

УДК 519.86:336.76

103. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РЫНОЧНОГО РИСКА ПОРТФЕЛЯ НА ОСНОВЕ ПЕРЕХОДА ОТ VaR К CVAR С УЧЕТОМ РЕГУЛЯТОРНЫХ ТРЕБОВАНИЙ

*Гапанюк А.В., студент гр.472303, Примакович Л.В., магистрант
гр.476701*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Ефремов А.А. – канд. экон. наук, доцент каф. ЭИ

Аннотация. В статье рассмотрены и сопоставлены основные подходы к моделированию рыночного риска портфеля ценных бумаг. Описаны теоретические основы показателей Value at Risk (VaR) и Conditional Value at Risk (CVaR), а также методы их расчёта: параметрический, исторического моделирования и Монте-Карло. Проведён сравнительный анализ преимуществ и ограничений каждого подхода. Сделан вывод о практической применимости CVaR как когерентной и более консервативной меры риска.

Ключевые слова. рыночный риск, Value at Risk (VaR), Conditional Value at Risk (CVaR), портфель ценных бумаг, историческое моделирование, метод Монте-Карло, параметрический метод.

Финансовые рынки характеризуются постоянной изменчивостью: котировки ценных бумаг, валютные курсы и процентные ставки могут существенно колебаться под воздействием макроэкономических факторов, геополитических событий и рыночных настроений. Совокупность этих изменений формирует рыночный риск – вероятность финансовых потерь вследствие неблагоприятного движения рыночных цен. Корректная количественная оценка данного риска приобрела особую значимость после финансовых кризисов 1990–2000-х годов и введения требований Basel II (2004 г) и Basel III (после 2008 г.), которые обязывают финансовые институты поддерживать капитал, адекватный принятым рискам [1].

Актуальность темы обусловлена как регуляторными требованиями, так и практическими потребностями портфельных управляющих и риск-менеджеров в надёжных инструментах оценки потенциальных потерь. В академической литературе по-прежнему ведётся дискуссия об оптимальном выборе модели, что побуждает к их систематическому сравнению [2].

Цель настоящей работы – сравнительный анализ основных методов моделирования рыночного риска финансовых инструментов. Объект исследования – рыночный риск портфеля ценных бумаг. Предмет исследования – количественные меры VaR и CVaR и методы их расчёта.

Рыночный риск представляет собой вероятность потерь, возникающих вследствие неблагоприятных изменений рыночных факторов: цен на акции, процентных ставок, обменных курсов и цен на сырьевые товары [3]. В рамках управления портфелем ценных бумаг рыночный риск является центральным объектом анализа, поскольку напрямую определяет возможный диапазон изменения стоимости активов.

Статистической основой большинства моделей служит характер распределения доходностей. На практике реальные распределения отличаются от нормального: они имеют «тяжёлые хвосты» (fat tails) и асимметрию (skewness), что существенно влияет на точность различных моделей в периоды рыночных потрясений. Сравнение нормального распределения с распределениями, обладающими тяжёлыми хвостами, приведено на рисунке 1.

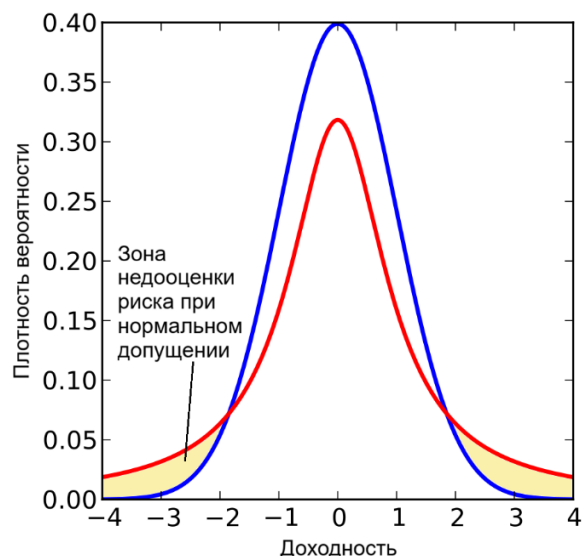


Рисунок 1 – Плотность t-распределения для 1 степени свободы в сравнении со стандартным нормальным распределением

Количественная оценка рыночного риска предполагает моделирование распределения потерь портфеля, со следующими ключевыми параметрами:

- уровень значимости α (как правило, 95% или 99%);
- временной горизонт T (1 день, 10 дней и т.д.);
- предположение о распределении доходностей финансовых инструментов (форма статистического закона, которому подчиняется изменение цен актива: нормальное, Стюдента, эмпирическое и др.; определяет, насколько часто модель «ожидает» экстремальные движения и, следовательно, насколько консервативной будет оценка риска).

