

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра теории функций и стохастического анализа

**СТРАТЕГИИ ХЕДЖИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЕЙ**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студентки 4 курса 412 группы

направления 01.03.02 — Прикладная математика и информатика

механико-математического факультета

Кузнецовой Арины Юрьевны

Научный руководитель

доцент, к. ф.-м. н., доцент,

\_\_\_\_\_

И. А. Кузнецова

Заведующий кафедрой

д. ф.-м. н., доцент

\_\_\_\_\_

С. П. Сидоров

Саратов 2023

**Введение.** В условиях нестабильности и рисков на рынке ценных бумаг, хеджирование является одной из самых востребованных стратегий инвестирования. Риски, связанные с колебаниями цен на активы, валютные риски, инфляция и другие факторы могут значительно влиять на доходность портфеля. Хеджирование позволяет минимизировать эти риски и увеличить стабильность и предсказуемость доходности портфеля. Это особенно важно для инвесторов, которые стремятся сохранить свой капитал и получить стабильный доход. Однако, чтобы успешно применять эту стратегию, необходимо иметь глубокие знания о методах хеджирования и умение правильно строить инвестиционный портфель.

**Цель работы** заключается в изучении теории и построении модели, демонстрирующей значительное улучшение доходности с использованием стратегии хеджирования по сравнению с ее отсутствием. Результаты исследования позволят сформировать практические рекомендации для инвесторов и управляющих активами, которые несут ответственность за безопасность и эффективность портфелей своих клиентов.

**Основные задачи** бакалаврской работы:

- Изучение теоретических основ и понятий, связанных с хеджированием портфелей;
- Рассмотрение популярных методов хеджирования;
- Построение оптимального портфеля, который включает в себя акции восьми российских компаний;
- Сравнение показателей прибыли с использованием стратегий хеджирования и без них;
- Анализ эффективности стратегии хеджирования на российском финансовом рынке.

В работе используется метод минимизации дисперсии портфеля (метод Марковица), который является одним из наиболее эффективных методов построения инвестиционного портфеля. Суть метода заключается в том, чтобы определить оптимальное соотношение между различными активами, которые могут обеспечить минимальный уровень риска, при заданном уровне доходности. Для этого используется математическая модель, которая учитывает исторические данные по доходности и риску каждого актива в портфеле.

**Структура и содержание бакалаврской работы.** Работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников, содержащего 20 наименований и двух приложений. В первом разделе приводятся определение риска и способы его снижения, измерения, также определение понятия хеджирование и его предназначение. Во втором разделе подробно описываются инструменты хеджирования, такие как форвард, фьючерс, опцион и своп, а также хеджирование фьючерса на индекс и покупка опционов на продажу. В третьем разделе рассматриваются теоретические положения о трех моделях построения оптимального портфеля. В четвертом разделе произведено построение портфеля акций на языке программирования Python и его оптимизация методом минимизации, также произведено построение хеджирование фьючерсом на индекс РТС.

**Основное содержание работы.** В первом разделе приводятся определение риска и способы его снижения, измерения, также определение понятия хеджирование и его предназначение.

Общее понятие экономического риска можно сформулировать следующим образом:

Риск — это вероятность или угроза потери лицом или организацией части своих ресурсов, части своих доходов, или появления дополнительных расходов.

При анализе риска проекта важно получить информацию для принятия решения о целесообразности участия в проекте и разработки мер по защите от возможных финансовых потерь. Анализ риска обычно включает выявление факторов, анализ данных факторов, оценку риска, установление допустимого уровня риска, анализ операций и разработку мероприятий по снижению риска.

В работе будет рассмотрен метод управления риском на основе диверсификации, приемов хеджирования, заключения форвардных контрактов, покупки опционов и страхования.

Риском операции является среднеквадратичное отклонение случайной величины  $R$ :  $\sigma_R = \sqrt{D[R]}$ . Для финансовых операций с возможными  $n$  исходами с вероятностями возникновения  $p_i$  и доходностями  $q_i$ , средний ожидаемый доход, т.е. математическое ожидание случайной величины  $R$  представ-

ляется как  $M[R] = p_1q_1 + p_2q_2 + \dots + p_nq_n$ . Дисперсия случайной величины  $R$  (дисперсия данной операции) есть  $D[R] = M[(R - m_R)^2]$ . Дисперсия или среднеквадратичное отклонение случайной величины показателя эффективности принимаемого решения от ожидаемого является количественной мерой риска.

