

УДК 51-7:[336.763.2+330.131.7]

2. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РЫНОЧНОГО РИСКА АКЦИЙ

Сытая Д.Д., студент гр.373902

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

Шинкевич Е.А. – канд. физ.-мат. наук

Аннотация. В статье проанализированы математические методы измерения риска акций, порождаемой неопределенностью рыночной среды. Рассчитанные на их основе показатели выступают значимыми факторами для принятия решений в сфере управления рыночными рисками и оптимизации финансового портфеля. В статье систематизированы существующие методы и обоснованы возможности их практического применения для оценки динамики цен финансовых инструментов на примере наборов данных о ценах акций компаний Amazon и Ferrari за 2015-2025 гг.

Ключевые слова. Ценные бумаги, цена акции, доходность акции, рыночный риск, волатильность, нестабильность котировок, стоимость риска VaR, β -коэффициент, корреляция.

В силу современной глобальной экономической нестабильности, характеризующейся функционированием финансового рынка в условиях внешних ограничений, одной из важнейших задач становится привлечение инвестиций на фондовый рынок, а вопросы эффективного анализа и управления рыночными рисками выходят на первый план для всех участников финансовой системы. В рамках управления портфелем ценных бумаг особое место занимают долевыми финансовыми инструментами – акциями, которые, с одной стороны, предоставляют потенциал для получения более высокой доходности по сравнению с долговыми инструментами, или облигациями, а с другой – ассоциируются со значительно более высоким уровнем нестабильности котировок. С удлинением сроков инвестирования акции становятся более привлекательным финансовым инструментом, так как риски акций снижаются в значительно большей степени, чем их доходность [1].

Данные официальной статистики Министерства Финансов Республики Беларусь подтверждают сложившуюся структуру сегментов рынка ценных бумаг, где по итогам 2024 года доля операций с акциями составляет 3,2% совокупного объема операций с ценными бумагами, а по итогам 2025 года – 2,5%, хотя объемы выпуска акций в обращении превышают объемы выпуска облигаций на 64% [2]. Данная ситуация свидетельствует о низкой ликвидности рынка акций и преобладании стратегий долгосрочного удержания над активными спекулятивными и инвестиционными стратегиями. Фактически, значительный объем акционерного капитала, сосредоточенный на балансах эмитентов и крупных акционеров, не вовлечен в рыночный оборот, что снижает эффективность ценообразования и ограничивает реализацию инвестиционного потенциала долевыми инструментами. В то время как одним из основных направлений деятельности Департамента по ценным бумагам Министерства финансов в 2025 году являлась оптимизация процессов раскрытия информации на рынке ценных бумаг и актуализация критериев оценки степени риска.

В широком смысле под риском понимается вероятность отклонения фактических результатов от ожидаемых, включая как потенциальные потери, так и возможные дополнительные выгоды. Формализация понятия риска осуществляется с использованием вероятностных и статистических методов, позволяющих количественно оценивать степень неопределенности и изменчивости доходности финансовых инструментов. Инвестиции в акции сопряжены с несистематическим риском, обусловленным внутренними характеристиками отдельной компании: её финансовым состоянием, качеством корпоративного управления, отраслевой принадлежностью и стратегией развития – как и с риском ликвидности, связанным с невозможностью быстрой продажи актива без существенного снижения его цены, что особенно актуально для менее ликвидных рынков или отдельных эмитентов. Кредитный риск проявляется в вероятности невыполнения обязательств контрагентами, что особенно актуально при использовании производных финансовых инструментов и маржинальной торговли. Операционный риск связан с внутренними сбоями в деятельности организаций, включая ошибки персонала, недостатки бизнес-процессов и внешние события. Валютный риск, в свою очередь, возникает при изменении обменных курсов и особенно значим для компаний и инвесторов, осуществляющих операции на международных рынках.

Рыночный риск представляет собой один из ключевых видов финансового риска и связан с возможными потерями вследствие неблагоприятных изменений рыночных параметров, таких как цены на акции, процентные ставки, валютные курсы и товарные цены. Для акций рыночный риск проявляется прежде всего в колебаниях их рыночной стоимости, обусловленных изменениями макроэкономической ситуации, динамикой отрасли, а также ожиданиями и поведением участников рынка [3]. Стоит отметить, что люди не столько избегают неопределенностей, сколько не приемлют потерь, что обуславливает необходимость количественного измерения возможных убытков.

