

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЭКОНОМИКИ

УДК 336.76

JEL G11, G12, G17

<https://doi.org/10.21122/2309-6667-2022-15-119-130>

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ИНДИКАТОРОВ
В АЛГОРИТМИЧЕСКОМ ТРЕЙДИНГЕ**

Б. А. Железко

boriszh@yandex.ru

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Маркетинг»

Белорусский национальный технический университет

г. Минск, Республика Беларусь

А. О. Стадник

alyaksandr.stadnik@gmail.com

инженер-программист

ООО «Годел Текнолоджис Юроп»

г. Минск, Республика Беларусь

О. А. Синявская

olechka_si@mail.ru

кандидат экономических наук, доцент,

доцент кафедры промышленного маркетинга и коммуникаций

Белорусский государственный экономический университет

г. Минск, Республика Беларусь

Статья посвящена исследованию процесса принятия биржевых решений с помощью технического анализа на основе индикаторов. Рассмотрены методы вычисления базовых технических индикаторов. Предложена торговая стратегия принятия биржевых решений на основе нового комплексного специфического технического индикатора, учитывающего значения таких базовых технических индикаторов, как скользящая средняя схождения-расхождения, средневзвешенная по объему цена, параболический индикатор остановки и разворота, рейтинг среднего направленного движения, импульс цены. Рассмотрен пример автоматизации торговой стратегии. Выполнено ее тестирование на исторических данных, подтверждающее корректность ее использования для принятия биржевых решений.

Ключевые слова: технический анализ, технический индикатор, ценная бумага, цена, волатильность, прогнозирование, биржевая торговля, алгоритмический трейдинг.

Цитирование: Железко, Б. А. Использование технического анализа и индикаторов в алгоритмическом трейдинге / Б. А. Железко, А. О. Стадник, О. А. Синявская // Экономическая наука сегодня : сб. науч. ст. / БНТУ. – Минск, 2022. – Вып. 15. – С. 119–130. <https://doi.org/10.21122/2309-6667-2022-15-119-130>

Введение. Технический анализ является одним из самых распространенных методов принятия решений на биржевом рынке с высокой волатильностью (изменчивостью) цен ценных бумаг. Он включает в себя анализ исторических данных (временных рядов) об изменении цен и прогнозирование цен на будущее. Результатом анализа является решение о покупке, продаже ценной бумаги или ожидании дальнейших изме-

нений на финансовом рынке. В книге [1, с. 19] технический анализ определяется как «метод предсказания изменения цены и будущих трендов рынка путем изучения графиков исторических изменений на рынке, учитывающих цены бумаг, объем сделок и, если возможно, объем открытых позиций». Методы технического анализа, как правило, имеют четкое математическое описание и могут быть легко автоматизированы, однако выбор подходящих технических индикаторов для корректного прогнозирования цен ценных бумаг является непростой задачей. Технический анализ является основой алгоритмического трейдинга – торговле на финансовых рынках, при которой биржевое решение о покупке, продаже или ожидании не только обосновывается, но и принимается автоматически программным модулем.

Преимущество алгоритмического трейдинга перед принятием решения специалистом-трейдером состоит в том, что по результатам анализа сделка совершается мгновенно, в то время как трейдер перед совершением сделки может задуматься и упустить подходящий момент получения максимальной прибыли.

Проблемы технического анализа в мировой практике активно рассматриваются начиная с 90-х гг. XX в. Обобщению теории, практики, методов и алгоритмов технического анализа посвящены, в частности, работы Дж. Мэрфи [2, 3], Дж. Швагера [4], А. Элдера [5, 6], Б. Вильямса и Дж. Грегори-Вильямс [7], П. Кауфмана [8], специалистов агентства Reuters [1]. Так, Дж. Мэрфи рассматривает основы технического анализа и построения графиков, тренды, составляющие графиков, ценовые модели (в том числе модели продолжения и модели разворотов), временные циклы, рыночные индексы, стратегии и тактики трейдинга, уделяет особое внимание техническому анализу на фьючерсном рынке. Дж. Швагер обобщает методы анализа графиков, опыт использования графического анализа цен ценных бумаг на практике, подробно рассматривает осцилляторы и циклы, торговые системы и измерение эффективности биржевой торговли. Работы А. Элдера посвящены методам анализа графиков цен фондовых активов, автоматизации технического анализа, техническим индикаторам (в том числе таким, как психологические индикаторы соглашения и вовлеченности, биржевой рентген и индекс силы), а также особенностям трейдинга в России. Отдельное внимание он уделяет практическому использованию расхождения (несогласованности) поведения индикаторов и цен) и разворотов трендов. Книга Б. Вильямса и Дж. Грегори-Вильямс посвящена направлению технического анализа финансовых рынков на основе теории хаоса и фрактальной геометрии. Особенностью работы П. Кауфмана является рассмотрение внутрирыночного анализа, сложных индикаторов, концепции возврата к среднему и оценки результатов тестирования.