Хеджирование — это способ страхования от неблагоприятного изменения ситуации на рынке, направленный на снижение риска, возникающего в процессе финансовой деятельности компании.

Основной задачей хеджирования является трансформация риска из непредсказуемых форм в четко определенные, что позволяет иметь полное представление о будущих доходах и расходах. Процесс хеджирования тесно связан с управлением активами и пассивами компании и включает всю совокупность действий, направленных на устранение или, по крайней мере, уменьшение финансовых рисков.

Во **втором разделе** подробно описываются инструменты хеджирования, такие как форвард, фьючерс, опцион и своп, а также хеджирование фьючерса на индекс и покупка опционов на продажу.

Финансовое хеджирование реализуется путем применения той или иной комбинации производных/срочных инструментов.

Фьючерс — это биржевой товар, цены на который двигаются вверх и вниз. При покупке или продаже фьючерса инвестор платит только гарантийное обеспечение, которое является гарантией исполнения расчетов. Если цены двигаются в противоположную сторону, гарантийное обеспечение уменьшается, а если в нужную сторону, то на него начисляется прибыль.

Форвардный контракт — это способ ограничения рисков, который появился при торговле зерном. На примере фермера, который может договориться о продаже зерна на некоторое время вперед, можно увидеть, что такой контракт гарантирует инвестору прибыль, которая уже не может ни вырасти, ни упасть.

Свопы используются для обмена какими-то товарами или условиями между участниками сделки. Они начали использоваться в США в середине 70-х годов прошлого века и часто используются для хеджирования изменения процентной ставки, обменного курса, колебаний цен на товары и рисков

стратегий на рынке ценных бумаг.

Опцион предоставляет право на покупку/продажу актива по фиксированной цене. Премия опциона является его настоящей ценой. Опционы бывают на покупку (call) и на продажу (put).

Хеджирование фьючерса на индекс. Этот метод позволяет инвестору защитить свои инвестиции без необходимости анализа финансовых отчетов компаний или знания специфики отраслей. Для хеджирования инвестору достаточно приобрести фьючерс на индекс и закрыть его в случае падения цен на акции. В России существует несколько фондовых индексов, на которые можно сделать ставку, включая Индекс Московской Биржи (МОЕХ), Индекс *S&P Russia* и Индекс РТС.

Покупка опционов на продажу (put options) - стратегия хеджирования, позволяющая инвесторам защитить портфели от потенциальных убытков при падении цен на активы. Вместо продажи активов они покупают опционы на продажу, получая защиту. Расчет стоимости опционов можно выполнить по модели Black-Scholes, учитывая цену актива, цену страйк, срок исполнения, процентную ставку и волатильность рынка.

**В третьем разделе** рассматриваются теоретические положения о трех моделях построения оптимального портфеля.

Современная теория портфеля (Modern Portfolio Theory, МРТ) была сформулирована Гарри Марковицем в 1952 году. Она основывается на принципе диверсификации, который предполагает, что портфель следует составлять из активов, которые ведут себя по-разному в различных ситуациях. МРТ использует математический подход для определения взаимосвязи между балансировкой активов и отношением риска к доходности портфеля. Основная идея МРТ заключается в том, что риск и доходность связаны: инвестор, стремящийся к высокой доходности, должен быть готов к более высокому уровню риска, и наоборот. Цель МРТ - найти оптимальный портфель, который максимизирует доходность при заданном уровне риска или минимизирует риск при целевой доходности. Перед формированием портфеля необходимо определить инвестиционные цели, такие как обеспечение безопасности капитала, доходность инвестиций и рост стоимости финансовых инструментов. При подборе акций в портфель важно учитывать факторы, такие как финансовое

состояние компании, выплаты дивидендов, доходность акций, ликвидность активов, волатильность и планы развития компании.

