

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Деформация кривых волатильности российского фондового рынка на примере маржируемых опционов на фьючерсные контракты на индекс РТС

© 2024 г. К.Н. Муляев, С.А. Переход

К.Н. Муляев,

Сбербанк КИБ, Москва; e-mail: mulyaevkostya@mail.ru

С.А. Переход,

Финансовый университет при Правительстве РФ, Москва; e-mail: sperekhod@yandex.ru

Поступила в редакцию 14.08.2023

Авторы выражают благодарность руководителю кафедры финансовых рынков и финансового инжиниринга Финансового университета при Правительстве РФ Елене Николаевне Алифановой и анонимному рецензенту за ценные рекомендации, которые были использованы при подготовке статьи.

Аннотация. Актуальность исследования связана с необходимостью переоценки российского фондового рынка в части соотношения параметров риска с доходностью активов в связи с глобальными структурными изменениями, произошедшими в 2022 г. Предметом данного исследования выступают кривые волатильности, рассчитанные по котировкам биржевых опционов на фьючерсы индекса РТС. Цель исследования — проанализировать соотношения кривых волатильности с распределением доходности индекса широкого рынка акций РТС в 2015–2022 гг.; оценить изменения структуры такого соотношения в шоковом 2022 г. по сравнению с предыдущими периодами; рассмотреть возможности применять модели прогнозирования будущей волатильности GARCH в 2022 г. и хеджировать стратегии на российском фондовом рынке. Вопрос интерпретации динамики кривых волатильности является дискуссионным, однако достаточно теоретически разработанным в теории оценки производных финансовых инструментов. В результате исследования найдены не взаимосвязанные структуры распределения доходностей и кривых волатильности на сводный индекс РТС на всем рассматриваемом периоде, независимо от наличия внешних шоков. Сделан вывод о том, что на российском фондовом рынке инвесторы предпочитают защитные опционы, а не спекулятивные, несмотря на отрицательную асимметрию распределения доходности индекса РТС во всех рассматриваемых периодах. И, несмотря на больший вес положительных доходностей в распределении доходности индекса РТС на каждом рассматриваемом периоде в силу технических особенностей функционирования показателей доходности. Кроме того, обнаружено, что отрицательная асимметрия распределения доходности не обязательно должна соотноситься с растущими кривыми волатильности.

Ключевые слова: GARCH; подразумеваемая волатильность; оценка стоимости опционов; фьючерсы на индекс РТС; фондовый рынок.

Классификация JEL: C52, C53, C58.

УДК: 336.7.

Для цитирования: **Муляев К.Н., Переход С.А.** (2024). Деформация кривых волатильности российского фондового рынка на примере маржируемых опционов на фьючерсные контракты на индекс РТС // *Экономика и математические методы*. Т. 60. № 2. С. 118–128. DOI: 10.31857/S0424738824030104

1. ВВЕДЕНИЕ

Финансовый шок 2022 г. дополнил антиколлекцию ряда российских кризисов за последние 30 лет. Поведение инвесторов в результате начала Специальной военной операции (СВО) на Украине повлекло за собой масштабные сдвиги в оценке инвесторами риска биржевых активов, в том числе опционов на фьючерсы российских акций. Кривые волатильности являются показателями прогноза (оценки) инвесторами будущей волатильности и выполняют важную роль в оценке производных финансовых активов, риск-менеджменте и управлении инвестиционным портфелем. Однако они являются текущим показателем, подверженным общему настроению инвесторов, которое, вследствие нового этапа санкций и оттока иностранных инвестиций, радикально изменило

отношение к риску. Новые условия функционирования российского финансового рынка привели к экстремально высокой волатильности цен акций, что затруднило оценку стоимости производных финансовых инструментов (ПФИ) и требует анализа того, как инвесторы оценивают будущую волатильность и какую премию они готовы заплатить за защитные и спекулятивные опционы в новых условиях.

Наш научный вклад в существующие работы экономистов на данную тему связан с исследованием кривых волатильности и подразумеваемой волатильности на каждом страйке исполнения опционов на российском фондовом рынке. Несмотря на относительно высокую степень разработанности темы в иностранных источниках, российские ученые уделяли меньше внимания данной тематике, хотя шоки на российском финансовом рынке актуализировали данную проблематику. В связи с этим мы продолжаем дискуссию, с одной стороны — о методах справедливой оценки производных финансовых инструментов (ПФИ), а с другой — о поведенческих паттернах инвесторов во время финансового стресса на примере России.

Под исследуемым нами стандартным опционом понимают контракт, согласно которому покупатель приобретает право, а продавец берет на себя обязанность купить (продать) актив по определенной цене (страйку) или выплатить денежную сумму в определенный момент времени (Шелемех, 2017, с. 78). Под подразумеваемой волатильностью (англ.: *implied volatility*) понимается такое значение волатильности, которое приводит теоретическую цену опциона к его рыночной стоимости. Подразумеваемая волатильность отражает текущие ожидания инвесторов будущей реализованной волатильности (англ.: *realized volatility*). Предполагается, что более точная оценка риска повышает эффективность рынка и подразумеваемую волатильность торгуемых опционов (Смирнов, Кузнецов, Сливинский, 2021, с. 77).