Value at Risk (VaR) – наиболее распространённый инструмент количественного управления рыночным риском. VaR представляет собой максимальный ожидаемый убыток портфеля за заданный временной горизонт при заданном уровне доверия [3]. Формально, если обозначить случайную величину потерь портфеля как L :

$$\text{VaR}_\alpha = \inf\{l \in \mathbb{R}: P(L > l) \leq 1 - \alpha\}, \quad (1)$$

где α – уровень доверия; $P(L > l)$ – вероятность того, что потери превысят значение l .

Например, однодневный $\text{VaR}_{0,99} = 1$ млн руб. означает, что с вероятностью 99% суточные потери портфеля не превысят суммы в 1 млн. руб.

Несмотря на широкое распространение, VaR подвергается обоснованной критике: показатель не даёт информации о величине потерь при выходе за пределы порогового значения и при дискретных распределениях лишён свойства субаддитивности, нарушая аксиоматику когерентных мер риска [4].

Мера риска называется когерентной, если она удовлетворяет четырём аксиомам: монотонности (большой убыток – больший риск), субаддитивности (риск объединённого портфеля не превышает суммы рисков его частей), положительной однородности (масштабирование позиции масштабирует риск) и инвариантности к трансляции (добавление безрискового актива снижает риск соразмерно). VaR нарушает субаддитивность, что противоречит самой идее диверсификации [3].

Conditional Value at Risk (CVaR), известный также как Expected Shortfall (ES), был предложен Rockafellar и Uryasev как ответ на ограничения VaR [5]. CVaR вычисляется как математическое ожидание потерь, условно превысивших уровень VaR:

$$\text{CVaR}_\alpha = \frac{1}{1-\alpha} \int_\alpha^1 \text{VaR}_u \, du = \mathbb{E}[L \mid L \geq \text{VaR}_\alpha], \quad (2)$$

CVaR является когерентной мерой риска: она субаддитивна, монотонна и выпукла как функция от весов портфеля, что делает её предпочтительной для задач оптимизации портфеля [5].

Схематическое соотношение VaR и CVaR на кривой распределения потерь представлено на рисунке 2.



Рисунок 2 – Распределение потерь портфеля: области VaR и CVaR

В настоящее время можно выделить три основных метода расчёта VaR и CVaR:

1 Параметрический метод (дельта-нормальный), который предполагает нормальное (логнормальное) распределение доходностей активов. VaR вычисляется аналитически через стандартное отклонение портфеля σ_p и квантиль Z_α нормального распределения:

$$\text{VaR}_\alpha = z_\alpha \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{T}, \quad (3)$$

где T – горизонт в днях.

Метод прост в реализации и вычислительно эффективен, однако допущение о нормальности систематически занижает риск в кризисные периоды из-за тяжёлых хвостов реальных распределений.

2 Метод исторического моделирования непосредственно использует эмпирические данные о прошлых изменениях рыночных цен. Кратко алгоритм его реализации можно описать следующим образом: берётся ретроспективное окно (как правило, 250–500 торговых дней), для каждого дня рассчитывается гипотетический P&L портфеля при текущих позициях, выборка сортируется по убыванию, и из неё извлекается квантиль уровня $(1 - \alpha)$ [6].

Достоинством метода является отсутствие предположений о виде распределения. Ключевой недостаток – зависимость от исторического окна: если кризисное событие (например, крах 2008 г.) не попало в выборку, риск будет недооценён.

3 Использование метода Монте-Карло. При таком подходе генерируется большое число (обычно $\geq 10\,000$) случайных сценариев изменения рыночных факторов на основе заданной стохастической модели (например, многомерного нормального распределения с оценённой корреляционной матрицей доходностей). Для каждого сценария пересчитывается стоимость портфеля, и по полученной эмпирической выборке оцениваются как VaR, так и CVaR [3].