После составления инвестиционного портфеля инвестор может рассчитать доли портфеля, которые будут выражены в процентах и показывать, какую долю общего портфеля занимает каждая акция. Это можно осуществить, используя следующие методы.

В модели Марковица допустимыми являются только стандартные портфели, портфели без коротких позиций (без продаж), то есть портфель состоящий только из купленных акций. Сумма всех долей ценных бумаг должна составлять 1, это правило нормировки долей. Доходность портфеля будет выглядеть как сумма доходностей отдельных акций с выбранными весовыми коэффициентами. Так как каждый инвестор пытается максимизировать получаемую доходность, то необходимо будет максимизировать эту целевую функцию. Помимо доходности инвестору необходимо так же учесть и риск, связанный с той или иной акцией. Риск по Г. Марковицу выражается в виде среднеквадратического отклонения  $\sigma_i$  каждой акции. Значение  $\sigma_p$  — это уровень приемлемого риска для инвестора. Помимо учета среднего квадратического отклонения отдельных акций необходимо учесть корреляцию между доходностями акций  $r_{ij}$ .

Построение модели Марковица получила свое продолжение. На её основе была построена модель Дж. Тобина. Портфель Дж. Тобина строится аналогично модели Г. Марковица, но имеет два главных отличия:

- В инвестиционный портфель включаются безрисковые активы, доходность которых не зависит от рыночных рисков. К безрисковым активам относят государственные ценные бумаги (ГКО, ОФЗ) с максимальным уровнем надежности.
- В модели допускается не только покупка ценных бумаг в портфеле, но также и их продажа.

Модель У. Шарпа является продолжением модели Г. Марковица и позволяет уменьшить объем вычислений для построения границы эффективных портфелей. Она использует метод линейной регрессии, связывающий доходность акций портфеля с рыночными показателями. Параметры линейной регрессии, такие как коэффициенты «альфа» и «бета», определяются

через ожидаемую доходность и дисперсию акций портфеля. Модель Шарпа использует допущения модели Г. Марковица, но с дополнительными условиями относительно случайной ошибки.

В четвертом разделе произведено построение портфеля акций на языке программирования Python и его оптимизация методом минимизации, также произведено построение хеджирования фьючерсом на индекс РТС.

В работе сформирован портфель, состоящий из 8 акций, которые на конец 2020 года демонстрировали низкие результаты. Этот выбор был сделан, так как в условиях экономической неопределенности и кризисных ситуаций хеджирование играет ключевую роль в уменьшении рисков и защите от потерь. Составление портфеля из акций с такими показателями может быть эффективным стратегическим ходом, так как это позволит защитить капитал от возможных потерь и получить выгоду от роста цен на акции в будущем. Российскими акциями, подешевевшими на конец 2020 года, являются: РуссНефть ОАО НК (RNFT), ОАО Татнефть (TATN), Башнефть ПАО (BANE), Газпром нефть (SIBN), ЛУКОЙЛ (LKOH), Сургутнефтегаз (SNGS), Органический синтез КΠΑΟ (KZOS), Роснефть (ROSN).

График доходности акций представлен на рисунке 1.

