smith D.M., Wang N., Wang Y., Zychowicz E.J.** (2016). Sentiment and the effectiveness of technical analysis: Evidence from the hedge fund industry. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 51 (6), 1991–2013.
- Strub I.S.** (2016). *Tail hedging strategies*. Available at: SSRN2261831

**Option hedging of stock indices:  
Benefits of signals of fundamental and technical analysis**

© 2021 T.V. Teplova, T.V. Sokolova, D.I. Lopushansky

**T.V. Teplova,**

*National Research University Higher School of Economics, Russian Federation/ HSE University, RF, Moscow, Russia; e-mail: tteplova@hse.ru*

**T.V. Sokolova,**

*National Research University Higher School of Economics, Russian Federation/ HSE University, RF, Moscow, Russia; e-mail: tv.sokolova@hse.ru*

**D.I. Lopushansky**

*National Research University Higher School of Economics, Russian Federation/ HSE University, RF, Moscow, Russia; e-mail: dilopushanskiy@edu.hse.ru*

Received 03.06.2020

*The article was prepared within the framework of the Basic Research Program at HSE University.*

**Abstract.** The paper identifies country specific features of hedging strategies for stock indices. We propose the methodology of the optimization hedging parameters (the time of entering and exit, the type of an option strategy) based on the synthesis of technical (TA) and fundamental analysis (FA) indicators. Country differences in the design of the authors' strategies are demonstrated on the tests for 20 stock indices in the period from 1980 to 2020. The research methodology is to optimize the parameters of hedging strategies for the each country on the training sample with checking the effect on the test sample. The Sharpe ratio is maximized. The originality of our paper is in the model constructions for missing data series (index futures and put options) and testing both on historical data and on simulated data under two different assumptions about the behavior of the underlying asset price: the random walk model and the Markov-switching volatility model. For each country index, more than 18,000 combinations of parameters are analyzed. Our research shows that the synthesis of fundamental (FA) and technical analysis (TA) gives the best option hedging result. We reveal country peculiarities both in the preferences of FA and TA indicators and in the use of option strategies. The estimates on historical and simulated data allow us to draw a conclusion about the patterns in the dynamics of the stock index. The random walk hypothesis receives additional support for the US market. In the coronavirus situation, the proposed methodology allows investors to effectively hedge the risks of drawdown.

**Keywords:** hedging; fundamental analysis; technical analysis; stock indices; developed markets; developing markets; timing; option strategies.

**JEL Classification:** G11, G17.

**DOI:** 10.31857/S042473880014919-9