Преимуществом применения считается гибкость: метод позволяет корректно оценивать нелинейные инструменты (опционы, структурированные продукты) и задавать произвольные корреляционные структуры. Основной недостаток – высокие вычислительные затраты и чувствительность к спецификации модели генерации сценариев.

Сравнительная характеристика рассмотренных методов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение методов расчёта показателей рыночного риска.

Критерий	Параметрический	Исторический	Монте-Карло
Предположение о распределении	Нормальное	Не требуется	Задаётся моделью
Учёт нелинейных инструментов	Ограниченный	Полный	Полный
Вычислительные затраты	Минимальные	Низкие	Высокие
Чувствительность к хвостам	Низкая	Средняя	Зависит от модели
Сложность реализации	Низкая	Средняя	Высокая
Применимость для CvAR	Аналитически	Непосредственно	Непосредственно

Как следует из таблицы 1, ни один из рассмотренных методов не является универсальным: параметрический метод выигрывает в простоте, но проигрывает в точности при нестандартных рыночных условиях; исторический метод точен ровно настолько, насколько репрезентативна ретроспективная выборка; метод Монте-Карло наиболее гибок, однако требует значительных вычислительных ресурсов и корректной спецификации модели генерации сценариев. Выбор подхода, таким образом, определяется не только точностью оценки, но и составом портфеля, доступными данными и операционными ограничениями.

Выбор метода расчёта определяется составом портфеля и контекстом применения: параметрический метод оптимален для линейных портфелей на спокойном рынке; историческое моделирование подходит при наличии длинной репрезентативной выборки; метод Монте-Карло является наиболее универсальным, однако требует значительных вычислительных ресурсов и тщательной спецификации модели. При этом выбор самого показателя – VaR или CVaR – не менее важен, чем выбор метода его расчёта: несмотря на повсеместное распространение VaR, его математические ограничения – некогерентность и игнорирование хвостовых потерь – делают CVaR предпочтительным в задачах управления экстремальными рисками, что подтверждается переходом Basel III к Expected Shortfall. В условиях кризисных рынков все три метода проявляют ограничения, что указывает на необходимость их комплексного применения совместно со стресс-тестированием.

Список использованных источников:

1. Basel Committee on Banking Supervision. Minimum capital requirements for market risk [Electronic resource] – Basel : Bank for International Settlements, 2019. – Mode of access: <https://www.bis.org/bcbs/publ/d457.pdf>. (дата обращения): 25.03.2026.
2. Abad P. A comprehensive review of value at risk methodologies / P. Abad, S. Benito, C. López // *The Spanish Review of Financial Economics*. – 2014. – Vol. 12, no. 1. – P. 15–32.
3. Jorion P. Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk. / 3rd ed.: P. Jorion. – New York : McGraw-Hill, 2007. – 602 p.
4. Sarykalin S. Value-at-Risk vs. conditional value-at-risk in risk management and optimization / S. Sarykalin, G. Serraino, S. Uryasev // *INFORMS Tutorials in Operations Research*. – 2008. – 24 p.
5. Rockafellar, R. T. Optimization of conditional value-at-risk / R. T. Rockafellar, S. Uryasev // *Journal of Risk*. – 2000. – Vol. 2, no. 3. – P. 21–41.
6. Исаков, А. В. Оценка рыночного риска Value-at-Risk с применением метода исторического моделирования [Электронный ресурс] / А. В. Исаков // *Молодой учёный*. – 2016. – № 6. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/146/41043/>. (дата обращения): 25.03.2026.

UDC 519.86:336.76

A COMPARATIVE ANALYSIS OF PORTFOLIO MARKET RISK MEASUREMENT METHODS BASED ON THE TRANSITION FROM VAR TO CVAR, TAKING REGULATORY REQUIREMENTS INTO ACCOUNT

Hapaniuk A.U., Prymakovich L.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Efremov A.A. – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

Annotation. This article examines and compares the main approaches to modeling market risk in a securities portfolio. It describes the theoretical foundations of Value at Risk (VaR) and Conditional Value at Risk (CVaR), as well as the methods used to calculate them: parametric, historical simulation, and Monte Carlo. A comparative analysis of the advantages and limitations of each approach is conducted. The conclusion is drawn that CVaR is practically applicable as a coherent and more conservative measure of risk.

Keywords. market risk, Value at Risk (VaR), Conditional Value at Risk (CVaR), securities portfolio, historical simulation, Monte Carlo method, parametric method.