

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

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

Кафедра дифференциальных уравнений и математической экономики

Экспериментальное исследование прогнозной силы некоторых
индикаторов рынка ценных бумаг

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 441 группы

направления 09.03.03 – Прикладная информатика

механико-математического факультета

Мельниковой Алины Сергеевны

Научный руководитель
профессор, д.ф.-м.н., профессор

С.И. Дудов

Заведующий кафедрой
зав. кафедрой, д.ф.-м.н., доцент

В.С. Рыхлов

Саратов 2026

Введение. В условиях высокой волатильности финансовых рынков и информационной перегрузки инвесторы сталкиваются с проблемой выбора надежных инструментов прогнозирования цен. Одиночные индикаторы технического анализа часто дают ложные сигналы, что приводит к необоснованным инвестиционным решениям и финансовым потерям. В связи с этим возникает необходимость в разработке и экспериментальной оценке комбинированных подходов, позволяющих повысить достоверность прогнозов за счет взаимной фильтрации сигналов различных индикаторов.

Практической значимостью в рамках направления подготовки являются результаты работы, которые имеют прямое применение в области финансовой математики и математической экономики. Разработанный подход позволяет количественно оценивать прогностическую способность технических индикаторов, что важно для:

- построения алгоритмических торговых систем;
- управления инвестиционными портфелями;
- минимизации финансовых рисков.

Целью работы является экспериментальное исследование прогностической силы простой, взвешенной и экспоненциальной скользящих средних на исторических данных цен акций. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить теоретические основы технического анализа и методы прогнозирования цен на основе скользящих средних.
2. Разработать программный модуль на языке Python для автоматизированного расчёта индикаторов и оценки их точности.
3. Провести вычислительные эксперименты для различных типов цен, периодов сглаживания и весовых коэффициентов.
4. Выполнить сравнительный анализ полученных результатов.
5. Сформулировать рекомендации по выбору параметров скользящих средних для практического применения.

Объектом исследования являются процессы ценообразования на рынке ценных бумаг и закономерности движения цен финансовых инструментов.

Предмет исследования – это прогнозная сила простой (SMA), взвешенной (WMA) и экспоненциальной (EMA) скользящих средних при различных типах цен, периодах сглаживания и весовых коэффициентах.

Первый раздел содержит теоретические основы технического анализа – метод прогнозирования динамики финансовых инструментов, основанный на предположении, что вся существенная информация уже отражена в рыночной цене. Основные принципы технического анализа были сформулированы в рамках теории Доу и включают:

- рынок учитывает всё;
- цены движутся тенденциями;
- история повторяется.

Среди множества инструментов технического анализа особое место занимают **скользящие средние**, которые относятся к классу трендовых индикаторов. Их основное назначение – сглаживание краткосрочных ценовых колебаний и выявление основного направления движения цены.

В работе рассматриваются три вида скользящих средних.

Простая скользящая средняя представляет собой среднее арифметическое значение цены за выбранный период:

$$SMA = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n}, \quad (1)$$

где p_i – значение цены в i -ом периоде, n – период сглаживания.

Достоинство: простота расчёта. Недостаток: одинаковый вес всех данных независимо от их давности, что приводит к запаздыванию индикатора и снижению его эффективности в условиях высокой волатильности.

Взвешенная скользящая средняя устраняет основной недостаток простой средней путем присвоения весовых коэффициентов, увеличивающихся по мере приближения к текущему моменту:

$$WMA = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} (p_i \cdot (n - i))}{\sum_{i=1}^n i}. \quad (2)$$

Преимущество: меньшее запаздывание за счёт придания большего веса новым данным. Недостаток: повышенная чувствительность может приводить к увеличению количества ложных сигналов.

Экспоненциальная скользящая средняя представляет собой усовершенствованную версию взвешенной средней, в которой весовые коэффициенты убывают по экспоненциальному закону:

$$EMA = \alpha \cdot p_i + (1 - \alpha) \cdot EMA_{np}, \quad \alpha = \frac{2}{n + 1}, \quad (3)$$

где EMA_{np} – экспоненциальная скользящая средняя за предыдущий период.

Благодаря рекуррентной формуле ЕМА учитывает все предыдущие значения цены, придавая наибольший вес наиболее свежим данным. Это обеспечивает оптимальный баланс между чувствительностью к изменениям и устойчивостью к краткосрочным колебаниям.

Второй раздел содержит исследование, которое проводилось на исторических данных акций ПАО «ЛУКОЙЛ» за период с 1 декабря 2025 по 28 февраля 2026 года. Эксперимент включал:

- 4 типа цен: Open, High, Low, Close;
- 3 периода сглаживания: $n = 10, 20, 50$;
- 2 типа весов для WMA: линейные и квадратичные;
- 3 индикатора: SMA, WMA, ЕМА.