Обвал цен на активы позволил предположить возникновение условия для арбитражных стратегий. Для исследования рациональности оценки биржевых опционов инвесторами на фоне уникальных экономических и политических условий развития российского фондового рынка мы хотим ответить на следующие вопросы. Как соотносятся значения подразумеваемой волатильности при разных уровнях цены исполнения опциона на фьючерс РТС? Какая существует взаимосвязь между кривыми волатильности фьючерса РТС с распределениями доходности по индексу РТС? Изменилась ли структура кривой волатильности фьючерса РТС за 2022 г. по сравнению с периодом 2015–2021 гг.? Изменилась ли взаимосвязь между кривой волатильности фьючерса РТС за 2022 г. с распределением доходности по индексу РТС по сравнению с периодом 2015–2021 гг.? Насколько применима модель прогнозирования будущей волатильности GARCH с учетом влияния финансового шока на российском финансовом рынке?

Практическая значимость исследования состоит в анализе показателей волатильности биржевых опционов за 2022 г. и их сравнении с историческими отклонениями в период 2015–2021 гг., что позволило дополнить общее понимание взаимосвязи кривой волатильности с распределением доходности акций, представленное дальше, в условиях российской экономики, а также оценить возможности управления рисками портфеля с помощью биржевых опционов.

2. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Теоретической основой и практическим фундаментом для анализа волатильности как основного фактора в оценке опционов являются статьи (Black, Scholes, 1973; Merton, 1973a, 1973b). Последующие экономисты пришли к выводу, что оценка ПФИ происходит на основе риск-нейтрального распределения доходности базового актива за вычетом премии за риск инструмента. В свою очередь, на основе исторических наблюдений оценивается реальное распределение — связь между ними может быть относительно произвольной, хотя в последних исследованиях (Ross, 2015) было показано наличие факторов, определяющих разброс этих значений. Различие же между риск-нейтральным и реальным распределением обусловлено несклонностью к риску рыночных агентов, что приводит к возникновению «премии за риск». В существующих исследованиях анализируют ее изменение под влиянием внешних событий (к примеру, что делает инвесторов «рискофобами» или «рискофилами»), однако сложность оценки состоит в отделении объективной рыночной премии за риск от реальной оценки будущего распределения доходности инвесторам.

Возвращаясь к моделям, анализирующим волатильность, отметим, что важным открытием стала модель авторегрессионной условной гетероскедастичности (Generalized AutoRegressive Conditional

Heteroskedasticity, GARCH). Модель была разработана в 1986 г. (Bollerslev, 1986) и представляла собой статистическое моделирование для прогнозирования волатильности доходности финансовых активов. С тех пор она, а именно ее конфигурация GARCH (1,1), активно используется для прогноза будущей волатильности. В работе (Hansen, Lunde, 2005) на примере 330 эконометрических моделей волатильности было доказано, что именно GARCH (1,1) генерирует наилучшие прогнозы. Дополнила метод GARCH разработанная в 2009 г. Фульвио Корси (Corsi, 2009) модель Heterogeneous Autoregressive model of the Realized Volatility (HAR-RV), а также Autoregressive fractionally integrated moving average (ARFIMA), основанная на анализе временных рядов, которые обобщают модель ARIMA (авторегрессионное интегрированное скользящее среднее), допуская нецелочисленные значения разностного параметра.

Высокая волатильность российского финансового рынка также привлекает исследователей. В 2017 г. опубликована работа, в которой было проведено сравнение прогнозной силы 88 GARCH-моделей, 10 HAR-RV и 4 ARFIMA для прогнозирования волатильности на 1 день 10 биржевых активов на Московской бирже (Аганин, 2017, с. 81). Автор сделал вывод о более высокой прогнозной силе моделей из семейства HAR-RV по сравнению с GARCH в результате оценки волатильности по ценам закрытия торговых дней. Ранее также изучалась стохастическая волатильность опционов на акции Газпрома и индекса S&P 500 (Крицкий, Лисок, 2007), где авторы с помощью асимптотического уравнения Фоккера–Планка–Колмогорова продемонстрировали ее прогнозную силу при долгосрочном инвестировании.

Последней значимой оценкой волатильности стало исследование (Баженов, Фантаццини, 2019) наиболее ликвидных российских акций, где эконометрическими моделями GARCH, ARFIMA и HAR-RV с дополнительными регрессорами — подразумеваемой опционной волатильностью и числом интернет-запросов в поисковой системе Google — анализировалась подразумеваемая волатильность опционов. Авторы сделали вывод, что вмененная волатильность серьезно влияет на реализованную волатильность исследуемых акций, а Google Trends не имеет такого существенного влияния.

Для нахождения новых факторов, влияющих на будущую реализованную волатильность, помимо подразумеваемой, были проведены исследования, в которых предлагалось использовать число интернет-запросов в качестве квазипоказателя заинтересованности инвесторов на рынке нефти (Campos, Cortazar, Reyes, 2017). В более ранних работах (Donaldson, Kamstra, 2005) другими квазипоказателями заинтересованности инвесторов в активе предлагалось брать число новостей и объем торгов, но был сделан вывод о незначимости этих показателей в прогнозировании будущей реализованной волатильности.

Таким образом, высокая частота шоков российского финансового рынка требует актуализации оценки волатильности. Ранее опубликованные работы использовали данные предыдущих кризисов, теперь же необходим анализ последствий санкций 2022 г. В свою очередь, иностранные работы выступают методологической базой исследования, но они не затрагивают российской специфики.

