

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра дифференциальных уравнений и математической экономики
наименование кафедры

**Вычислительные эксперименты
по прогнозированию стоимости портфеля ценных бумаг**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 4 курса 441 группы

направления 09.03.03 «Прикладная информатика»
код и наименование направления

механико-математического факультета
наименование факультета, института, колледжа

Поржезинского Яна Романовича
фамилия, имя, отчество

Научный руководитель:

зав. кафедрой, д.ф.-м.н.,
профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

С.И. Дудов

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой:

зав. кафедрой, д.ф.-м.н.,
профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

С.И. Дудов

инициалы, фамилия

Саратов 2025

Введение. Прогнозирование стоимости портфеля ценных бумаг играет важную роль для инвесторов и трейдеров в условиях сложной и динамичной структуры финансовых рынков. Современные технологии и математические методы позволяют улучшать точность и надёжность прогнозов, что особенно важно при управлении инвестициями.

Вычислительные эксперименты стали неотъемлемой частью исследований в области финансов, позволяя применять различные модели и алгоритмы для анализа и прогнозирования движения цен. Использование математических методов и компьютерных технологий повышает эффективность анализа и принятия решений.

Для выполнения вычислительных экспериментов применяются следующие подходы: методы машинного обучения, такие как нейронные сети, градиентный бустинг, случайные леса и другие алгоритмы, способные выявлять нелинейные зависимости в финансовых данных; фундаментальный анализ, включающий оценку финансовых показателей компаний, макроэкономических факторов, отчётности и других фундаментальных данных; технический анализ, заключающийся в изучении графиков цен, объёмов торгов и технических индикаторов, таких как SMA, RSI, MACD, для определения трендов и сигналов к покупке или продаже; статистические методы, включая анализ временных рядов, регрессионное моделирование, оценку корреляций и другие статистические подходы; симуляции и оптимизация портфеля, такие как моделирование с помощью метода Монте-Карло и оптимизация состава портфеля для оценки риска и доходности при различных сценариях.

Целями работы являются исследование и систематизация современных методов технического анализа и индикаторов для прогнозирования стоимости портфеля ценных бумаг, разработка программной системы для автоматизации вычислительных экспериментов по анализу и прогнозированию инвестиционных портфелей, проведение вычислительных экспериментов с использованием выбранных инструментов, оценка точности и эффективности прогнозов на основе результатов экспериментов, а также анализ среднего абсолютного отклонения (MAD) как по всему портфелю, так и по отдельным активам.

Задачи работы включают анализ особенностей и применимости выбранных индикаторов, проектирование и разработку архитектуры программной системы

с модульностью и масштабируемостью, реализацию MVP системы с функциями создания портфелей, интеграции с внешними API и визуализации данных, применение индикаторов к историческим данным портфелей, а также сравнение точности различных методов на основе показателя MAD.

Структура работы состоит из введения, четырёх основных разделов, заключения, списка используемой литературы. Общий объем работы составляет 44 страницы. Список литературы содержит 28 наименований. Первая глава посвящена теоретическим основам технического анализа, описанию графиков, таких как свечи и бары, индикаторов, включая трендовые, осцилляторные и индикаторы объёмов, и их роли в прогнозировании цен. Вторая глава рассматривает методы скользящих средних (SMA, WMA, EMA, SMMA), их принципы расчёта и особенности применения для прогнозирования стоимости портфеля. Третья глава описывает техническую реализацию системы, включая архитектуру с фронтендом на React, бэкендом на Flask и базой данных PostgreSQL, этапы разработки MVP и меры безопасности. Четвёртая глава посвящена вычислительным экспериментам, сравнению волатильности одноотраслевого портфеля из нефтегазового сектора и диверсифицированного портфеля из банковского, энергетического и IT-секторов через показатель MAE, а также подтверждению эффективности диверсификации.

Первая глава посвящена инструментарию технического анализа, который используется для прогнозирования цен на основе прошлых рыночных данных (цены и объёмы торгов). Технический анализ — метод прогнозирования цен на основе прошлых рыночных данных, включая цены и объёмы торгов. Он основан на трёх постулатах: рынок учитывает всё, то есть все факторы, влияющие на цену, уже отражены в движении цены; цены следуют тенденциям; история повторяется.