В белорусской науке отдельные вопросы алгоритмического трейдинга и технического анализа рассматривались в диссертационных работах Ю. М. Толочко [9] применительно к рынку иностранных валют и драгоценных металлов, И. А. Карачун [10] в части оптимизации инвестиционного портфеля. Оценка применимости методов анализа на различных типах фондовых рынков проводилась в работах [11, 12]. В нашей стране подобные исследования актуальны для банков и финансовых организаций, осуществляющих сделки на международных финансовых рынках, характеризующихся высокой волатильностью и ликвидностью. Однако, несмотря на большое число работ в части методологии технического анализа, практические примеры алгоритмического трейдинга с подробным рассмотрением используемых индикаторов приводятся в научных работах достаточно редко.

Цель данной статьи состоит в разработке нового комплексного технического индикатора как основного аналитического инструмента и программного генератора биржевых сигналов для торговых стратегий с проверкой торговых стратегий на исторических данных.

Результаты и их обсуждение. Исторически сложилось, что основным инструментом технического анализа является график, показывающий изменения цены и объемов сделок в простом и наглядном представлении. Целью интерпретации графиков является определение направления основного тренда и оценка вероятности какого-либо изменения тренда. Технические индикаторы используются для анализа движения цены.

В общем случае техническим индикатором называется множество точек, полученное путем применения формулы к набору ценовых данных для ценной бумаги. Ценовыми данными считается набор, состоящий из цены закрытия, открытия, максимальной и минимальной цены за указанный период времени. Однако способ представления индикатора в виде точек не очень удобен для анализа, целесообразно изображение индикатора в виде графика. Обычно такой график рисуется поверх ценового графика какого-либо анализируемого финансового инструмента для лучшего сопоставления.

При построении комплексного индикатора следует учитывать, что попытки охватить более пяти индикаторов, как правило, бесполезны. Следует выбирать индикаторы, которые дополняют друг друга, вместо тех, которые генерируют одинаковые сигналы.

Примером базового индикатора может служить экспоненциальная скользящая средняя (Exponential Movement Average – ЕМА), которая позволяет учитывать предыдущие значения цены с меньшим весом, чем более поздние значения. Как правило, ЕМА генерирует сигнал на покупку, когда кривая ЕМА пересекает ценовую кривую сверху. Если ЕМА пересекает ценовой график снизу, то это сигнал к продаже. ЕМА рассчитывается по формулам (1), (2), пример его графика изображен на рисунке 1.

$$K = \frac{2}{Period + 1}, \quad (1)$$

$$EMA_i = EMA_{i-1} + K \cdot (Price - EMA_{i-1}), \quad (2)$$

где K – постоянная сглаживания;

$Period$ – временной период, за которой ведется расчет;

EMA – значение экспоненциальной скользящей средней;

$Price$ – цена закрытия предыдущего периода;

i – номер временной точки.

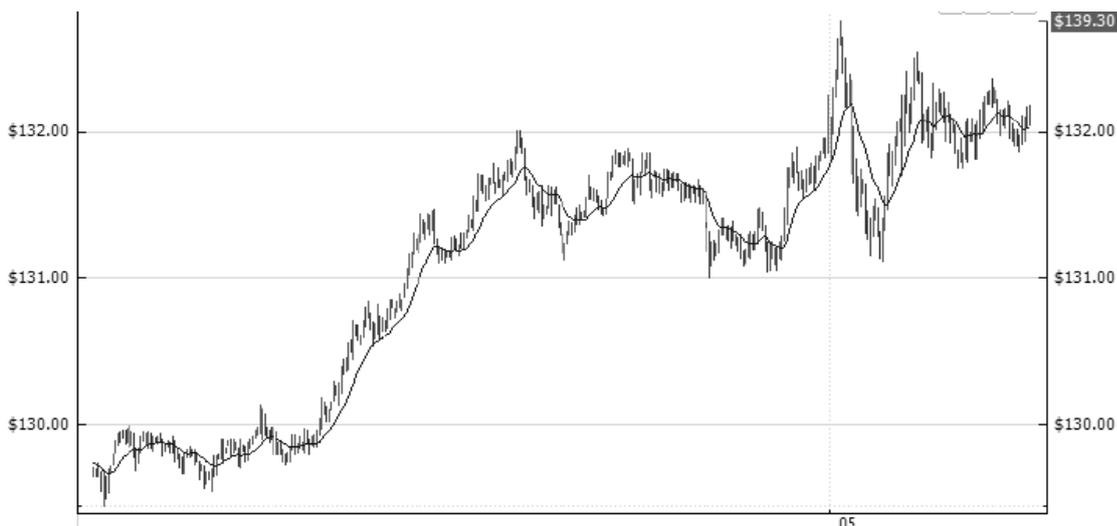


Рисунок 1 – Пример графика индикатора ЕМА (сплошная линия) и цены акции компании Apple
Источник: результат работы финансовой стратегии на исторических данных.

В данной работе для построения комплексного индикатора были использованы следующие дочерние индикаторы.