3. МЕТОДОЛОГИЯ

Оценка всех производных финансовых инструментов основана на следующем уравнении имени Блэка–Шоулза:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + S^2 \sigma^2 \frac{1}{2} \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + rS \frac{\partial V}{\partial S} = rV, \quad (1)$$

где V — стоимость производного финансового инструмента; S — стоимость базового актива; σ — волатильность базового актива; t — показатель времени; r — безрисковая ставка процента.

С учетом ограничений и особенностей выплаты по опционам в случае их исполнения примем: $\max(S - K)$ — для колл-опциона; $\max(K - S)$ — для пут-опциона, S — стоимость базового актива в момент исполнения; K — цена исполнения (страйк), а также с учетом особенностей опционов на фьючерсы. Зависимость между спот-ценой акции и фьючерсной ценой определяется как

$$F = S e^{(r-d)T}, \quad (2)$$

где F — фьючерсная цена акции; S — спот-цена акции; r — безрисковая ставка процента; d — дивидендная доходность; T — срок обращения фьючерса.

Дифференциальное уравнение преобразуется в одну из разновидностей модели Блэка–Шоулза — модель оценки опционов на фьючерсы Блэка (также известная как модель Блэка-76):

- расчетная стоимость европейского колл-опциона на фьючерс $C = F e^{-rT} N(d_1) - K e^{-rT} N(d_2)$;
- расчетная стоимость европейского пут-опциона на фьючерс $P = K e^{-rT} N(-d_2) - F e^{-rT} N(-d_1)$,

где

$$d_1 = (\ln(F / K) + 0,5\sigma^2 T) / (\sigma\sqrt{T}), \tag{3}$$

$$d_2 = (\ln(F / K) - 0,5\sigma^2 T) / (\sigma\sqrt{T}) = d_1 - \sigma\sqrt{T}, \tag{4}$$

$N(x)$ — кумулятивная функция нормального распределения.

В данной работе для расчетов были использованы маржируемые опционы на фьючерс индекса РТС. Из-за слабой ликвидности срочного рынка Московской биржи мы используем расчетную цену опционов и теоретическую волатильность, рассчитываемую по правилам Московской биржи¹. Согласно методологии используются цены активных безадресных заявок на покупку и продажу опционов соответствующей серии, а если лучшая цена покупки или продажи на некотором страйке отсутствует, то соответствующая подразумеваемая волатильность принимается равной нулю. Расчеты по таким опционам происходят путем ежедневного перечисления вариационной маржи. Теоретическая стоимость таких опционов рассчитывается без учета изменения стоимости денег во времени.

Расчетная стоимость маржируемого колл-опциона на фьючерс

$$C = FN(d_1) - KN(d_2) \tag{5}$$

и пут-опциона на фьючерс —

$$P = KN(-d_2) - FN(-d_1). \tag{6}$$

Таким образом, единственным параметром, необходимым для оценки маржируемого опциона, который нельзя напрямую получить из рыночной информации, является будущая волатильность базового актива.

Именно ее оценка определяет значение премии опциона. Если расчетную стоимость приравнять к рыночной премии и решить уравнение для волатильности, то результирующее значение будет называться «подразумеваемая волатильность». Кривые волатильности — кривая всех значений подразумеваемой волатильности в зависимости от отношения цены исполнения (K) к цене базового актива (S_0).

В условиях нормального функционирования фондового рынка кривая волатильности опционов на фьючерсы/акции публичных компаний должна принять экспоненциальный вид (рис. 1).

Такая динамика используемой инвесторами волатильности для оценки опционов связана со следующим эмпирическим наблюдением: на развитых (ликвидных) фондовых рынках существует

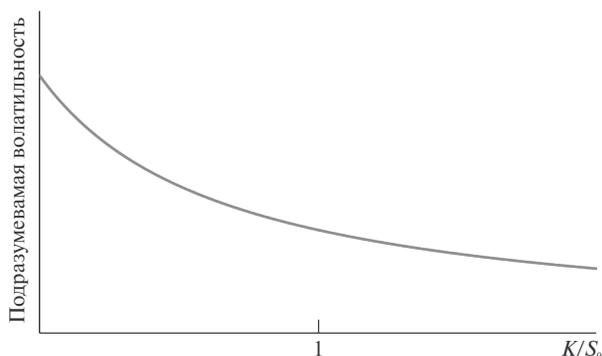


Рис. 1. Кривая волатильности на развитых фондовых рынках

отрицательная корреляция между ценой акций и волатильностью (Cao, Chen, Hull, 2020). Таким образом, при экономических кризисах, когда акции с положительным бэта-коэффициентом падают в цене, повышается как волатильность, так и вероятность дальнейшего снижения цены. В то же время при экономическом буме волатильность снижается, и дальнейший рост акций становится менее вероятным.

Соответственно такая динамика подразумеваемой волатильности в зависимости от K/S_0 связана со следующим историческим распределением доходностей по акциям: вес доходностей левее значения K_1 больше, чем подразумевает нормальное распределение и соответственно модель Блэка–Шоулза, а вес доходностей правее

¹ Методика определения НКО «Национальный клиринговый центр» (НКЦ, АО) риск-параметров срочного рынка ПАО Московская биржа (<https://www.nationalclearingcentre.ru/catalog/0302/296>).

значения K_2 меньше соответствующих теоретических значений (Hull, 2018, p. 462) (рис. 2).