Графики — ключевой инструмент технического анализа, визуализирующий ценовые данные и объёмы торгов за выбранный период. В зависимости от формата (свечи, линии, бары) они отображают цены открытия, закрытия, максимума и минимума.

Линейные графики — простой и наглядный способ отображения изменения цены актива во времени с помощью непрерывной линии. Они помогают определить общее направление тренда и возможные развороты, удобны для начинающих

трейдеров. Однако они не отражают волатильность и размах цен, поэтому для детального анализа предпочтительнее использовать свечные или баровые графики.

Столбиковые графики (бары) отображают цены открытия, закрытия, максимума и минимума за выбранный период с помощью вертикальной линии и горизонтальных отметок. Они дают полное представление о волатильности и тренде, особенно полезны для краткосрочного анализа и поиска точек входа и выхода.

Японские свечи — популярный графический инструмент, отображающий цены открытия, закрытия, максимума и минимума за период. Тело свечи отражает разницу между открытием и закрытием, тени — экстремумы. Они нагляднее других графиков, помогают выявлять тренды, уровни поддержки/сопротивления и точки входа/выхода. Существуют различные свечные модели, такие как молот, поглощение, утренняя или вечерняя звезда, сигнализирующие о возможных изменениях на рынке.

Индикатор в техническом анализе — это математическая функция, основанная на ценах и объёмах торгов, помогающая оценить поведение рынка и определить, продолжится ли текущий тренд или произойдёт его изменение.

Трендовые индикаторы помогают выявить направление и силу текущего рыночного тренда, а также возможные развороты. Они основаны на исторических ценах и объёмах торгов и применяются как в краткосрочной, так и в долгосрочной торговле. Примеры включают скользящие средние, линии тренда, каналы и параболический SAR.

Осцилляторы — это опережающие технические индикаторы, полезные при боковом движении рынка, когда трендовые сигналы слабы. Они помогают выявлять перекупленность или перепроданность и прогнозировать развороты тренда. Среди них выделяют осцилляторы скорости, такие как индекс относительной силы (RSI) и стохастический осциллятор, а также осцилляторы волатильности и объёма.

Индикаторы объёма анализируют торговую активность и интерес участников рынка, помогая прогнозировать ценовые движения. Ключевые индикаторы: индекс денежного потока (MFI), балансовый объём (OBV), накопление/распределение (A/D) и профиль рынка или горизонтальные объёмы.

Эта глава знакомит с основными инструментами технического анализа, их применением и особенностями для прогнозирования рыночных движений.

Вторая глава посвящена прогнозированию цен на основе индикатора скользящее среднее. Он является важной частью технического анализа, направленного на сглаживание ценовых колебаний и определение рыночных трендов.

Простая скользящая средняя (SMA) — это технический индикатор, вычисляющий среднюю цену за выбранный период, сглаживая ценовые колебания. Она используется для определения направления тренда и уровней поддержки/сопротивления. Основным недостатком SMA — запаздывание, из-за чего она не всегда быстро реагирует на резкие изменения рынка.

Взвешенная скользящая средняя (WMA) придаёт больший вес последним ценам, что позволяет быстрее реагировать на изменения рынка по сравнению с SMA. Хотя она точнее отражает текущий тренд и меньше запаздывает, её повышенная чувствительность может приводить к множеству ложных сигналов, ограничивая практическое применение.

Экспоненциальная скользящая средняя (EMA) — это чувствительный к последним ценам индикатор, который быстрее реагирует на изменения рынка, чем SMA. Благодаря весовому коэффициенту EMA эффективнее отражает текущую рыночную ситуацию, но её сигналы желательно подтверждать другими индикаторами.

Сглаженная скользящая средняя (SMMA) — это модификация SMA, которая учитывает предыдущее значение средней и последние цены, уменьшая влияние краткосрочных колебаний. Она обеспечивает более стабильное и точное отображение текущего тренда, сглаживая рыночный шум, что делает её полезной при анализе общей направленности рынка.

Третья глава описывает техническую реализацию проекта. Платформа анализа акций построена на клиент-серверной архитектуре с чётким разделением компонентов: фронтенд (UI), бэкенд (логика, API), база данных и внешние сервисы (данные, авторизация). Такой подход обеспечивает модульность, масштабируемость, гибкость и надёжность, позволяя эффективно взаимодействовать с пользователем и внешними источниками данных через REST API.