1. Скользящая средняя схождения-расхождения (Moving Average Convergence Divergence – MACD), которая представляет собой разность между экспоненциальными скользящими средними за короткий и длинный периоды (формула 3). MACD сигнализирует о изменения тренда и указывает на начало нового тренда. Расхождение с ценой указывает на конец текущей тенденции, особенно если MACD находится на экстремально высоких или низких значениях. Когда линия MACD пересекает осциллятор Signal (экспоненциальную скользящую среднюю MACD, формула 4) сверху, генерируется сигнал на покупку, снизу – на продажу. Также целесообразно покупать (продавать), когда Histogram (второй осциллятор, получаемый при помощи разности линии MACD и линии Signal, формула 5) поднимается выше (ниже) нуля (рисунок 2).

$$MACD = EMA(Price, FastPeriod) - EMA(Price, SlowPeriod), \quad (3)$$

$$Signal = EMA(MACD, SignalPeriod), \quad (4)$$

$$Histogram = MACD - Signal. \quad (5)$$

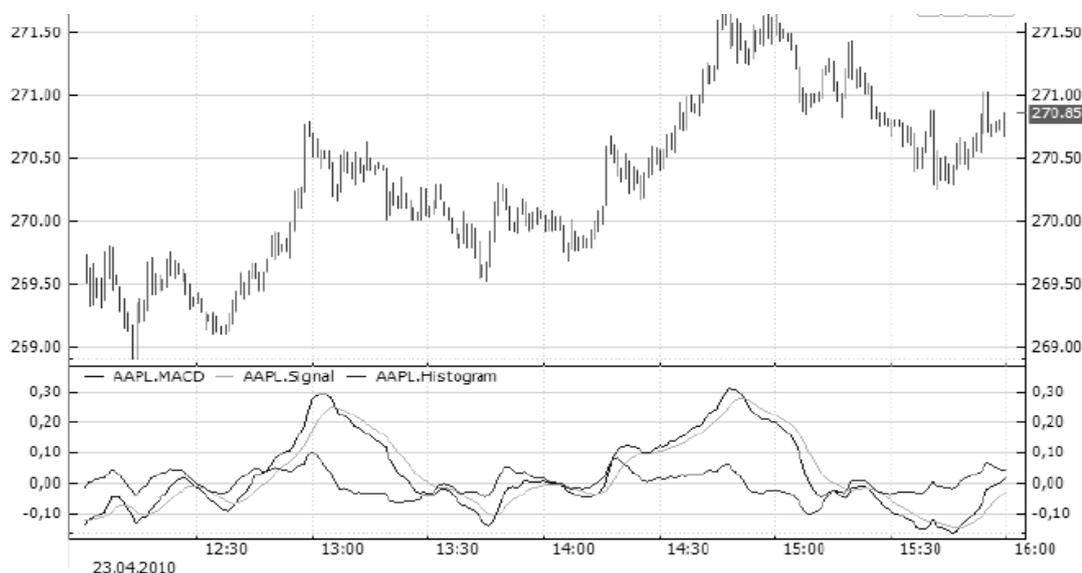


Рисунок 2 – Пример графика MACD и его двух осцилляторов (в нижней части графика) и цены акции компании Apple

Источник: результат работы финансовой стратегии на исторических данных.

2. Средневзвешенная по объему цена (Volume Weighted Average Price – VWAP) – это отношение проданного объема к общему объему, проданному за определенный период (формула (6), рисунок 3). VWAP часто используется в качестве торгового ориентира инвесторами, которые стремятся быть максимально пассивными в своем исполнении.

$$VWAP = \frac{\sum_{i=0}^{Period-1} Price_i \cdot Volume_i}{\sum_{i=0}^{Period-1} Volume_i}, \quad (6)$$

где $Volume_i$ – объем ценных бумаг, проданный в i -й момент времени.

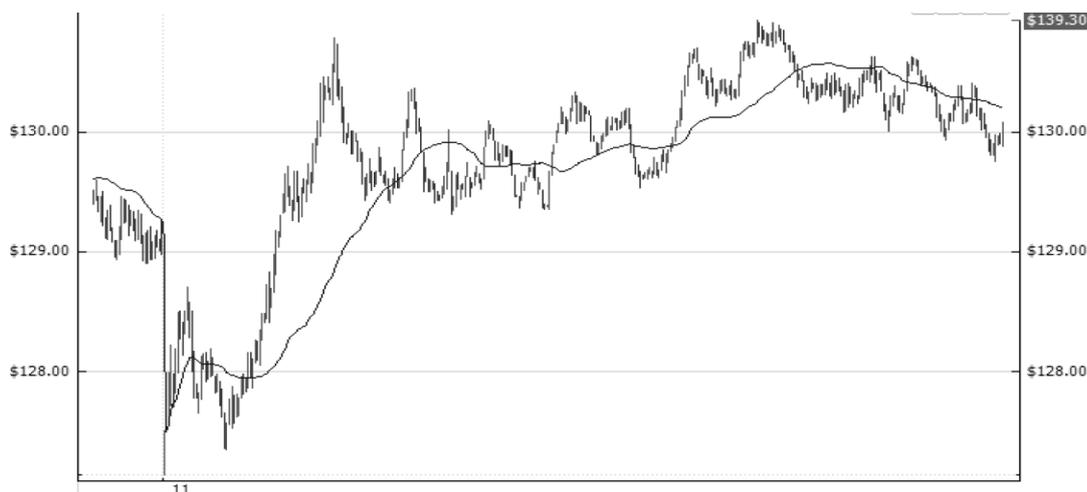


Рисунок 3 – Пример графика индикатора VWAP (сплошная линия) и цены акции компании Apple

Источник: результат работы финансовой стратегии на исторических данных.