Таким образом, вероятность реализации опционов с ценой исполнения меньше текущей рыночной цены акции выше, чем предполагает теоретическая модель, и такие опционы торгуются с премией к опционам с высокой ценой исполнения, что и отражается в нисходящей кривой волатильности на рынке акций. Поэтому при анализе кривых волатильности необходимо рассмотреть распределения доходностей соответствующего базового актива и соотнести структуру распределения доходностей с кривыми волатильности. В случае их несоответствия создается *квазиарбитражная ситуация*.

Для интерпретации уровня подразумеваемой волатильности в 2022 г. сравним его с прогнозируемой волатильностью по классической модели анализа временных рядов GARCH (1, 1). Она очень хорошо зарекомендовала себя на практике и многими экономистами используется как образец для сравнения. Она определяется уравнением

$$\sigma_n^2 = \gamma V_L + \alpha u_{n-1}^2 + \beta \sigma_{n-1}^2, \quad (7)$$

где σ_n — волатильность текущего периода; σ_{n-1} — волатильность предыдущего периода; V_L — долгосрочная средняя дисперсия; u_{n-1} — доходность предыдущего периода; γ, α, β — веса соответствующих параметров модели. Модель также позволяет использовать дополнительные регрессоры для оценки волатильности.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1. Анализ распределения доходности индекса РТС (RTSI)

Из-за общего недостатка ликвидности на российском фондовом рынке биржевые финансовые активы могут торговаться со значительным дисконтом. Поэтому в рамках исследования используются данные торгов на самый торгуемый композитный индекс — индекс РТС.

Прежде чем исследовать кривые волатильности и их динамику на рынке маржируемых фьючерсных опционов на индекс РТС, необходимо определить их ожидаемую структуру, исходя из исторического распределения доходностей. Таким образом, проверяемая гипотеза формулируется следующим образом: прямая взаимосвязь между распределением доходности и кривой волатильности (которая обычно наблюдается на развитых финансовых рынках) стала обратной в 2022 г. на российском рынке из-за снижения ликвидности и/или нерациональной оценки опционов на фоне финансового шока, что может открыть возможности для использования квазиарбитражных стратегий на российском фондовом рынке.

Рассмотрим распределение доходностей по трем различным периодам исследования индекса РТС (RTSI): 2015–2019 гг., 2020–2021 гг., 2022 г. Для сравнения использовались данные котировок на закрытия ежедневных торговых сессий².

Первый период представляет собой пост-санкционный период развития российской экономики (после 2014 г.), однако в относительно стабильной бизнес-среде, где наиболее крупные и ликвидные эмитенты имели многочисленные возможности работать на финансовом рынке. Как видно из представленного графика (рис. 3),

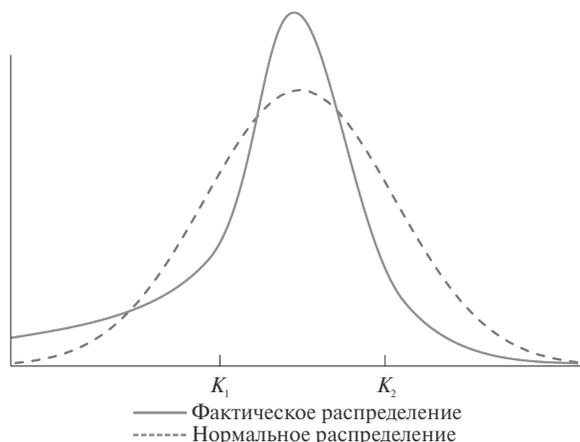


Рис. 2. Распределение доходности на развитых фондовых рынках

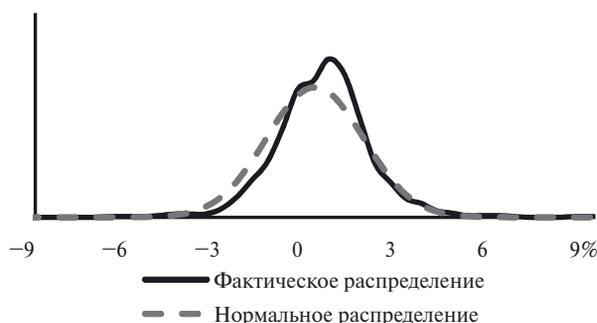


Рис. 3. Распределение дневных доходностей RTSI (2015–2019 гг.)

Источник: рассчитано на основе данных Мосбиржи.

² Данные получены с сайта Московской биржи (<https://www.moex.com>).

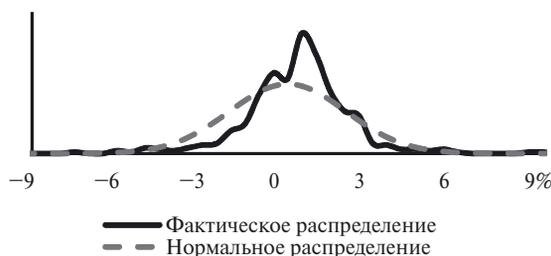


Рис. 4. Распределение дневных доходностей RTSI (2020–2021 гг.)

Источник: рассчитано на основе данных Мосбиржи.

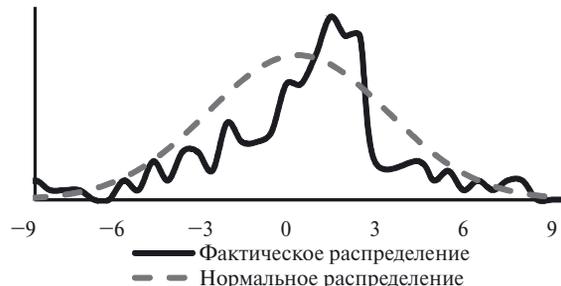


Рис. 5. Распределение дневных доходностей RTSI (2022 г.)