Для разработки платформы использован стек современных технологий, разделённый по уровням архитектуры. Фронтенд включает React для построения интерфейса на основе компонентов, Context API для управления глобальным состоянием без лишней сложности, Chart.js для визуализации графиков акций и индикаторов.

торов (MA, EMA), Tailwind CSS для быстрого оформления интерфейса с помощью утилитарных классов. Бэкенд реализован с использованием Flask для создания REST API на Python, SQLAlchemy как ORM для работы с PostgreSQL, Flask-Caching для кэширования данных и ускорения отклика, а также Requests для загрузки рыночных данных. В качестве базы данных используется PostgreSQL для хранения информации о пользователях, тикерах, портфелях и истории. Авторизация осуществляется через Google OAuth 2.0 для безопасного входа с использованием Flask-OAuthlib. Вычисления выполняются с помощью NumPy и Pandas для численных расчётов и анализа временных рядов для индикаторов и прогнозов.

Разработка платформы велась по методологии Agile и была разделена на пять спринтов, каждый из которых реализовывал ключевой функциональный модуль. Такой подход обеспечил последовательную разработку, удобное тестирование и гибкие доработки на основе промежуточных результатов. Первый спринт включал интеграцию Google OAuth 2.0, сохранение и извлечение данных пользователя из PostgreSQL, компонент Profile с отображением информации о пользователе и управление авторизацией через Context API. Второй спринт реализовал возможность создания до 5 портфелей на пользователя, таблицы portfolios и portfolio-tickers с фиксированным списком тикеров. Третий спринт обеспечил получение актуальных цен через API MOEX, кэширование данных на 15 минут с использованием Flask-Caching и отображение информации в компоненте PortfolioView. Четвёртый спринт включал загрузку исторических данных, расчёт индикаторов MA с помощью pandas, визуализацию в Chart.js и сохранение пользовательских настроек графика в формате JSON. Пятый спринт реализовал методы прогнозирования на основе MA, построение прогнозов по активам, расчёт средней абсолютной ошибки (MAE) и компонент ForecastView для отображения результатов прогнозирования. Общие подходы включали реализацию REST API с валидацией и проверкой прав доступа, а также адаптивный интерфейс с ручным тестированием на различных устройствах.

Платформа обрабатывает персональные данные, выполняет финансовые расчёты и обращается к внешним API, поэтому безопасность реализована на всех уровнях с акцентом на авторизацию, защиту сессий, валидацию и контроль доступа. Авторизация осуществляется через Google OAuth 2.0 вместо паролей, все действия доступны только после успешной аутентификации, а токены проверяются

с сохранением user-id в серверной сессии. Валидация данных включает проверку названий тикеров, весов активов, дат и других параметров по формату и допустимым диапазонам, с защитой от некорректного ввода на клиентской и серверной сторонах. SQL-безопасность обеспечивается использованием ORM SQLAlchemy, которая предотвращает SQL-инъекции за счёт параметризации запросов. Контроль доступа к API реализован так, что каждый эндпоинт проверяет авторизацию и соответствие user-id, а пользователь имеет доступ только к своим данным (портфелям, настройкам, историям). Устойчивость и обработка ошибок включают обёртывание внешних запросов к API в блоки try-except и отображение fallback-компонентов в интерфейсе при ошибках загрузки. Санитизация и ограничения включают проверку email, имён, ограничение весов акций в пределах $[0; 1]$, сериализацию настроек графиков в JSONB только после валидации, лимит на 5 портфелей на пользователя и ограничение частоты запросов с помощью кэширования.

В рамках четвертой главы был проведён вычислительный эксперимент с целью анализа поведения инвестиционного портфеля в зависимости от его отраслевой структуры. Рассматривались два типа портфелей: одноотраслевой, состоящий из акций компаний нефтегазового сектора, и диверсифицированный, включающий активы из банковского, энергетического и технологического секторов. Целью эксперимента является определение влияния отраслевого состава на стабильность портфеля, выраженную через среднее абсолютное отклонение стоимости активов от их 7-дневной скользящей средней, а также оценка устойчивости портфеля к рыночной волатильности. Параметры, одинаковые для обоих портфелей, включают начальную стоимость портфеля 10,000.00, период наблюдения с 1 апреля 2025 года по 7 мая 2025 года, использование 7-дневной простой скользящей средней (MA7) и равномерный вес каждого актива (0,33). Одноотраслевой портфель состоит из акций ПАО «Лукойл» (LKOH), ПАО «Роснефть» (TRNFP) и ПАО «Газпром» (GAZP). Диверсифицированный портфель включает ПАО «Сбербанк» (SBER, финансовый сектор), ПАО «Лукойл» (LKOH, энергетический сектор) и ООО «Яндекс» (YDEX, технологический сектор). Оценка эффективности каждого портфеля проводилась на основе расчёта среднего абсолютного отклонения (MAE) цен акций от их 7-дневной скользящей средней на протяжении всего периода, где для каждой акции вычислялось значение MAE как