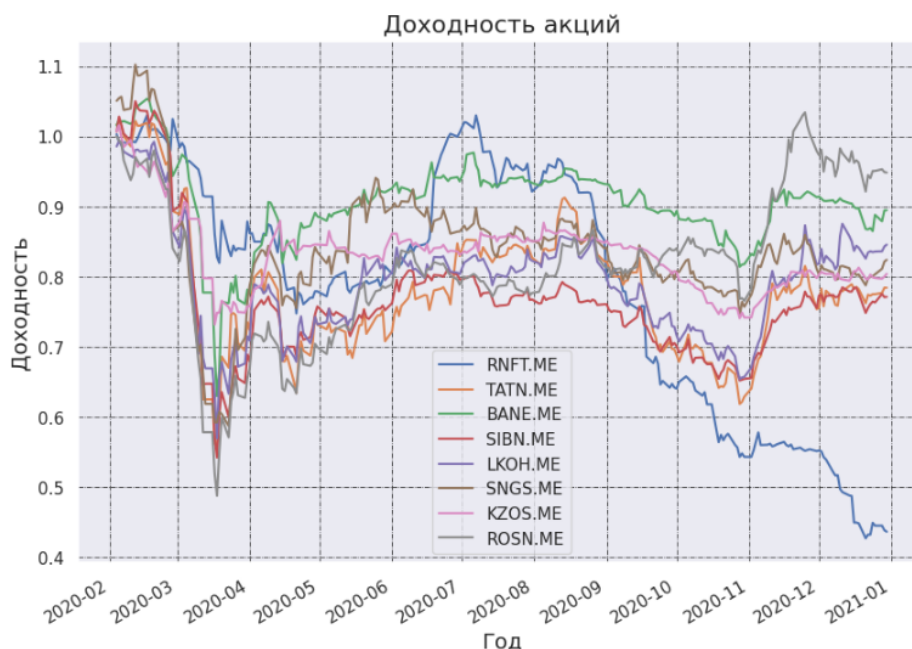


Рисунок 1 – Доходность акций (01.02.2020 — 01.01.2021)

После составления инвестиционного портфеля инвестор может рассчи-

тать доли портфеля, которые будут выражены в процентах и показывать, какую долю общего портфеля занимает каждая акция. Это позволяет инвесторам контролировать распределение риска и настраивать свой портфель в соответствии с инвестиционной стратегией и целями. Это можно сделать с помощью метода минимизации дисперсии портфеля.

Первым этапом является расчет доходности каждой акции за каждый день, используя формулу:

$$d_{ij} = \frac{P_{ij} - P_{i-1j}}{P_{i-1j}},$$

где  $P_{ij}$  — цена закрытия акции  $j$  в момент времени  $i$ ;

$d_{ij}$  — доходность акции  $j$  в момент времени  $i$ .

	RNFT.ME	TATN.ME	BANE.ME	SIBN.ME	LKOH.ME	SNGS.ME	KZOS.ME	ROSN.ME
Date								
2020-02-04	0.002996	0.016897	0.015740	0.006662	-0.014330	0.050613	0.007130	0.000104
2020-02-05	-0.011202	0.001308	0.008248	0.021312	0.007769	0.003640	0.008850	-0.006250
2020-02-06	0.000755	-0.003136	-0.003470	-0.011203	-0.006717	0.001920	-0.017544	-0.002935
2020-02-07	-0.001132	-0.014287	0.001244	-0.012551	-0.008607	-0.017886	-0.013393	-0.025231
2020-02-10	-0.002267	-0.014628	-0.003975	-0.010124	-0.006279	0.002060	0.009955	-0.029336

Рисунок 2 – Доходности акций

Вторым этапом — подсчет ожидаемой доходности ( $d_j$ ) (таблица 1) и риск ( $\sigma_j$ ) (таблица 2) акции каждой компании по формулам:

$$d_j = \frac{\sum_{i=1}^n d_{ij}}{n},$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_{ij} - d_j)^2}{n}}.$$

Таблица 1 – Ожидаемые доходности

RNFT.ME	TATN.ME	BANE.ME	SIBN.ME
-0.003397	-0.000543	-0.000267	-0.000841
LKOH.ME	SNGS.ME	KZOS.ME	ROSN.ME
-0.000295	-0.000535	-0.000860	0.000172



Таблица 2 – Ожидаемый риск

RNFT.ME	TATN.ME	BANE.ME	SIBN.ME
0.020802	0.032017	0.020993	0.023980
LKOH.ME	SNGS.ME	KZOS.ME	ROSN.ME
0.029400	0.024833	0.013498	0.028204

Большинство акций в портфеле имеют отрицательную ожидаемую доходность, что может нанести значительный ущерб инвестору. В такой ситуации имеет смысл либо ребалансировать портфель, заменяя акции, которые не оправдали своих ожиданий на те, которые могут быть более прибыльными, либо рассмотреть возможность защиты себя от потенциальных финансовых потерь с помощью хеджирования. В данной ситуации воспользуемся вторым вариантом.

Функция целевой оптимизации, используемая в методе минимизации дисперсии портфеля, обычно выглядит следующим образом:

$$\text{minimize}(\text{weights}^T \cdot \text{cov.matrix} \cdot \text{weight}),$$

где *weights* — это вектор весовых коэффициентов портфеля, *cov.matrix* — это ковариационная матрица доходности активов портфеля.

