

ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ ТА ЕКОЛОГІЯ

ЭКОНОМИКА, МЕНЕДЖМЕНТ И ЭКОЛОГИЯ

ECONOMY, MANAGEMENT AND ECOLOGY

УДК 681.324

**Р. Н. Кветний, д. т. н., проф.; В. Ю. Коцюбинський, к. т. н., доц.;
А. В. Шкарпета, магістр**

**Р. Н. Кветный, д. т. н., проф.; В. Ю. Котюбинский, к. т. н., доц.;
А. В. Шкарпета, магистр**

**R. Kvietnyy, Dr. Sc. (Eng.), Prof.; V. Kotsiubynskyy, Cand. Sc. (Eng.), Assist. Prof.;
A. Shkarpeta, M. S.**

ІДЕНТИФІКАЦІЯ РИНКОВИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ НА ОСНОВІ ЯВИЩА ДИВЕРГЕНЦІЇ МІЖ ЦІНОЮ ТА ІНДИКАТОРОМ ТЕХНІЧНОГО АНАЛІЗУ

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ РЫНОЧНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ЯВЛЕНИЯ
ДИВЕРГЕНЦИИ МЕЖДУ ЦЕНОЙ И ИНДИКАТОРОМ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

**MARKET DEPENDENCES AUTHENTICATION BASED ON DIVERGENCE
BETWEEN A PRICE AND TECHNICAL ANALYSIS INDICATOR**

В статті розвинуто підхід до прийняття управлінських рішень на світових фінансових ринках, в основу якого покладено математичну модель ідентифікації явища дивергенції між ціною та індикатором технічного аналізу. Для підвищення ефективності роботи на фінансових ринках запропоновано практичну реалізацію даного підходу у вигляді алгоритму прийняття управлінських рішень, який покладено в основу механічної торговельної системи (МТС). Наведено результати тестування МТС в пакеті TradeStation ProSuit.

В статье развит подход к принятию управленческих решений на мировых финансовых рынках, в основу которого положена математическая модель идентификации явления дивергенции между ценой и индикатором технического анализа. Для повышения эффективности работы на финансовых рынках предложена практическая реализация данного подхода в виде алгоритма принятия управленческих решений, который положен в основу механической торговой системы (МТС). Приведены результаты тестирования МТС в пакете TradeStation ProSuit.

The paper develops an approach to making managerial decisions on the world financial markets, based on mathematical models of authentication of divergence phenomenon between the price and indicator of technical analysis. With the aim of financial market efficiency improvement, there had been suggested the practical realization of the given approach in the kind of managerial decision making algorithm, which is in the basis of mechanical trading system (MTS). Mechanical trading system's testing results in the Trade Station Pro Suit package had also been shown.

Вступ

На сьогоднішній день існує багато підходів, за допомогою яких відбувається прогнозування ситуації на світових фінансових ринках та приймається рішення про укладання торговельної угоди. Кожен з них базується на певних наукових засадах, аксіомах, припущеннях та включає в себе велике розмаїття методів та їх інструментів. Найпоширенішим підходом є технічний аналіз. Інструментарій його дійсно великий: від базових ліній тренду, опору та підтримки, технічних індикаторів до теорії Хаосу та використання фракталів. Трейдер сам обирає тактику та стратегію своєї гри, створює власний набір інструментів для аналізу. Та найважчим є не розробка своєї власної торговельної тактики, а безпосереднє її виконання в процесі торгівлі, навіть тоді, коли вона збиткова. Тільки таким чином можливо реально оцінити результати її роботи та зробити висновок стосовно

можливості її подальшого застосування. Проте, як показує практика, більшості трейдерів не вдається повністю дотримуватися розробленої тактики, оскільки під впливом емоцій та інших суб'єктивних факторів вони починають сумніватися, внаслідок чого програють. Тому актуальними на сьогоднішній день залишаються питання, пов'язані зі створенням механічних торговельних систем, які зводять людський фактор впливу в торгівлі до мінімуму.