Источник: рассчитано на основе данных Мосбиржи.

в этот период распределение дневных доходностей наиболее близко напоминает нормальное. Это связано с большим числом наблюдений, кроме того, в этот период индекс РТС был в растущем тренде, что присуще развивающейся экономике.

Стоит заметить, что в отличие от типичного распределения доходностей в развитых экономиках индекс РТС на этом периоде характеризуется отрицательной асимметрией $(-0,1)^3$ и относительно высоким коэффициентом эксцесса $(5,1)^4$.

Таким образом в среднем, на промежутке 2015–2019 гг. дневные доходности были выше ожидаемых средних, поэтому во взаимосвязи с таким распределением кривая волатильности должна быть восходящей.

Второй рассматриваемый период (2020–2021 гг.) связан с пандемией Covid-19, соответствующим снижением деловой активности и падением фондового рынка с последующим активным ростом. Данное распределение (рис. 4) характеризуется более высоким коэффициентом эксцесса $(9,4)$ и большей отрицательной асимметрией $(-1,3)$. С повышенным коэффициентом эксцесса все опционы, которые находятся глубоко «вне денег», будут оцениваться дороже, чем предполагает модель Блэка–Шоулза, так как экстремальные значения доходности более вероятны, чем предполагает нормальное распределение. Поэтому на этом периоде ожидаются в целом более высокие уровни подразумеваемой волатильности, а более отрицательное значение коэффициента асимметрии свидетельствует о еще большем перекосе в сторону положительных значений доходности, и, соответственно, опционы с большей ценой исполнения должны оцениваться с премией относительно опционов с низким страйком исполнения.

Третий рассматриваемый период (2022 г.) связан с масштабной трансформацией финансового рынка и всей экономики России (рис. 5). Так как именно иностранные инвесторы представляли наибольшую часть инвесторов на Московской бирже, их уход из российских активов и в целом пессимизм относительно перспектив развития российской экономики стали причиной резкой потери ликвидности всего фондового рынка. Для целей исследования из наблюдений этого периода были исключены показатели доходности на 24 и 25 февраля. Коэффициент эксцесса — наименьший среди рассматриваемых периодов $(2,6)$, а коэффициент асимметрии распределения доходностей отрицательный, значительно меньший по сравнению с периодом 2020–2021 гг. $(-0,8)$. Таким образом, так как коэффициент эксцесса за данный период меньше, чем у нормального распределения $(3,0)$, то теоретически это свидетельствует о том, что вес «хвостов» у такого распределения меньше, чем у нормального. Таким образом, опционы с низкими и высокими страйками исполнения должны торговаться с дисконтом относительно теоретической цены, что отразится на их низкой подразумеваемой волатильности.

4.2. Анализ кривых волатильности индекса РТС (RTSI)

С учетом проведенного анализа распределений доходности по индексу РТС, который показывает, что на всех рассмотренных периодах, где условный вес положительных исходов (положительная

³ Коэффициент асимметрии — в теории вероятностей величина, характеризующая асимметрию распределения данной случайной величины. Нормальное распределение характеризуется симметричным распределением, коэффициент асимметрии у такого распределения равен 0.

⁴ Коэффициент эксцесса в теории вероятностей — мера остроты пика распределения случайной величины. В нормальном распределении коэффициент эксцесса равен 3.

доходность) превышает вес негативных исходов, стоит ожидать, что опционы «на повышение» будут стоить дороже, что должно выражаться в растущей кривой волатильности. Поэтому стоит рассмотреть фактические кривые волатильности за этот период и их взаимосвязь с соответствующими распределениями доходности.

По всем дням торговли в соответствующие периоды с использованием расчетных цен маржируемых опционов и фьючерсов на соответствующие даты методом проб и ошибок (trial and error) были рассчитаны значения подразумеваемой волатильности на разные уровни цен исполнения, на которые Московская биржа предоставляет информацию о расчетных ценах опционов.

Также в силу особенностей методики расчетных цен опционов, определенных Московской биржей, в калькулировании значений подразумеваемой волатильности брались только те даты, в которых расчетная цена опциона с самой высокой ценой исполнения больше минимальной (равной 10), так как в ином случае подразумеваемая волатильность таких опционов значительно завышена. Таким образом, в результате анализа были получены кривые волатильности по исследуемым периодам (см. рис. П в Приложении).

Кривая волатильности в зависимости от цены исполнения маржируемого колл-опциона во всех исследуемых периодах представляет собой нисходящую функцию. Это значит, что колл-опционы — глубоко в деньгах, а пут-опционы глубоко вне денег торгуются с премией к остальным опционам. Такие кривые волатильности соответствуют распределению доходностей с положительной асимметрией, где вес отрицательных доходностей больше, чем в нормальном распределении. Однако с учетом проведенного анализа распределения доходностей индекса РТС, где во всех исследуемых периодах распределение доходности характеризовалось отрицательной асимметрией, кривые волатильности, рассчитанные по данным Московской биржи, не являются взаимосвязанными, т.е. их структура не соответствует распределению доходностей по базовому активу. Этот анализ опровергает сформулированную гипотезу, так как отсутствие прямого соотношения между кривыми волатильности и распределением доходности характерно не только для шокового 2022 г.