С помощью кода, написанного на языке Python, выполнен расчет оптимальных весов активов в портфеле, а также произведен расчет доходности портфеля с использованием и без использования хеджирования.

После того, как определены веса, код вычисляет доходность портфеля с использованием и без использования оптимизации (таблица 3). Для этого вычисляются суммарные доходности портфеля на основе расчетных весов и исходных цен.

Таблица 3 – Доходности портфелей

Доходность портфеля без оптимизации (%)	-18.7929
Доходность портфеля после оптимизации (%)	7.7882

Затем код рассчитывает стоимость портфелей без использования и с использованием оптимизации на основе начального капитала в размере 100 000 (таблица 4).

Таблица 4 – Стоимость портфелей

Стоимость портфеля без оптимизации	81207
Стоимость портфеля после оптимизации	107788

Без использования такой стратегии, инвестор мог потерять значительную часть своего капитала, в то время как при ее использовании ему удалось сохранить и увеличить свой капитал.

Оптимизация и хеджирование являются различными концепциями, однако их совместное использование может существенно снизить риск. Для стратегии хеджирования в данном случае применяется фьючерсный контракт на индекс РТС.

Анализируя график и используя формулу, была определена внутренняя доходность контракта (4,9%) по формуле:

$$h = \frac{\beta_p}{1 + r_T(T/\text{база})},$$

а также бета-коэффициент портфеля акций (0,9912).

Продажа 26 контрактов перед закрытием принесла выигрыш 5059\$, однако стоимость акций снизилась, вызывая потери в размере 31354,4\$. Эффективность хеджирования составляет 13,89%, что означает положительный результат. Таким образом, стратегия хеджирования снизила риск и принесла выгоду, несмотря на общие потери от снижения стоимости портфеля акций.

**Заключение.** В заключение, можно с уверенностью сказать, что хеджирование является важной стратегией инвестирования, которая позволяет снизить риски и обеспечить стабильность доходов. Несмотря на издержки и трудности, связанные с разработкой и реализацией, эта стратегия применяется крупнейшими компаниями во всем мире.

В ходе данной выпускной квалификационной работы были изучены основные понятия и методы хеджирования, а также проведено практическое применение стратегии хеджирования на примере российского финансового рынка. Был построен оптимальный портфель, который включает в себя акции восьми российских компаний, и проведено сравнение показателей прибыли после оптимизации портфеля и без оптимизации. Также применена

стратегия хеджирования фьючерса на индекс РТС и рассчитан выигрыш по позициям за два дня.

В данном эксперименте был рассмотрен метод минимизации дисперсии портфеля. Он используется для оптимизации распределения активов в портфеле с целью минимизации рисков при сохранении доходности портфеля.

Основным инструментом в данной работе был язык программирования Python и его библиотеки NumPy, Pandas и SciPy. Была рассмотрена реализация оптимизации портфеля с использованием функций SciPy.

В результате эксперимента было выявлено, что доходность портфеля с использованием оптимизации значительно превосходит доходность портфеля без нее. Кроме того, была произведена оценка стоимости портфеля на начало и конец периода, что позволяет выявить фактическую прибыль от инвестирования.

Стратегия хеджирования с использованием фьючерсов на индекс РТС позволила снизить риски и защитить портфель от потенциальных неблагоприятных изменений в цене акций.

Общий выигрыш по фьючерсным позициям за два дня составил 5059,6 долларов США и 384963,72 рубля. Кроме того, процентная эффективность хеджирования составила 13,89%, что указывает на достижение значительного выигрыша в размере 13,89% от снижения стоимости портфеля акций.

Однако, на основе предоставленных данных и результатов, можно сделать вывод о том, что стратегия хеджирования, примененная в данном случае, принесла положительные результаты и позволила инвестору защитить свой портфель и получить финансовую выгоду. Это подтверждает эффективность примененной стратегии хеджирования и демонстрирует ее ценность в управлении рисками на финансовых рынках. При правильном применении хеджирования можно достичь стабильности доходов и защитить портфель от неблагоприятных изменений на рынке.