В основе количественного анализа эффективности инвестиционной операции и, как следствие, финансовых рисков лежит понятие доходности, поскольку именно она отражает изменение стоимости актива во времени. Исходными данными в данном случае выступают цены акций, которые фиксируют рыночную стоимость актива на конец торгового дня. Доходность r_t может быть определена как относительное изменение цены актива между двумя последовательными моментами времени и равна отношению дохода к цене покупки, однако для построения модели следует использовать логарифмическую доходность с целью удобства суммирования доходностей во времени:

$$r_t = \frac{S_t - S_{t-1}}{S_{t-1}} \approx \ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right) \quad (1)$$

где S_t – котировка акции на закрытии t -го торгового дня;

Одним из методов оценки рыночного риска акций является оценка среднеквадратичного отклонения котировок акций, или оценка волатильности акций. Волатильность определяется как стандартное отклонение доходностей σ и отражает степень разброса значений относительно среднего:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^N (r_t - \mu)^2}, \quad (2)$$

где μ – средняя доходность акций за рассматриваемый период N .

Основным достоинством данного показателя является наглядная интерпретация: чем выше волатильность, тем более непредсказуемо ведет себя актив, однако, метод предполагает симметричность распределения доходностей, тогда как на практике инвесторы в большей степени опасаются резких падений, нежели столь же резких взлетов, а стандартное отклонение учитывает как положительные, так и отрицательные отклонения. Волатильность легко сопоставима для различных активов и служит базовой характеристикой при построении более сложных моделей риска, таких как авторегрессионной гетероскедастичные модели оценки волатильности GARCH.

Скользкая волатильность является простейшей непараметрической альтернативой GARCH-моделям. Оценка нестабильности котировок $\sigma_t^{(W)}$ направлена на выявление периодов структурных изменений в поведении актива и позволяет определить, насколько стабильны параметры риска во времени. Практически это реализуется через расчет скользящей волатильности с фиксированным рассматриваемым периодом. В отличие от стандартной волатильности, данный показатель ориентирован на выявление избыточной изменчивости, возникающей вследствие поведенческих и спекулятивных факторов. Следует отметить, что существующие методы анализа движения котировок акций учитывают их изменение сравнением показателя только с предыдущим значением, но при этом не учитывается глубина роста или падения котировок акций в рамках рассматриваемого временного отрезка [4].

$$\sigma_t^{(W)} = \sqrt{\frac{1}{W-1} \sum_{i=0}^{W-1} (r_{t-i} - \mu^{(W)})^2}, \quad (3)$$

а избыточная волатильность $\Delta\sigma_t$ по периодам W рассчитывается по формуле (5):

$$\Delta\sigma_t^{(W)} = \sigma_t^{(W)} - \bar{\sigma}_t, \quad (5)$$

где W – количество наблюдений фиксированного рассматриваемого периода, участвующих в расчете; $\mu^{(W)}$ – средняя доходность внутри периода W ; $\bar{\sigma}_t$ – средняя волатильность за весь период.

В практической деятельности для оценки риска операции, продолжающейся в течении некоторого периода времени T , рассчитывается показатель стоимости риска VaR [5]. Данный показатель отвечает на вопрос, какой максимальный убыток с заданной вероятностью не будет превышен за определенный период времени. Для заданного доверительного уровня γ VaR определяется как:

$$VaR_\gamma = -\omega_\gamma = -\chi_{1-\gamma}, \quad (6)$$

где ω_γ ; $\chi_{1-\gamma}$ – квантили распределения доходностей с заданным уровнем вероятности.

Существует три основных метода расчета стоимости риска:

1 Параметрический – предполагает нормальное распределение доходностей с использованием параметров распределения в подсчете стоимости риска.

2 Исторический – использует эмпирические данные распределения доходностей, при котором не нужно выдвигать гипотезу о предполагаемом распределении, но база для исследования зависима от выбранного исторического периода.

3 Метод Монте-Карло – подразумевает моделирование множества возможных сценариев на основе заданного распределения, что позволяет учитывать сложные зависимости между активами, но требует значительных вычислительных ресурсов и предположения о законе распределения.

Также существует показатель CVaR, рассчитываемый как средний ожидаемый убыток при условии, что убыток превысил значение VaR. Условная стоимость риска заключается в том, что она учитывает не только частоту, но и тяжесть экстремальных убытков, позволяет показать средний убыток в худших сценариях динамики акций на рынке.

Последней рассмотренной моделью является модель CAPM, устанавливающая линейную зависимость между ожидаемой доходностью актива r_t и его систематическим риском, измеряемым β -коэффициентом. Основное уравнение модели имеет вид:

$$\bar{r}_t = r_f + \beta_t(\bar{r}_m - r_f), \quad (7)$$

$$\beta_t = \frac{\sigma_{r_t r_m}}{\sigma_{r_m}}, \quad (8)$$

где r_f – безрисковая ставка; r_m – доходность рыночного портфеля; $\sigma_{r_t r_m}$ – ковариация между доходностью акции и доходностью на рыночный индекс.