среднее абсолютное отклонение цены закрытия от МА7, а общая волатильность портфеля рассчитывалась как взвешенная сумма MAE с весами 0,33. На основе полученных метрик производилось сравнение степени подверженности рыночным колебаниям между одноотраслевым и диверсифицированным портфелями, что позволило сделать выводы о целесообразности диверсификации с точки зрения устойчивости инвестиций.

Одноотраслевой портфель был сформирован из акций нефтегазовых компаний: Лукойл (LKOH), Роснефть (TRNFP) и Газпром (GAZP) (Рисунок 1). Основная цель анализа — выявление степени синхронности поведения активов внутри одной отрасли и оценка общей устойчивости портфеля к колебаниям рынка. Для LKOH цена до 28 апреля находилась в диапазоне 3016–3350, указывая на консолидацию, после чего последовало снижение, со средним отклонением от МА7 68,99, что является умеренным значением. TRNFP демонстрировала устойчивый восходящий тренд до конца апреля с последующей коррекцией, со средним отклонением 66,80, минимальным в портфеле, что указывает на наименьшую волатильность. GAZP отличалась высокой амплитудой цен (2952–3726), с выраженной волатильностью и средним отклонением 137,53, почти вдвое превышающим показатели других бумаг. Среднее отклонение для всего портфеля составило 101,23. Несмотря на стабильность двух активов (отклонения менее 70), высокая волатильность GAZP существенно увеличивает чувствительность портфеля к рыночным колебаниям. Одноотраслевые портфели подвержены высокой внутрисекторальной корреляции, из-за чего при падении отрасли все бумаги демонстрируют синхронное снижение, не обеспечивая диверсификационного эффекта. В последние дни эксперимента все три бумаги показали тенденцию к снижению, что указывает на влияние общерыночных или отраслевых факторов. Одноотраслевой портфель демонстрирует повышенную волатильность, и присутствие даже одного волатильного актива, такого как GAZP, существенно снижает общую стабильность, несмотря на участие более устойчивых бумаг. Такие портфели плохо защищены от отраслевых рисков и не обеспечивают амортизацию убытков за счёт разнонаправленного движения активов.