3. Параболический индикатор остановки и разворота (Parabolic Stop and Reverse – PSAR), который движется с более высоким ускорением, чем простая скользящая средняя, может изменить свою позицию с точки зрения цены, предназначен для определения точек разворота тренда и точек выхода. Он рассчитывается согласно следующим правилам (формула 7).

$$\begin{cases} \text{если long and High}_i > xp, \text{ то } xp = \text{High}_i, af_i = af_{i-1} + step \\ \text{если short and Low}_i < xp, \text{ то } xp = \text{Low}_i, af_i = af_{i-1} + step \end{cases}, \quad (7)$$

где xp – максимальное значение цены с момента открытия текущей длинной позиции (которая была открыта по сигналу к остановке короткой позиции);

af – фактор ускорения, значение увеличивается на величину $step$ при каждом превышении максимального значения xp ;

$High$ – максимум цены за период времени i ;

Low – минимум цены за период времени i .

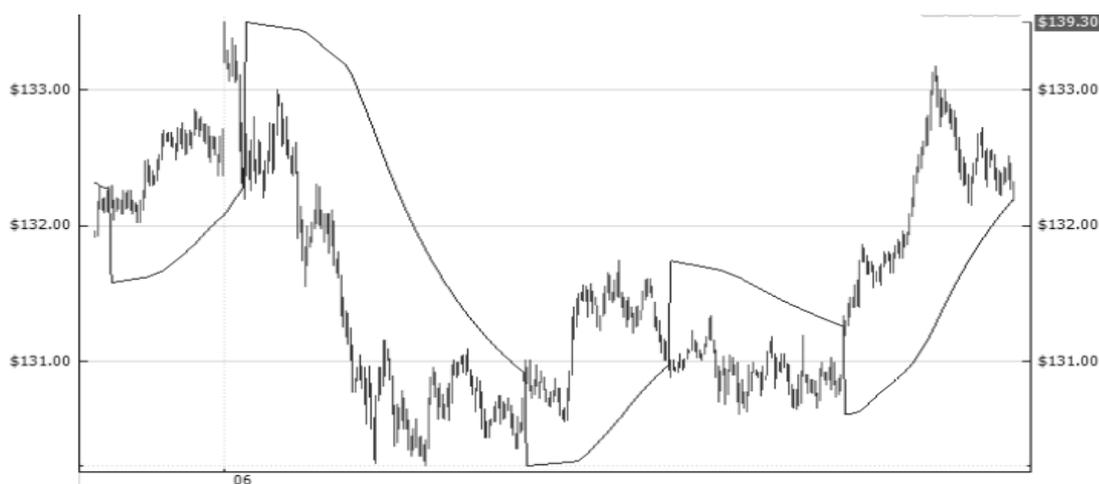


Рисунок 4 – Пример графика индикатора PSAR (сплошная линия) и цены акции компании Apple

Источник: результат работы финансовой стратегии на исторических данных.

4. Технический индикатор рейтинга среднего направленного движения (Average Directional Moving Index Rating – ADXR), который помогает определить, существует ли ценовой тренд. Он состоит из пяти линий: ADX, ADXR, AD, +DI, -DI. Простейший метод торговли, основанный на системе направленного движения, подразумевает сравнение двух индикаторов направления: 14-периодный +DI и 14-периодный -DI. Для этого нужно либо поместить диаграммы индикаторов друг над другом, либо +DI вычесть из -DI. Индикатор генерирует сигнал на покупку, когда +DI выше, чем -DI, и на продажу, когда +DI падает ниже, чем -DI. Для расчета рейтинга среднего направленного движения используются следующие формулы 8 – 20, пример графика представлен на рисунке 5.

$$\Delta High_i = High_i - High_{i-1}, \quad (8)$$

$$\Delta Low_i = Low_{i-1} - Low_i, \quad (9)$$

$$PlusDM_i = \begin{cases} \Delta High_i, & \text{если } \Delta High_i > \Delta Low_i \text{ и } \Delta High_i > 0, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (10)$$

$$MinusDM_i = \begin{cases} \Delta Low_i, & \text{если } \Delta Low_i > \Delta High_i \text{ и } \Delta Low_i > 0, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (11)$$

$$TrueRange_i = \max(High_i, Close_{i-1}) - \min(Low_i, Close_{i-1}), \quad (12)$$

$$PlusDMSum_i = PlusDMSum_{i-1} - \frac{PlusDMSum_{i-1}}{n} + PlusDM_i, \quad (13)$$

$$MinusDMSum_i = MinusDMSum_{i-1} - \frac{MinusDMSum_{i-1}}{n} + MinusDM_i, \quad (14)$$

$$TrueRangeSum_i = TrueRangeSum_{i-1} - \frac{TrueRangeSum_{i-1}}{n} + TrueRange_i, \quad (15)$$

$$PlusDI_i = 100 \cdot \frac{PlusDMSum_i}{TrueRangeSum_i}, \quad (16)$$

$$MinusDI_i = 100 \cdot \frac{MinusDMSum_i}{TrueRangeSum_i}, \quad (17)$$

$$DX_i = 100 \cdot \left| \frac{PlusDI_i - MinusDI_i}{PlusDI_i + MinusDI_i} \right|, \quad (18)$$