Дуже багато літературних джерел присвячено питанням, що пов'язані з розробкою, оптимізацією та тестування механічних торговельних систем. Перш за все – це Джефрі Кац та Дона МакКормік [1], які заклали основи тестування та оптимізації торговельних підходів та тактик, та Роберт Пардо [2], який узагальнив основні етапи побудови механічних систем торгівлі та розробив методологію їх побудови. Також можна виділити роботи В. І. Сафіна [3], який займався питаннями безпосередньої реалізації торговельних систем для пакета технічного аналізу MetaStock.

Мета дослідження полягає в підвищенні ефективності роботи на фінансових ринках за рахунок розроблення механічної торговельної системи на основі явища дивергенції в середовищі TradeStation ProSuit, завдяки чому людський фактор впливу в торгівлі зводиться до мінімуму.

Вступление

На сегодняшний день существует много подходов, с помощью которых происходит прогнозирование ситуации на мировых финансовых рынках и принимается решение о заключении торговой сделки. Каждый из них базируется на определенных научных принципах, аксиомах, предположениях и включает в себя большое разнообразие методов и их инструментов. Наиболее распространенным подходом является технический анализ. Инструментарий его действительно большой: от базовых линий тренда, сопротивления и поддержки, технических индикаторов к теории Хаоса и использованию фракталов. Трейдер сам выбирает тактику и стратегию своей игры, создает собственный набор инструментов для анализа. Но самым тяжелым является не разработка своей собственной торговой тактики, а непосредственное ее выполнение при торговле, даже тогда, когда она убыточная. Только таким образом возможно реально оценить результаты ее работы и сделать вывод относительно возможности ее последующего применения. Однако, как показывает практика, большинству трейдеров не удается полностью придерживаться разработанной тактики, поскольку под воздействием эмоций и других раздражающих факторов, они начинают сомневаться, в результате чего проигрывают. Потому актуальными на сегодняшний день остаются вопросы, связанные с созданием механических торговых систем, которые сводят человеческий фактор влияния в торговле к минимуму.

Очень много литературных источников посвящено вопросам, которые связаны с разработкой, оптимизацией и тестированием механических торговых систем. Прежде всего – это Джеффри Кац и Дона МакКормик [1], которые заложили основы тестирования и оптимизации торговых подходов и тактик, и Роберт Пардо [2], который обобщил основные этапы построения механических систем торговли и разработал методологию их построения. Также можно выделить работы В. И. Сафина [3], который занимался вопросами непосредственной реализации торговых систем для пакета технического анализа MetaStock.

Цель исследования заключается в повышении эффективности работы на финансовых рынках за счет разработки механической торговой системы на основе явления дивергенции в среде TradeStation ProSuit, благодаря чему человеческий фактор влияния в торговле сводится к минимуму.

Introduction

Nowadays there are many forecast and management support approaches on the world financial markets. Each of them is based on certain scientific principles, axioms, suppositions, and includes a large variety of methods and their instruments. The technical analysis is the most widespread approach. It uses a wide range of instruments; starting with trend base line, resistance and support lines, technical indicators up to the Chaos theory and the use of fractals. Trader himself selects tactic and strategy of the game, creates his own set of instruments for the analysis. The most complicated part of this job is the direct implementation of its own trading tactic, but not its development, especially, when it is unprofitable. Only in such a way it is possible to evaluate job results and make the conclusion about the possibility of its future use. However, as practice shows, most of traders don't completely follow the developed tactic, because of doubts under the influence of emotions and other irritating factors, and as a result they lose. That is why the questions related to the creation of mechanical trading system, minimizing the human influence factor, are of great importance.

A lot of literary sources are dedicated to the questions, related to the development, optimiza-

tion and mechanical trading systems testing. First of all they are Jeffrey Cats and Dona McCormick [1], who had provided the basis for testing and trading approaches optimization. Tactician Robert Pardo [2], who had generalized the basic stages of mechanical trading systems construction and had developed the methodology of their construction. It is also possible to mention the works of Safina [3], who had been solving questions of direct realization of trading systems for technical analysis package MetaStock.

The main object of the research is to increase financial markets operations efficiency by means of mechanical trading system development based on the divergence phenomenon in the TradeStation ProSuit environment, which would minimize the human influence factor.