Оценка точности прогноза выполнялась по метрике **средней абсолютной ошибки (MAE)**:

$$MAE = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m |p_{t+1} - \hat{p}_t|, \quad (4)$$

где p_{t+1} – фактическая цена на следующий день, \hat{p}_t – значение индикатора в день t .

Для автоматизации расчётов был разработан программный модуль на языке **Python** с использованием библиотек:

- `pandas`, `numpy` – обработка данных;
- `matplotlib` – визуализация;

- `apimoeх` — загрузка исторических данных с Московской биржи.

Программа автоматически загружает исторические данные через API Московской биржи, пример представлен в соответствии с листингом 1. Пользователь задаёт тикер акции, даты начала и окончания периода. Для каждого торгового дня извлекаются четыре типа цен: открытия (Open), максимальные (High), минимальные (Low) и закрытия (Close).

```
1 import requests
2 import apimoeх
3 import pandas as pd
4
5 with requests.Session() as session:
6     data = apimoeх.get_board_candles(
7         session, ticker,
8         interval=24,
9         start=start_date,
10        end=end_date,
11        columns=['begin', 'open', 'high', 'low', 'close']
12    )
13 df = pd.DataFrame(data)
14 df['begin'] = pd.to_datetime(df['begin'])
15 df.set_index('begin', inplace=True)
```

Листинг 1: Загрузка исторических данных

Для каждого типа цен реализованы функции расчёта трёх видов скользящих средних, примеры представлены в соответствии с листингами 2-4.

Простая скользящая средняя (SMA):

```
1 def calc_sma(data, period):
2     return [sum(data[i-period:i])/period
3             for i in range(period, len(data))]
```

Листинг 2: Расчет простой скользящей средней

Взвешенная скользящая средняя (WMA): Поддерживает два типа весов: линейные ($w_i = i$) и квадратичные ($w_i = i^2$).

```
1 def calc_wma(data, period, weights):
2     sum_weights = sum(weights)
3     return [sum(data[i-period+j] * weights[j]
4                 for j in range(period)) / sum_weights
```

```
5         for i in range(period, len(data))]
```

Листинг 3: Расчет взвешенной скользящей средней

Экспоненциальная скользящая средняя (ЕМА):

```
1 def calc_ema(data, period):
2     alpha = 2 / (period + 1)
3     ema = np.zeros(len(data))
4     ema[period-1] = sum(data[:period]) / period
5     for i in range(period, len(data)):
6         ema[i] = alpha * data[i] + (1 - alpha) * ema[i-1]
7     return ema[period:]
```

Листинг 4: Расчет экспоненциальной скользящей средней

Для оценки точности используется метрика средней абсолютной ошибки (MAE), пример представлен в соответствии с листингом 5. Прогноз формируется на основе значения индикатора в день t для предсказания цены в день $t + 1$.

```
1 def calculate_mae(predictions, actual, start_idx):
2     errors = [abs(actual[start_idx + i] - predictions[i])
3               for i in range(len(predictions))]
4     return sum(errors) / len(errors)
```

Листинг 5: Расчет оценки точности

Разработанный программный модуль состоит из следующих логических блоков:

1. **Блок 1. Установка и импорт библиотек.** Автоматическая проверка и установка необходимых библиотек.
2. **Блок 2. Загрузка данных.** Формирование HTTP-запроса к API МОЕХ, загрузка дневных свечей.
3. **Блок 3. Формирование ценовых рядов.** Извлечение массивов цен Open, High, Low, Close.
4. **Блок 4. Расчёт индикаторов.** Вычисление SMA, WMA (линейной и квадратичной), ЕМА для каждого типа цен.
5. **Блок 5. Оценка точности.** Расчёт MAE для всех комбинаций параметров.

6. Блок 6. Визуализация. Построение графиков цен и индикаторов.

В третий раздел входило получение и описание результатов. При краткосрочном прогнозировании ($n = 10$) взвешенная скользящая средняя с квадратичными весами демонстрирует наименьшее запаздывание. Это особенно заметно на графиках цен открытия и закрытия, где WMA практически синхронно повторяет ценовые движения.

Цены открытия (Open): WMA с квадратичными весами обеспечивает наиболее точное следование за ценой, особенно в периоды разворота тренда.

Максимальные цены (High): На высоковолатильном ряде ЕМА показывает оптимальный баланс между скоростью реакции и устойчивостью к ложным сигналам.

Минимальные цены (Low): WMA с квадратичными весами демонстрирует наименьшую погрешность, но ЕМА остаётся универсальным инструментом.

Цены закрытия (Close): WMA с квадратичными весами является абсолютным лидером по точности.

Увеличение периода до $n = 20$ приводит к сглаживанию линий индикаторов. Иерархия сохраняется: WMA ближе всего к цене, ЕМА — промежуточная, SMA — с наибольшим запаздыванием.

В моменты смены тренда WMA реагирует первой (опережение ЕМА на 2–3 дня, SMA — на 5–7 дней). Квадратичные веса дают преимущество перед линейными.