$$ADX_i = \frac{ADX_{i-1} \cdot (n-1) + DX_i}{n}, \quad (19)$$

$$ADXR_i = \frac{ADX_i + ADX_{i-n+1}}{2}. \quad (20)$$

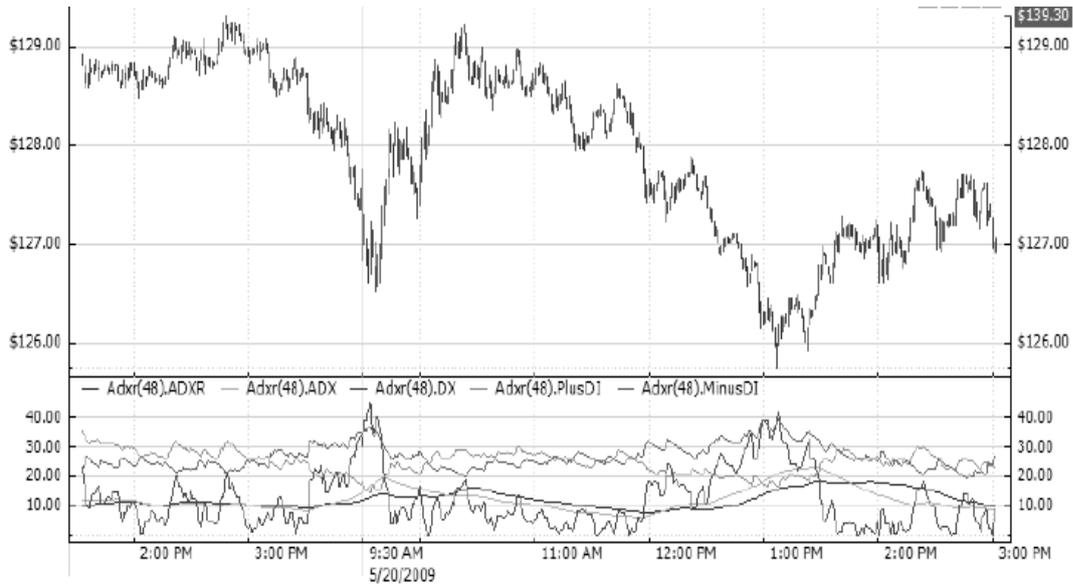


Рисунок 5 – Пример графика индикатора ADX, ADXR, DX, +DI, -DI (в нижней части графика) и цены акции компании Apple

Источник: результат работы финансовой стратегии на исторических данных.

5. Импульс цены (Momentum), который измеряет ускорение и замедление цен (формула (21), рисунок 6). Когда рынок достигнет пика, индикатор Momentum будет резко подниматься, а затем падать, отклоняясь от продолжающегося движения цены. Аналогичным образом, на локальном минимуме цены Momentum резко упадет, а затем начнет расти значительно, опережая цены. Обе эти ситуации приводят к расхождению между индикатором и ценами.

$$Momentum_t = Price_i - Price_{i-Period} \quad (21)$$

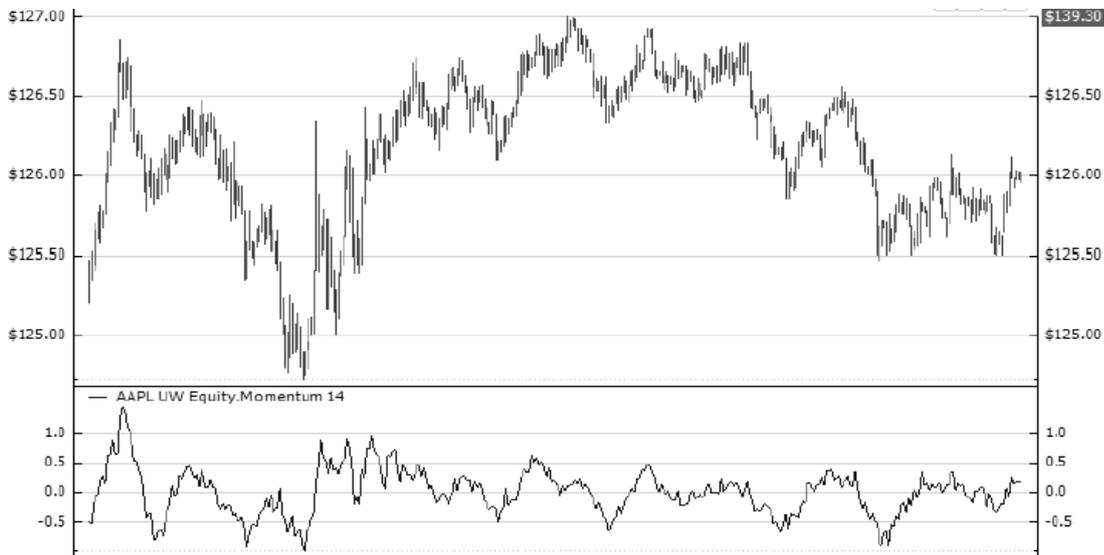


Рисунок 5 – Пример графика индикатора импульса цены акций (в нижней части графика) и цены акции компании Apple

Источник: результат работы финансовой стратегии на исторических данных.

Комплексный индикатор, построенный на 5 вышеперечисленных (MACD, VWAP, PSAR, ADXR, импульс цены), реализован в среде QuantOffice. Была разработана следующая база правил.

Условия генерации сигнала на покупку должны выполняться все одновременно:

1–А. Значение цены закрытия предыдущего бара (японской свечи) должно быть меньше предыдущего значения индикатора PSAR и значение цены закрытия текущего бара должно быть больше либо равно текущему значению PSAR.