4.3. Соотношение прогноза волатильности в соответствии с моделью GARCH (1, 1) и подразумеваемой волатильностью индекса РТС

В связи с низкой ликвидностью российский рынок во многих своих аспектах можно считать неэффективным, а рыночные значения ожидаемой будущей волатильности, выраженной в оценке биржевых опционов, неприменимыми. В таком случае приведенный анализ становится бессмысленным, так как используются фактические распределения доходности и ожидаемая волатильности на неэффективном рынке, которая во многом может объясняться иррациональным поведением инвестором.

Однако настолько ли неэффективен российский рынок? Мы проведем сравнительный анализ того, насколько применима GARCH (1, 1) в современных реалиях и насколько все-таки эффективен анализ кривых волатильности как показатель рыночного риска. Исследуемый период для модели GARCH (1, 1): 05.01.2015–30.11.2022 (рис. 6), который включает как шоковые, так и спокойные периоды. Контрольный период для сверки прогнозной и подразумеваемой волатильности — 01.12.2022–14.12.2022.

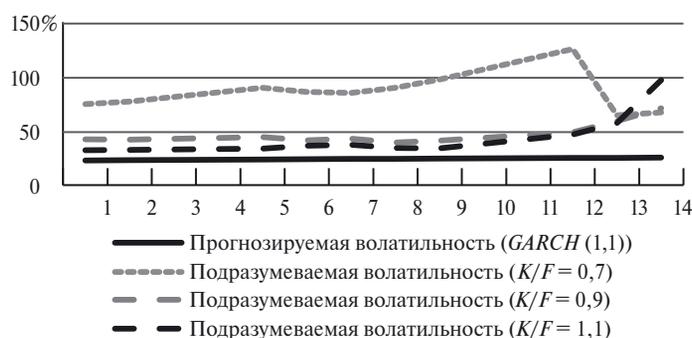


Рис. 6. Сравнение прогнозируемой волатильности (GARCH) и подразумеваемой волатильности на разных уровнях цен исполнения опционов (с 1 по 14 декабря)

Источник: рассчитано на основе данных Мосбиржи.

Полученные коэффициенты модели: $\gamma V_L = \omega = 0,00000596$, $\alpha = 0,11213775$, $\beta = 0,87755189$.

5. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Подразумеваемая годовая волатильность на каждом уровне цены исполнения опционов, расчетная цена которых на представленные даты была больше минимальной, оказалась намного выше прогноза модели GARCH (1, 1). Такие результаты говорят о несостоятельности модели при прогнозировании волатильности в текущей, в основном диктуемой нерыночными факторами, экономической ситуации. Однако стоит заметить, что в связи с особенностью калькулирования расчетной цены маржируемых опционов их подразумеваемая волатильность к концу года вырастает на 50–125% по сравнению со средне-годовыми значениями. Прогноз долгосрочной волатильности на уровне 38% выглядит правдоподобно с учетом уровня закрытия индекса волатильности российского рынка на 40% (30.11.2022). Также стоит учесть, что подразумеваемая волатильность опционов с уровнями $K/F = 0,9$; $1,1$ находится примерно на том же уровне, исключая последние дни обращения опциона, в отличие от $K/F = 0,7$.

Таким образом, подразумеваемая волатильность является наилучшим рыночным показателем для оценки риска инвесторами. Модели, которые используют исторические данные, не применимы в уникальных условиях развития российского фондового рынка.

В совокупности с проведенным анализом распределения доходности и кривых волатильности можно сделать вывод о невозможности использовать модель GARCH для построения новых инвестиционных и хедж-стратегий на фоне финансового стресса, в условиях которого функционирует российский фондовый рынок.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прежде чем приступить к анализу кривых волатильности, было проведено исследование распределения доходности по самому ликвидному индексу российского фондового рынка — индексу РТС. В результате сравнения фактического распределения с нормальным было установлено, что в три рассматриваемых периода (2015–2019, 2020–2021, 2022 г.) фактическое распределение имело отрицательную асимметрию. Вместе с тем кривые волатильности за восемь последних лет имели отрицательный наклон, что противоречит ожидаемой связи с фактическим распределением доходности. Такой результат свидетельствует о том, что, несмотря на распределение доходности, которое показывает, что колл-опционы «вне денег» должны торговаться с премией, т.е. с более высокой подразумеваемой волатильностью, инвесторы на рынке биржевых опционов предпочитают использовать данные инструменты для защиты от падения базового актива, а не для спекуляций в ожидании его повышения. Такой результат может также объясняться тем, что график распределения доходности не учитывает следующего эффекта: в случае если цена базового актива снизится на 10%, то для «отыгрыша» она должна вырасти на 11,11%. А если цена базового актива вырастет на 10%, то она должна снизиться только на 9,09%, чтобы сравняться с начальным значением. Таким образом, положительные и отрицательные доходности не являются равнозначными и поэтому, несмотря на отрицательную асимметрию их распределения, инвесторы отдают предпочтение опционам на понижение.

Отвечая на вопросы исследования, были сделаны следующие выводы.

1. Значения подразумеваемой волатильности тем выше, чем ниже цена исполнения по сравнению с ценой базисного актива, — и тем ниже, чем выше цена исполнения.

2. Прямой взаимосвязи между кривыми волатильности и распределением доходности индекса широкого рынка на российском рынке найти не удалось. При изменении коэффициентов асимметрии и эксцесса распределений доходности кривые волатильности оставались неизменно нисходящими — в зависимости от цены исполнения.