β -коэффициент показывает чувствительность доходности акции к движениям рынка и определяет коэффициент наклона рыночной модели. Акции с β -коэффициентом больше единицы обладают большей изменчивостью, чем рыночный индекс и носят название «агрессивные» акции и, наоборот, акции с β -коэффициентом меньше единицы обладают меньшей изменчивостью и называются «оборонительными» акциями [6].

Для исследования представленных показателей оценки рисков и построения модели на практике были использованы наборы исторических данных, отражающие ежедневную торговую активность, включая цены открытия, высокие, низкие, закрытые цены и объём торгов акций компаний Amazon и Ferrari за 2015-2025 годы [7,8].

Оценка риска с использованием показателя VaR показала, что при уровне доверия 95% потенциальные дневные потери по акциям Ferrari составляют от -2.76%, согласно историческому методу, до -3.05% при использовании параметрического метода, тогда как для акций Amazon данный диапазон составляет от -3.2% до -3.31% соответственно. Акции Amazon характеризуются более высоким уровнем риска, что свидетельствует о большей изменчивости их доходности. При этом различия между параметрическим и историческим VaR на уровне 95% являются относительно незначительными, что указывает на приемлемость нормального приближения в центральной части распределения. При переходе к уровню доверия 99% для Ferrari исторический VaR составляет -4.79%, тогда как параметрический – -4.35%, а для Amazon – -5.75% и -4.71% соответственно. При заданном уровне вероятности разница между показателями достигает 1 п.п. для Amazon, что свидетельствует о наличии тяжёлых хвостов распределения и указывает на повышенную уязвимость акций Amazon к редким, но значительным рыночным шокам.

Дополнительное углубление анализа хвостовых рисков было осуществлено с использованием показателя CVaR, который отражает средний уровень потерь в худших 5% случаев. Для акций Ferrari CVaR составил -4.35%, тогда как для Amazon – -4.82%. Сопоставление этих значений с VaR показывает, что в случае реализации неблагоприятного сценария фактические потери оказываются существенно выше пороговых значений VaR. В частности, разница между VaR при заданной вероятности 95% и CVaR составляет около 1.6 процентного пункта для обеих акций, что свидетельствует о высокой концентрации риска в хвостах распределения. При этом минимальные наблюдаемые значения доходности достигают -16.24% для Ferrari и -15.14% для Amazon.

Анализ систематического риска на основе модели CAPM показал, что β -коэффициент для Ferrari составляет 0.94, а для Amazon – 1.06. Оба значения статистически значимы, что подтверждает устойчивость полученных оценок. Значение β -коэффициента ниже единицы для рыночной модели Ferrari указывает на то, что данный актив менее чувствителен к рыночным колебаниям и может рассматриваться как относительно защитный. В то же время β -коэффициент для рыночной модели Amazon превышает единицу, что свидетельствует о повышенной чувствительности к изменениям рыночной конъюнктуры и, соответственно, о более высоком систематическом риске. Данные согласуются с ранее полученными результатами по VaR и CVaR и подтверждает более агрессивный характер данного актива.

Внимание также было уделено анализу нестабильности котировок, основанному на отклонениях цен от сглаженного тренда. Полученные результаты показали, что динамика отклонений носит выраженный кластерный характер, с периодами резких всплесков, особенно для акций Amazon. Это свидетельствует о наличии избыточной волатильности, не объясняемой фундаментальными факторами. Такой эффект может быть обусловлен поведенческими аспектами рынка, включая иррациональные ожидания инвесторов, информационные шоки, спекулятивную активность. В отличие от волатильности, показатель позволяет выявить структурную нестабильность цен.

Проведённый корреляционный анализ показателей риска позволил выявить степень их взаимосвязанности. Установлено, что между волатильностью, VaR и CVaR наблюдается мультиколлинеарность: для Ferrari коэффициенты составляют -0.82, -0.85 и 0.79 между приведенными показателями, а для Amazon равны -0.87, -0.87 и 0.9 соответственно. Это означает, что данные показатели отражают один и тот же аспект риска – масштаб колебаний доходности и вероятность экстремальных потерь. Особенно высокая корреляция между VaR и CVaR для Amazon свидетельствует о высокой согласованности хвостовых рисков и указывает на структурированность риск-профиля данного актива.