2–А. Предыдущее значения индикатора MACD должно быть меньше либо равно значению ограничивающей линии верхнего предела MACD и текущее значение MACD должно быть больше ограничивающей линии верхнего предела MACD.

3–А. Значение ADX должно быть больше ограничивающей линии ADX.

4–А. Значение импульса цены должно быть больше верхнего значения линии импульса цены.

5–А. Значение цены закрытия текущего бара должно быть больше значения VWAP.

Условия генерации сигнала на продажу должны выполняться все одновременно:

– значение цены закрытия предыдущего бара должно быть больше предыдущего значения индикатора PSAR и значение цены закрытия текущего бара должно быть меньше либо равно текущему значению PSAR;

– предыдущее значение индикатора MACD должно быть больше либо равно значению ограничивающей линии нижнего предела MACD и текущее значения MACD должно быть меньше ограничивающей линии нижнего предела MACD;

– значение ADX должно быть больше ограничивающей линии ADX;

– значение импульса цены должно быть меньше значения нижнего предела импульса цены;

– значение цены закрытия текущего бара должно быть меньше значения VWAP.

Сигналы являются ложными и должны быть проигнорированы в следующих случаях:

1) пересечение верхнего предела MACD снизу без предварительного пересечения нижнего предела MACD и последующего пересечения верхнего предела сверху;

2) пересечение нижнего предела MACD сверху без предварительного пересечения верхнего предела MACD и последующего пересечения нижнего предела снизу.

Для создания комплексного индикатора требуется выполнить следующие шаги:

– включить в комплексный индикатор 5 дочерних индикаторов, определенных выше;

– включить в комплексный индикатор линии ограничения;

– учесть условия, необходимые для генерации сигналов;

– учесть возможность генерации ложных сигналов.

На рисунке 7 представлен набор параметров, используемых в качестве тестовых для возможной генерации сигналов. В качестве исторических данных использовались временные ряды цен акций компаний Apple.

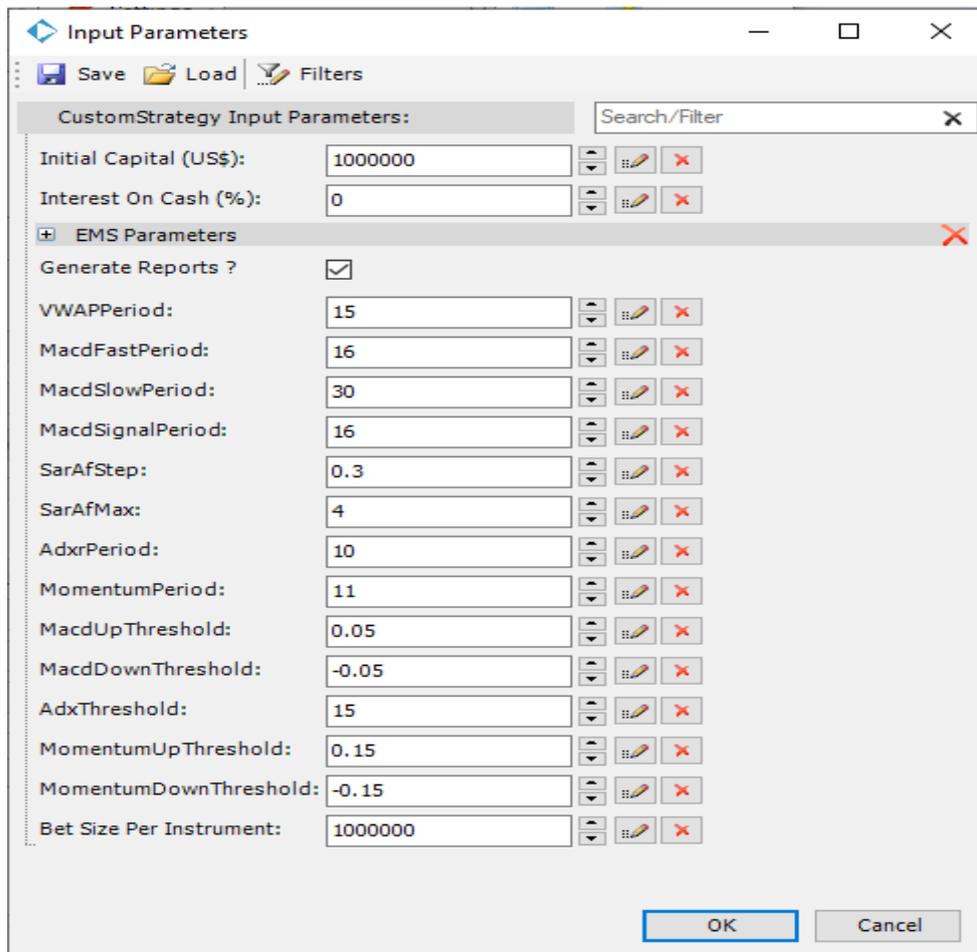


Рисунок 7 – Входные параметры для тестирования комплексного индикатора
 Источник: разработка авторов.

На рисунке 8 представлены временные рамки (были взяты исторические данные за 2009–2010 гг.), размер японских свечей и прочие дополнительные параметры.