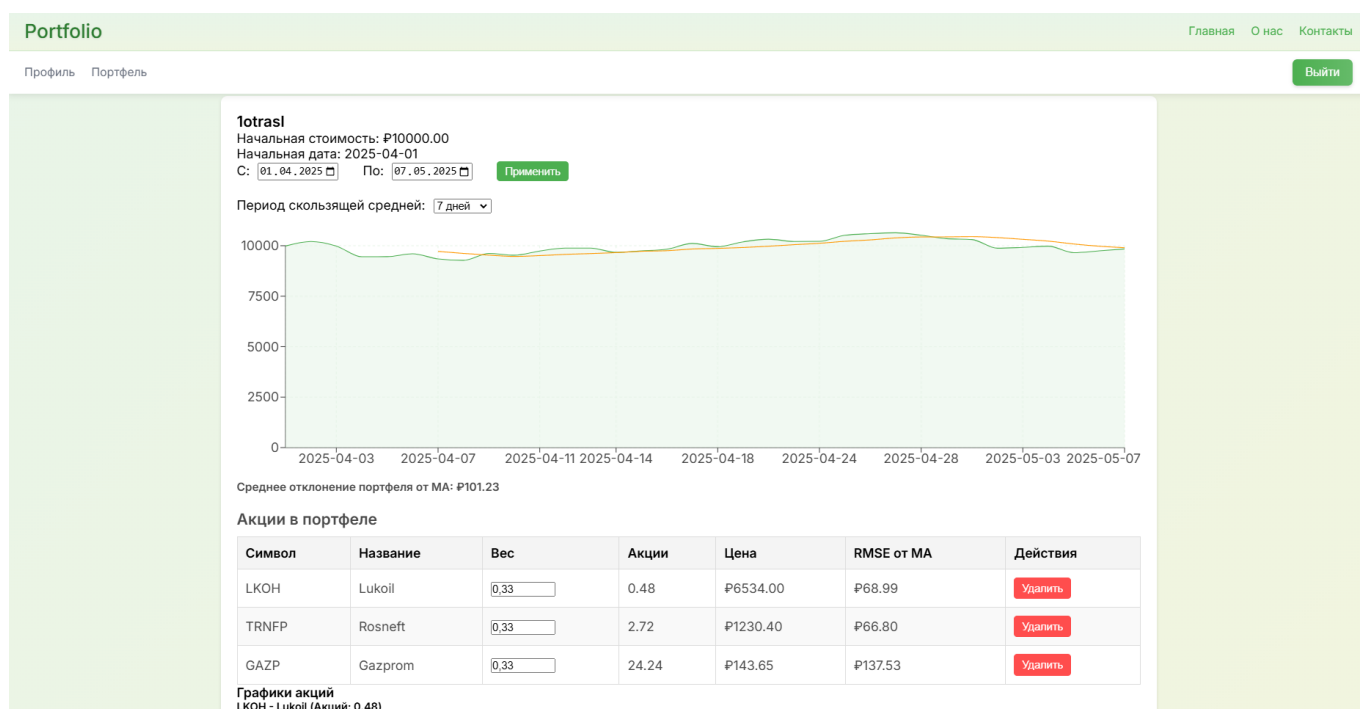


Рисунок 1 — Исторический график цен и скользящая средняя акций компаний Газпром, Лукойл, Роснефть

Диверсифицированный портфель был сформирован из акций Сбербанка (SBER, финансовый сектор), Лукойла (LKOH, энергетический сектор) и Яндекса (YDEX, технологический сектор), чтобы снизить совокупный риск за счёт низкой корреляции между активами (Рисунок 2). Оценка проводилась по той же методике, вычисляя MAE цен закрытия от MA7 и общую волатильность портфеля. SBER показал движение в диапазоне 270–360, с пиком около 21 апреля и последующим снижением, со средним отклонением 66,91, указывающим на умеренную волатильность. LKOH демонстрировал рост до конца апреля и снижение в начале мая, со средним отклонением 65,16, наименьшим в портфеле. YDEX показал наиболее активное поведение с ростом до 29 апреля и последующей коррекцией, со средним отклонением 89,78, наибольшим в портфеле. Среднее отклонение для всего портфеля составило 81,80, что ниже, чем у одноотраслевого портфеля (101,23). Низкие отклонения SBER и LKOH компенсировали нестабильность YDEX, подтверждая, что отраслевое разнообразие снижает совокупную чувствительность к колебаниям. Диверсифицированный портфель продемонстрировал меньшую волатильность, и стратегия секторальной диверсификации подтвердила свою эффективность для управления инвестиционными рисками.