3. Структура кривой волатильности фьючерса РТС за 2022 г. по сравнению с периодом 2015–2021 гг. не изменилась.

4. Взаимосвязь, а точнее ее отсутствие, между кривой волатильности фьючерса РТС за 2022 г. с распределением доходности по индексу РТС по сравнению с периодом 2015–2021 гг. также не изменилась.

5. В результате построения модели GARCH (1, 1) было обнаружено, что подразумеваемый уровень волатильности является лучшим показателем для прогноза стоимости опционов и оценки настроения инвесторов.

Таким образом, несмотря на уникальную ситуацию на российском финансовом рынке, которая продолжалась на протяжении всего исследуемого периода, в 2022 г. не было выявлено аномалий в оценке опционов с разными страйками исполнения. Никаких квазиарбитражных возможностей для инвестирования на основе структуры кривых волатильности в 2022 г. не наблюдалось.

ПРИЛОЖЕНИЕ

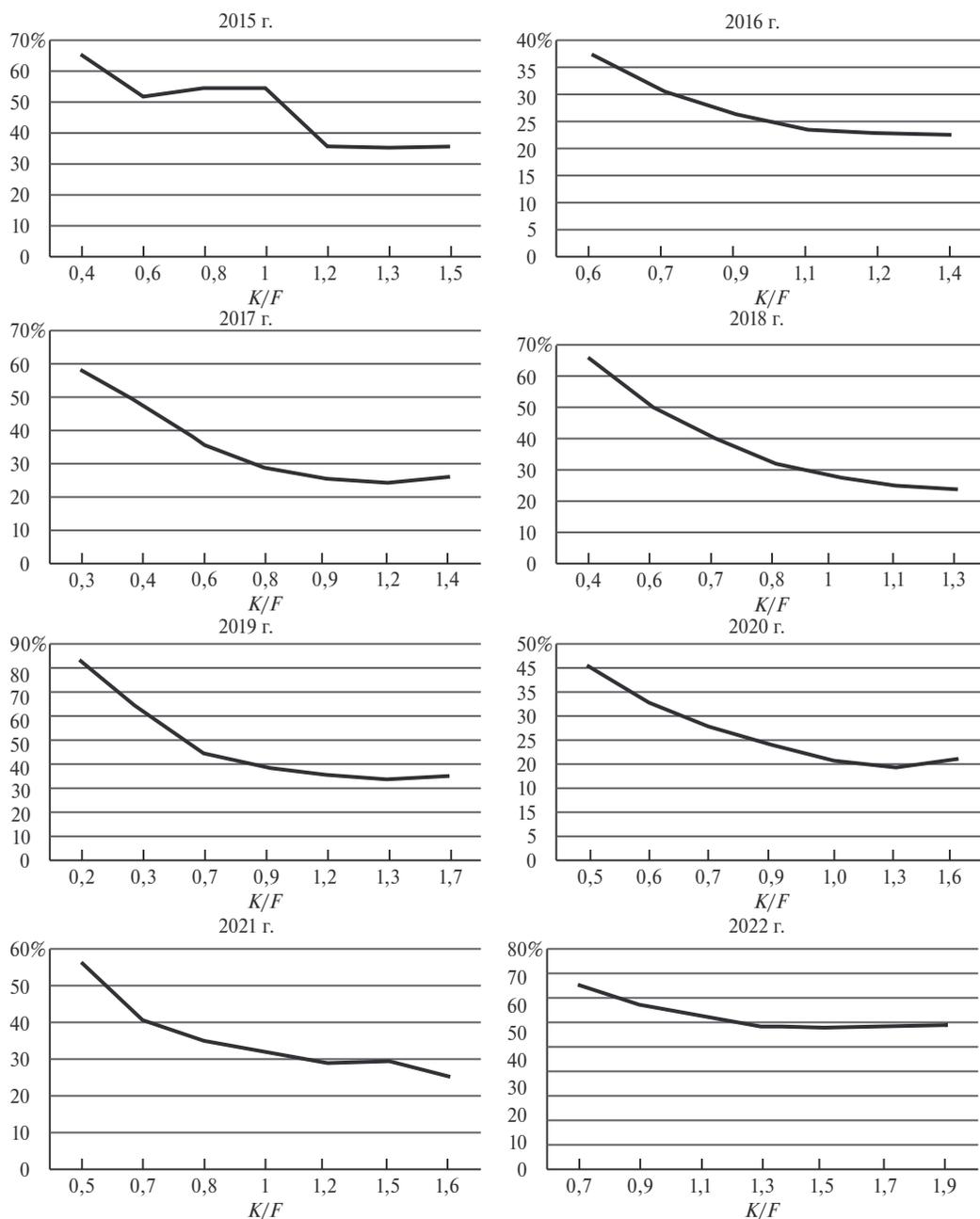


Рис. П. Кривая волатильности индекса РТС (2015–2022 гг.)