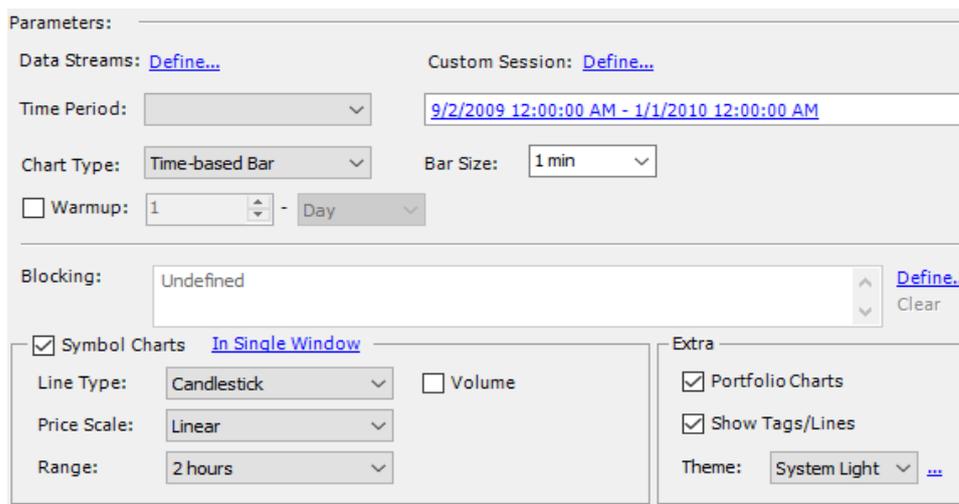


Рисунок 8 – Входные параметры для тестирования комплексного индикатора
 Источник: разработка авторов.

В результате тестирования комплексного индикатора на исторических данных получены следующие результаты, свидетельствующие о прибыльности сделок, сгенерированных с его помощью (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты тестирования комплексного индикатора

Общее число сделок	Число прибыльных сделок	Число убыточных сделок	Доля прибыльных сделок, %	Прибыль от сделок, ден. ед.	Убыток от сделок, ден. ед.	Суммарная прибыль, ден. ед.
45	27	18	60%	46018,17	-28778,95	17239,22

Из данной таблицы видно, что 60 % сгенерированных программой сделок на основе разработанного комплексного индикатора являлись прибыльными, что позволило получить суммарную прибыль в размере 17239, 22 денежных единиц.

Разработанный индикатор был одобрен к использованию в ЗАО «Ориентсофт – Программы и Решения» (белорусское подразделение компании Deltix Inc.).

Выводы. В результате проведенного исследования спроектирована модель системы алгоритмического трейдинга, в основу которой положен разработан новый комплексный индикатор технического анализа временных рядов цен ценных бумаг. Данный индикатор объединяет в себе возможности 5 дочерних индикаторов (скользящая средняя схождения-расхождения, средневзвешенная по объему цена, параболический индикатор остановки и разворота, индикатор рейтинга среднего направленного движения, импульс цены).

В качестве среды для автоматизации торговой системы был выбран программный продукт QuantOffice. Сформирована база правил, включающая необходимые условия генерации сигналов, основанные на отношении между индикаторами и ограничивающими линиями. Приведено подробное описание разработки комплексного индикатора. Реализованы необходимые проверки условий генерации сигналов. Разработанный комплексный индикатор можно использовать в качестве осциллятора для генераций сигналов покупки и продажи в торговой стратегии.

Индикатор был интегрирован в торговую систему, апробирован на исторических данных, были получены положительные результаты. Результаты тестирования свидетельствуют о том, что индикатор генерировал на протяжении временного периода корректные сигналы, что позволило получить прибыль.

Список использованных источников

1. Технический анализ. Курс для начинающих / К. А. Роджерс [и др.]. – М. : Альпина Паблишер, 2011. – 186 с.
2. Мэрфи, Дж. Технический анализ фьючерсных рынков / Дж. Мэрфи. – М. : Альпина Паблишер, 2022. – 610 с.
3. Мэрфи, Дж. Технический анализ финансовых рынков. Полный справочник по методам и практике трейдинга / Дж. Мэрфи. – М.: Вильямс, 2017. – 496 с.
4. Швагер, Дж. Технический анализ. Полный курс / Дж. Швагер; пер. с англ. Б. Зуева, А. Куницына. – М.: Альпина Паблишер, 2021. – 808 с.
5. Элдер, А. Самый сильный сигнал в техническом анализе. Расхождения и развороты трендов / А. Элдер. – М.: Альпина Паблишер, 2022. – 96 с.
6. Элдер, А. Как играть и выигрывать на бирже. Психология. Технический анализ. Контроль над капиталом / А. Элдер; пер. с англ. А. Волкова, М. Волковой. – М. : Альпина Паблишер, 2022. – 471 с.