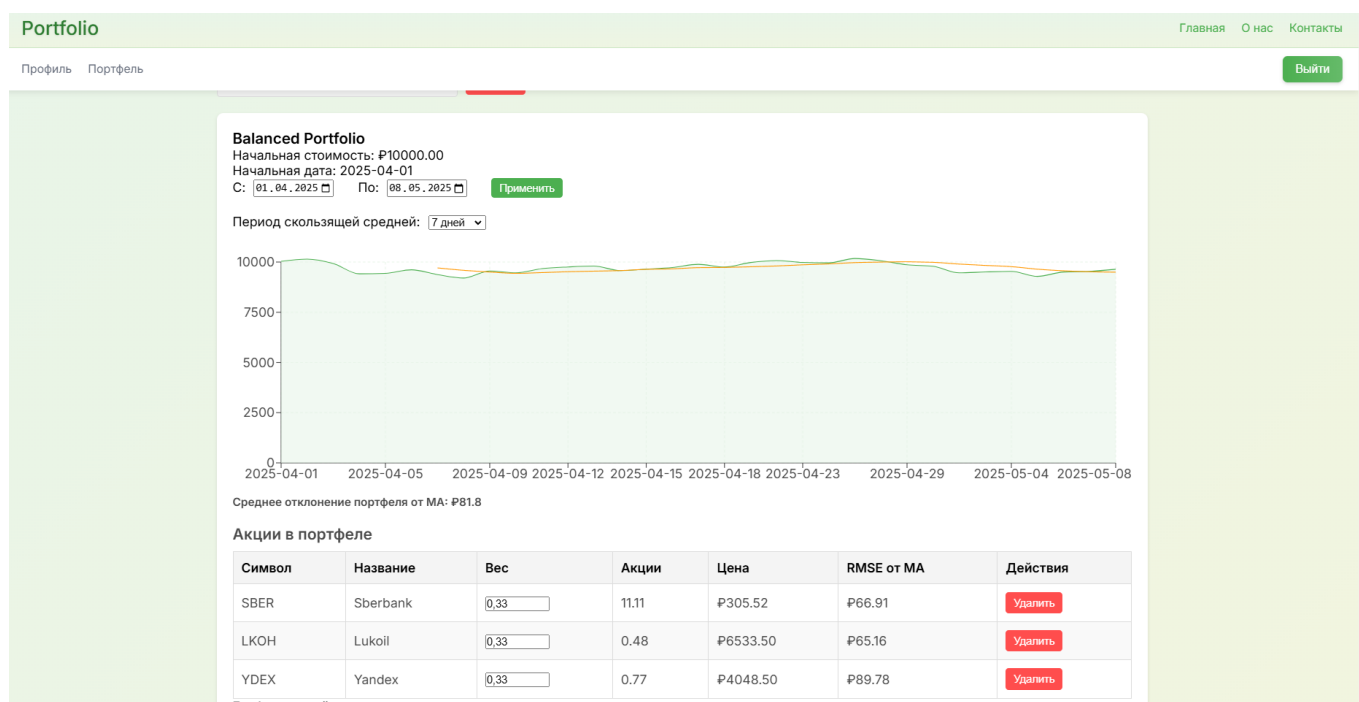


Рисунок 2 — Исторический график цен и скользящая средняя акций компаний Сбербанк, Лукойл, Яндекс

Сравнение результатов показывает, что одноотраслевой портфель (нефтегазовая отрасль) имеет более высокое среднее отклонение (101,23) по сравнению с диверсифицированным (81,80), что указывает на его большую чувствительность к колебаниям цен внутри одной отрасли. Наиболее волатильная бумага в одноотраслевом портфеле (GAZP, 137,53) оказала более значительное влияние, чем YDEX (89,78) в диверсифицированном, из-за высокой корреляции в нефтегазовом секторе. Включение активов из разных отраслей позволило частично компенсировать колебания, особенно за счёт стабильного LKOH (65,16). Диверсифицированный портфель показал большую устойчивость к рыночным движениям.

Проведённый эксперимент позволил оценить влияние отраслевой структуры на волатильность портфеля. Одноотраслевой портфель, включающий Лукойл, Роснефть и Газпром, показал высокое отклонение (101,23) из-за синхронного реагирования активов на рыночные изменения. Диверсифицированный портфель, состоящий из Сбербанка, Лукойла и Яндекса, продемонстрировал меньшее отклонение (81,80), даже с учётом волатильной бумаги (Яндекс, 89,78), благодаря низкой корреляции между отраслями, что обеспечило частичную компенсацию рисков.

Заключение. При одинаковом весе бумаг (равномерное распределение) портфель, составленный из компаний различных отраслей, оказался более устойчивым к рыночной волатильности, чем портфель, ограниченный одной отраслью. Это соответствует фундаментальному принципу портфельного управления: снижение несистематического риска путём включения разнородных активов.

Одноотраслевой портфель отреагировал на рыночную просадку единым синхронным падением всех компонентов. Это резко увеличило вероятность значительной просадки всего портфеля: корреляция акций усиливает общую волатильность. Таким образом, высокая внутренняя корреляция внутри отрасли является фактором, способствующим росту риска.

Результаты вычислительного эксперимента подтверждают практическую ценность отраслевой диверсификации при формировании сбалансированных инвестиционных стратегий. Даже при использовании базовых инструментов технического анализа, таких как скользящие средние, можно выявить различия в поведении портфелей, оценить уровень риска, связанный с отраслевой структурой, и принять обоснованное решение о необходимости включения активов из различных секторов экономики.

Диверсификация остаётся ключевым инструментом управления рисками, а простейшие методы анализа могут служить надёжной основой для их количественной оценки.