Источник: рассчитано авторами на основе данных Московской биржи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Аганин А.Д.** (2017). Сравнение GARCH и HAR-RV моделей для прогноза реализованной волатильности на российском рынке // *Прикладная эконометрика*. Т. 48. С. 63–84. [Aganin A. (2017). Forecast comparison of volatility models on the Russian stock market. *Applied Econometrics*, 48, 63–84 (in Russian).]
- Баженов Т.И., Фантазини Д.** (2019). Прогнозирование реализованной волатильности котируемых российских акций с помощью инструмента Google Trends и вмененной волатильности // *Экономика промышленности*. № 12 (1). Р. 79–88. DOI: 10.17073/2072-1633-2019-1-79-88 [Bazhenov T., Fantazzini D. (2019). Forecasting realized volatility of russian stocks using Google Trends and implied volatility. *Russian Journal of Industrial Economics*, 12 (1), 79–88. DOI: 10.17073/2072-1633-2019-1-79-88 (in Russian).]
- Крицкий О.Л., Лисок Е.С.** (2007). Асимптотическое оценивание коэффициентов модели стохастической волатильности // *Прикладная эконометрика*. № 2. С. 3–12. [Krickij O.L., Lisok E.S. (2007). Asymptotic estimation of coefficients of stochastic volatility models. *Applied Econometrics*, 2, 3–12 (in Russian).]
- Смирнов С.Н., Кузнецов В.А., Сливинский В.А.** (2021). Гарантированный детерминистский подход к маржированию на срочном рынке: численный эксперимент // *Экономика и математические методы*. Т. 57. № 4. С. 76–87. DOI: 10.31857/S042473880017501-0 [Smirnov S.N., Kuznecov V.A., Slivinskij V.A. (2021). Guaranteed deterministic margining in the derivatives market: A numerical experiment. *Economics and Mathematical Methods*, 57, 4, 76–87. DOI: 10.31857/S042473880017501-0 (in Russian).]
- Шелемех Е.А.** (2017). Расчет экзотических опционов на неполных рынках // *Экономика и математические методы*. Т. 53. № 3. С. 78–92. [Shelemekh E.A. (2017). Calculation of exotic options in incomplete markets. *Economics and Mathematical Methods*, 53, 3, 78–92 (in Russian).]
- Black F., Scholes M.** (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, 81, 3, 637–654.
- Bollerslev T.** (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31, 307–327.
- Cao J., Chen J., Hull J.** (2020). A neural network approach to understanding implied volatility movements. *Quantitative Finance*, 20 (9), 1405–1413. DOI: 10.1080/14697688.2020.1750679
- Campos I., Cortazar G., Reyes T.** (2017). Modeling and predicting oil VIX: Internet search, versus traditional variables. *Energy Economics*, 66, 194–204.
- Corsi F.** (2009). A simple approximate long-memory model of realized volatility. *Journal of Financial Econometrics*, 7, 2, 174–196.
- Donaldson R.G., Kamstra M.J.** (2005). Volatility forecasts, trading, and the arch versus option-implied volatility trade-off. *Journal of Financial Research*, 28, 4, 519–538.
- Hull J.C.** (2018). *Options, futures and other derivatives*. London: Pearson.
- Hansen P., Lunde A.** (2005). A forecast comparison of volatility models: Does anything beat a GARCH (1, 1)? *Journal of Applied Econometrics*, 20, 7, 873–889.
- Merton R.C.** (1973a). Theory of rational option pricing. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 4, 1 (Spring), 141–183.
- Merton R.C.** (1973b). The relationship between put and call prices: Comment. *Journal of Finance*, 28 (March), 183–84.
- Ross S.** (2015). The recovery theorem. *The Journal of Finance*, LXX, 2, 615–648.

Deformation of volatility curves of the Russian stock market on the example of margined options on futures contracts on the RTS index

© 2024 K.N. Mulyaev, S.A. Perekhod

K.N. Mulyaev,

Sberbank CIB, Moscow, Russia; e-mail: mulyaevkostya@mail.ru

S.A. Perekhod,

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia;

e-mail: sperekhod@yandex.ru

Received 14.08.2023

The authors express their gratitude to the head of the Department of Financial Markets and Financial Engineering of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Elena Nikolaevna Alifanova, and the anonymous reviewer for the valuable comments that were used in preparing the article.

Abstract. We reassess the Russian stock market behavior in terms of the relationship between risk parameters and return on assets in connection with global structural changes in 2022. The subject of this study is volatility curves calculated from quotes of exchange options on RTS index futures. The purpose of the study is to analyze the relationship between volatility curves and the distribution of returns in 2015–2022, to analyze changes in the structure of this relationship in 2022, to assess the applicability of the GARCH model and to develop new investment and hedge strategies on the Russian stock market. The issue of interpreting the dynamics of volatility curves is disputable however, it was theoretically developed in the theory of valuation of derivative financial instruments. As a result of the study, unrelated structures of the distribution of returns and volatility curves for the RTS composite index were found throughout the entire period concerned, regardless of the presence of external shocks. It is concluded that in the Russian stock market, investors prefer protective options rather than speculative ones, despite the negative asymmetry of the distribution of RTS index returns. And despite the greater weight of positive returns in their distribution in each period under consideration, due to the technical features of the functioning of return indicators, the negative asymmetry of the return distribution does not necessarily correlate with growing volatility curves.

Keywords: GARCH; implied volatility; valuation of options, futures on the RTS index, stock market.

JEL Classification: C52, C53, C58.

UDC: 336.7.

For reference: **Mulyaev K.N., Perekhod S.A.** (2024). Deformation of volatility curves of the Russian stock market on the example of margined options on futures contracts on the RTS index. *Economics and Mathematical Methods*, 60, 3, 118–128. DOI: 10.31857/S0424738824030104 (in Russian).