7. Вильямс, Б. Торговый хаос. Увеличение прибыли методами технического анализа / Б. Вильямс, Дж. Грегори-Вильямс. – М.: Альпина Паблишер, 2021. – 310 с.
8. Кауфман, П. Системы и методы биржевой торговли / П. Кауфман. – М.: Альпина Паблишер, 2020. – 1280 с.
9. Толочко, Ю. М. Оптимизация финансовых инвестиций в иностранных валютах и драгоценных металлах / Ю.М. Толочко // Актуальные проблемы современной экономики: материалы республиканской конференции молодых ученых, Минск, 26 ноября 2004 г. / М-во образования Респ. Беларусь, УО «Белорус. гос. экон. ун-т»; ред. кол.: В. Н. Шимов (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БГЭУ, 2005. – Вып. 2. – С. 282–283.
10. Карачун, И. А. Оптимизация портфеля акций и опционов / И.А. Карачун // Вестник ассоциации белорусских банков. – 2007. – № 25. – С. 25–28.
11. Синявская, О. А. Оценка инвестиционной привлекательности ценных бумаг: методика и модели / О. А. Синявская, Л. П. Володько. – Минск: Мисанта, 2008. – 126 с.
12. Siniavskaya, O. A. 3-D classification of stock markets and its using for evaluation of the financial analysis methods applicability / O. A. Siniavskaya, B. A. Zhelezko // Research papers / Wrocław University of Economics; eds. M. Nych, M. L. Owoc. – Wrocław: Publishing House of the Wrocław University of Economics, 2008. – № 25: Knowledge Acquisition and Management. – P. 135–141.

Статья поступила в редакцию 26 февраля 2022 года

TECHNICAL ANALYSIS AND INDICATORS APPLICATION IN ALGORITHMIC MARKETING

B. A. Zhalezka

PhD in Technical Sciences, Associate Professor
Associate Professor of the Department “Marketing”
Belarusian National Technical University
Minsk, Belarus

A. O. Stadnik

software engineer
Gödel Technologies Europe Ltd.
Minsk, Belarus

V. A. Siniuskaya

PhD in Economics, Associate Professor
Associate Professor of the Department “Industrial Marketing and Communications”
Belarusian State Economic University
Minsk, Belarus

This paper is devoted to the investigation of the stock exchange decision making process by means of technical analysis on the base of indicators. Methods of the basic technical indicators calculation are considered. Trading strategy of the stock exchange decision making based on the new complex specific technical indicator is suggested, which is accounting values of the following basic technical indicators: moving average convergence divergence, parabolic stop and reverse, average directional moving index rating, momentum volume weighted average price. An example of trading strategy automation is considered. Its back testing is realized, which confirms correctness of its application in the stock exchange decision making.

Keywords: *technical analysis, technical indicator, security, price, volatility, prediction, stock trading, algorithmic trading.*

References

1. Rogers, A. K. et al. (2011) An Introduction to Technical Analysis (The Reuters Financial Training Series)]. Moscow: Alpina Publ. (In Russian).
2. Murphy, J. (2022) Tekhnicheskii analiz fyuchersnykh rynkov [Technical Analysis of The Futures Markets]. Moscow: Alpina Publ. (In Russian).
3. Murphy, J. (2017) Tekhnicheskii analiz finansovykh rynkov. Polnyi spravochnik po metodam i praktike treidinga [Technical Analysis of the Financial Markets: A Comprehensive Guide to Trading Methods and Applications]. Moscow: Vilyams Publ. (In Russian).
4. Schwager, J. (2021) Tekhnicheskii analiz. Polnyi kurs Trans. Zueva, B., Kunitskaya, A. [Technical Analysis. Full course]. Moscow: Alpina Publ. (In Russian).
5. Elder, A. (2022) Samyi silnyi signal v tekhnicheskom analize. Raskhozhdeniya i razvoroty trendov [Two Roads Diverged: Trading Divergences]. Moscow: Alpina Publ. (In Russian).
6. Elder, A. (2022) Kak igrat i vyigryvat na birzhe. Psikhologiya. Tekhnicheskii analiz. Kontrol nad kapitalom Trans. Volkova, A., Volkova, M. [How to play and win on the stock exchange. Psychology. Technical analysis. Capital control]. Moscow: Alpina Publ. (In Russian).
7. Williams, B., Gregory-Williams, J. (2021) Torgovyi khaos. Uvelichenie pribyli metodami tekhnicheskogo analiza [Trading Chaos. Maximize Profits with Proven Technical Techniques]. Moscow: Alpina Publ. (In Russian).
8. Kaufman, P. (2020) Sistemy i metody birzhevoi trgovli [Trading Systems and Methods]. Moscow: Alpina Publ. (In Russian).
9. Tolochko, YU. M. (2005) *Optimizaciya finansovykh investitsij v inostrannykh valyutah i dragocennykh metallah [Optimization of financial investments in foreign currencies and precious metals]. Aktual'nye problemy sovremennoj ekonomiki: materialy respublikanskoj konfer-encii molodyh uchenyh, 26 November 2004 Minsk, Belarus. Minsk: BGEU. (2), pp. 282-283. (In Russian).*
10. Karachun, I. A. (2007) Optimizaciya portfelya akcij i opcionov [Stock and options portfolio optimization]. *Vestnik asociacii beloruskikh bankov. (25), 25-28. (In Russian).*
11. Siniavskaya, O. A., Volod'ko, L. P. (2008) Ocenka investicionnoj privlekatel'nosti cennykh bumag: metodiki i modeli [Assessment of the investment attractiveness of securities: methods and models]. Minsk: Misanta Publ. (In Russian).
12. Siniavskaya, O. A., Zhelezko B. A. (2008) 3-D classification of stock markets and its using for evaluation of the financial analysis methods applicability. *Knowledge Acquisition and Management. (25), pp. 135-141.*