Таблица 1 – Корреляционный анализ показателей оценки риска акций Amazon в нижней треугольной матрице и Ferrari в верхней треугольной матрице

Показатель	Волатильность	VaR	CVaR	Нестабильность котировок	Избыточная волатильность	β -коэффициент
Волатильность	1	-0,82	-0,85	0,29	0,99	0,36
VaR	-0,88	1	0,79	-0,14	-0,82	-0,15
CVaR	-0,87	0,9	1	-0,16	-0,86	-0,36
Нестабильность котировок	0,36	-0,3	-0,31	1	0,26	0,1
Избыточная волатильность	0,99	-0,87	-0,86	0,34	1	0,36
β -коэффициент	0,53	-0,38	-0,38	0,21	0,53	1

Показатель избыточной волатильности демонстрирует практически идеальную положительную корреляцию с волатильностью 0.99 для Ferrari и для Amazon, что свидетельствует о том, что в рассматриваемой модели он фактически отражает те же рыночные колебания, но в контексте отклонения от тренда. Данный показатель не является независимой мерой риска, однако может использоваться для уточнения структуры волатильности и интерпретации её источников.

Важным результатом является отсутствие значимой корреляции между нестабильностью котировок и остальными показателями риска, значения коэффициентов близки к нулю как для Ferrari, так и для Amazon. Это означает, что нестабильность отражает качественно иной аспект рыночной динамики, связанный не с амплитудой колебаний доходности, а с отклонениями цен от фундаментального тренда. Таким образом, данный показатель дополняет классические методы и позволяет учитывать поведенческие и структурные факторы риска.

β -коэффициент демонстрирует умеренную корреляцию с волатильностью 0.36 для Ferrari и 0.53 для Amazon и более слабую связь с VaR и CVaR. Это подтверждает его специфику как меры систематического риска, отражающей чувствительность актива к рыночным изменениям, а не абсолютный уровень риска. Более высокая корреляция β -коэффициента с волатильностью для Amazon указывает на более тесную интеграцию данного актива в рыночную систему.

Для задач оперативного риск-менеджмента наиболее эффективным является расчет VaR для оценки максимальных потерь, а для стратегического анализа и сравнения активов предпочтительнее использовать CVaR, оценку неустойчивости котировок и β -коэффициент, которые дают более полное представление о профиле риска. Однако одного универсального показателя не существует, ведь выбор метода определяется конкретной задачей, доступными данными и требуемой степенью точности оценки, а также необходимостью рассмотрения нескольких моделей.

Список использованных источников:

- Берзон, Н. И. Зависимость риска и доходности активов от временного горизонта инвестирования [Электронный ресурс] / Н. И. Берзон // КиберЛенинка: Российская научная электронная библиотека. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/zavisimost-riska-i-dohodnosti-aktivov-ot-vremennogo-gorizonta-investirovaniya/viewer>. – Дата доступа: 21.03.2026.
- Отчет о работе департамента по ценным бумагам в 2024 году // Министерство Финансов Республики Беларусь. – URL: <https://www.minfin.gov.by/upload/depacen/otchet/2024/2024.pdf> (дата обращения: 21.03.2026)
- Описание финансовых инструментов и связанных с ними рисков // Industra Bank. – URL: <https://industria.finance/data/mifid/finansu-instrumentu-un-ar-tiem-saistitie-riski-rus.pdf> (дата обращения: 21.03.2026)
- Сизых, Д. С. Новый подход к оценке риска акций: методология и практическое применение [Электронный ресурс] / Д. С. Сизых, Н. В. Сизых // КиберЛенинка: Российская научная электронная библиотека. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/novyy-podhod-k-otsenke-riska-aktsiy-metodologiya-i-prakticheskoe-primeneniye/viewer>. – Дата доступа: 21.03.2026.
- Соловьев, В. И. Математические методы управления рисками : учеб. пособие / В. И. Соловьев. – М. : ГГУ, 2003. – 100 с.
- Sharpe, W. F. Investments / W. F. Sharpe, G. J. Alexander, J. V. Bailey. – Michigan : Prentice Hall, 1999. – XII, 962 с.
- Анализ акций AMZN (2015-2025) // Kaggle. – URL: <https://www.kaggle.com/datasets/hassanjameelahmed/amzn-stock-analysis> (дата обращения: 21.03.2026)
- Данные о акциях Ferrari (2015-2025) // Kaggle. – URL: <https://www.kaggle.com/datasets/alehcleal/ferrari-stock-data-2015-2026> (дата обращения: 21.03.2026)

UDC 51-7:[336.763.2+330.131.7]

STATISTICAL METHODS FOR STOCK MARKET RISK ASSESSMENT

Sytaya D.D.

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

Shinkevich E.A. – PhD in Physics and Mathematics

Annotation. The article analyzes mathematical methods for measuring stock risk generated by the uncertainty of the market environment. The indicators calculated on their basis are significant factors for decision-making in the field of market risk management and optimization of the financial portfolio. The article systematizes existing methods and substantiates the possibilities of their practical application for assessing the price dynamics of financial instruments using the example of datasets on stock prices of Amazon and Ferrari companies for 2015-2025.

Keywords. Securities, share price, share yield, market risk, volatility, quote instability, value of risk VaR, β -coefficient, correlation.