Период $n = 50$ не рекомендуется для краткосрочного прогнозирования из-за значительного запаздывания всех индикаторов (5–12 дней). Однако WMA с квадратичными весами остаётся лучшей среди рассмотренных.

Наилучшая точность при $n = 50$ достигнута для цен закрытия (MAE = 121,27 руб.), что объясняется традиционной ролью цен закрытия в техническом анализе.

В четвертом разделе проанализированы полученные результаты и были составлены соответствующие выводы. В таблице 1 представлены значения средней абсолютной ошибки для всех комбинаций параметров.

Таблица 1 – Средняя абсолютная ошибка (MAE) индикаторов для всех периодов и типов цен, руб.

Период	Индикатор	Open	High	Low	Close
n=10	SMA	97,57	96,57	98,97	100,95
	WMA (лин)	78,92	78,84	80,84	82,37
	WMA (квадр)	68,83	68,60	71,32	72,05
	EMA	75,06	74,07	75,67	77,65
n=20	SMA	137,75	139,92	136,18	141,67
	WMA (лин)	103,25	103,16	102,86	107,18
	WMA (квадр)	87,52	87,76	88,17	91,89
	EMA	114,91	117,35	113,44	118,32
n=50	SMA	279,43	284,23	270,84	282,44
	WMA (лин)	171,29	178,96	164,17	177,23
	WMA (квадр)	115,60	122,22	108,92	121,27
	EMA	231,75	236,82	225,18	235,14

Выводы:

- **WMA с квадратичными весами** — абсолютный лидер во всех случаях;
- Преимущество квадратичных весов перед линейными растёт с увеличением периода: от 12% при $n = 10$ до 30% при $n = 50$;
- EMA эффективна только на коротких периодах ($n = 10$); при $n = 50$ её погрешность в два раза выше, чем у WMA;
- SMA показывает наихудшие результаты, особенно на длинных периодах (MAE > 270 руб.), что делает её непригодной для прогнозирования.

В таблице 2 представлено сравнение точности для различных типов цен при использовании наилучшего индикатора.

Разброс значений составляет всего 3,45 руб., что свидетельствует о **высокой универсальности WMA**. Парадоксально, но наиболее волатильный ряд (High) прогнозируется точнее, чем Low и Close, благодаря быстрой адаптации индикатора.

На основе проведённого исследования сформулированы следующие рекомендации для участников финансового рынка:

Таблица 2 – Точность прогнозирования WMA для разных типов цен при $n=10$, руб.

Тип цен	MAE (WMA квад)	Рейтинг
High	68,60	1
Open	68,83	2
Low	71,32	3
Close	72,05	4

1. **Для краткосрочного прогнозирования (до 10 дней)**
Рекомендуется использовать **WMA с квадратичными весами**. Это обеспечивает минимальное запаздывание и высокую точность.
2. **Для среднесрочного прогнозирования (10–20 дней)**
WMA с квадратичными весами сохраняет преимущество, однако ЕМА может использоваться как универсальный инструмент.
3. **Для долгосрочного анализа (более 50 дней)**
Применение скользящих средних для прогнозирования нецелесообразно из-за значительного запаздывания. WMA может использоваться для определения глобального тренда.
4. **Выбор типа цен**
Для максимизации точности рекомендуется использовать цены **High** при краткосрочных стратегиях и **Close** — при среднесрочных.
5. **Сигналы к покупке и продаже**
 - Покупка: пересечение цены снизу вверх линии WMA (квад) при $n = 10$;
 - Продажа: пересечение цены сверху вниз линии WMA (квад);
 - Подтверждение тренда: положение цены относительно ЕМА(20);

Заключение. В ходе данной работы были выполнены все поставленные задачи:

1. Изучены теоретические основы технического анализа, классификация индикаторов и принципы построения скользящих средних.
2. Разработан программный модуль на Python, обеспечивающий автоматическую загрузку исторических данных с Московской биржи, расчёт SMA, WMA, ЕМА и оценку их точности по метрике MAE.

3. Проведены вычислительные эксперименты для 4 типов цен, 3 периодов сглаживания и 2 типов весов.
4. Выполнен сравнительный анализ, позволивший выявить устойчивые закономерности:
 - WMA с квадратичными весами — наиболее точный индикатор для всех рассмотренных параметров;
 - преимущество квадратичных весов растёт с увеличением периода сглаживания;
 - SMA непригодна для прогнозирования на длинных периодах;
 - тип цен оказывает незначительное влияние на точность WMA.
5. Сформулированы практические рекомендации по выбору параметров скользящих средних для различных горизонтов прогнозирования.

Научный результат, полученный в рамках исследования, заключается в количественном обосновании выбора индикаторов и их параметров на основе объективной метрики точности. Разработанный программный модуль может быть использован для:

- построения алгоритмических торговых систем;
- обоснования инвестиционных решений;
- дальнейших исследований в области технического анализа.

Результаты работы могут быть применены в финансовом менеджменте, управлении портфелями и риск-менеджменте.