Основна частина

Розробка механічної торговельної системи проводиться в декілька етапів. Спочатку визначається набір інструментів та проводиться їх формалізація для створення математичної моделі ідентифікації певного явища або ринкової моделі. В основу цієї моделі можна покласти будь-який індикатор і метод технічного аналізу (або комбінацію таких індикаторів і методів) [4, 5]. В основу математичної моделі, запропонованої авторами, покладено явище дивергенції між ціною та індикатором технічного аналізу. Такий вибір пояснюється тим, що практичне вивчення та аналіз ринкової ситуації показали, що це явище є дуже сильним сигналом, який свідчить про зміну панівної цінової тенденції.

Сутність явища дивергенції така. Всі індикатори технічного аналізу повинні підтверджувати рух ціни, тобто, для тренду, що зростає, кожен новий максимум ціни повинен супроводжуватись більшим значенням індикатора порівняно з попереднім максимумом, а для спадного – кожен наступний мінімум ціни повинен підтверджуватись меншим значенням індикатора порівняно з попереднім. Але іноді виникає ситуація, коли новому максимуму (мінімуму) ціни відповідає менше (більше) значення індикатора порівняно з попереднім. Це і є явище дивергенції – дуже сильний сигнал, який свідчить про те, що наявна ринкова тенденція завершується і можна очікувати її зміни в протилежну сторону [6, 7].

Для формалізації та побудови математичної моделі використовувався апарат алгебри алгоритмики багаторівневого проектування класів алгоритмів і програм, який базується на термінах САА-схем (багаторівневих формалізованих проектах), який був розроблений Г. Є. Цейтліним [8].

Алгоритм роботи моделі передбачає таку послідовність дій. Спочатку відбувається пошук першого максимуму (мінімуму). Після того, як його буде знайдено, відбувається збереження його значення та значення обраного технічного індикатора для даного моменту часу. Після цього відбувається пошук наступного максимуму (мінімуму) та збереження його значення та значення технічного індикатора в цей момент часу.

Після того, як другий максимум (мінімум) було знайдено, йде процес перевірки, в результаті якого можливі такі ситуації:

- Якщо другий максимум (мінімум) більший (менший) першого, а значення відповідного технічного індикатора менше (більше) попереднього його значення, причому відношення зміни величини індикатора більше від встановленого, то ідентифікується явище дивергенції між ціною та індикатором. Після цього другий максимум стає першим, і подальший пошук та перевірка проводиться відносно нього.
- Якщо другий максимум (мінімум) більший (менший) першого, значення технічного індикатора на ньому більше (менше) значення на попередньому – це сильний сигнал, який свідчить про те, що тенденція буде продовжуватися. З виникненням такої ситуації другий максимум (мінімум) стане першим і в разі знаходження наступного максимуму (мінімуму) порівняння буде проводитися по відношенню до нього.
- Якщо другий максимум (мінімум) менше (більше) першого (визначено локальний екстремум або протилежний панівний тренд) – перший та другий максимуми (мінімуми) обнуляються і пошук починається спочатку. Необхідність цієї перевірки пояснюється тим, що будь-який вид тренду включає в себе протилежні напрямку його руху локальні екстремуми (оскільки ціна рухається не по прямій, а зигзагоподібно), які не повинні ідентифікуватися для даного виду тенденції. І метою цієї перевірки є пошук вершини або дна панівного цінового руху саме після якого відбудеться зміна тенденції і відповідна зміна тих елементів, які повинні ідентифікуватися (максимумів або мінімумів).

Модель розрізняє два можливих види дивергенції.

«Ведмежа» дивергенція настає на тренді, що зростає, коли новому максимуму ціни відповідає

менше значення індикатора по відношенню до попереднього максимуму — це сильний сигнал завершення панівної тенденції, що сигналізує трейдеру про необхідність відкриття короткої позиції. Під короткою позицією розуміють продаж акцій за вищою ціною, прогножуючи подальше їх падіння і можливість купівлі їх за нижчою ціною.

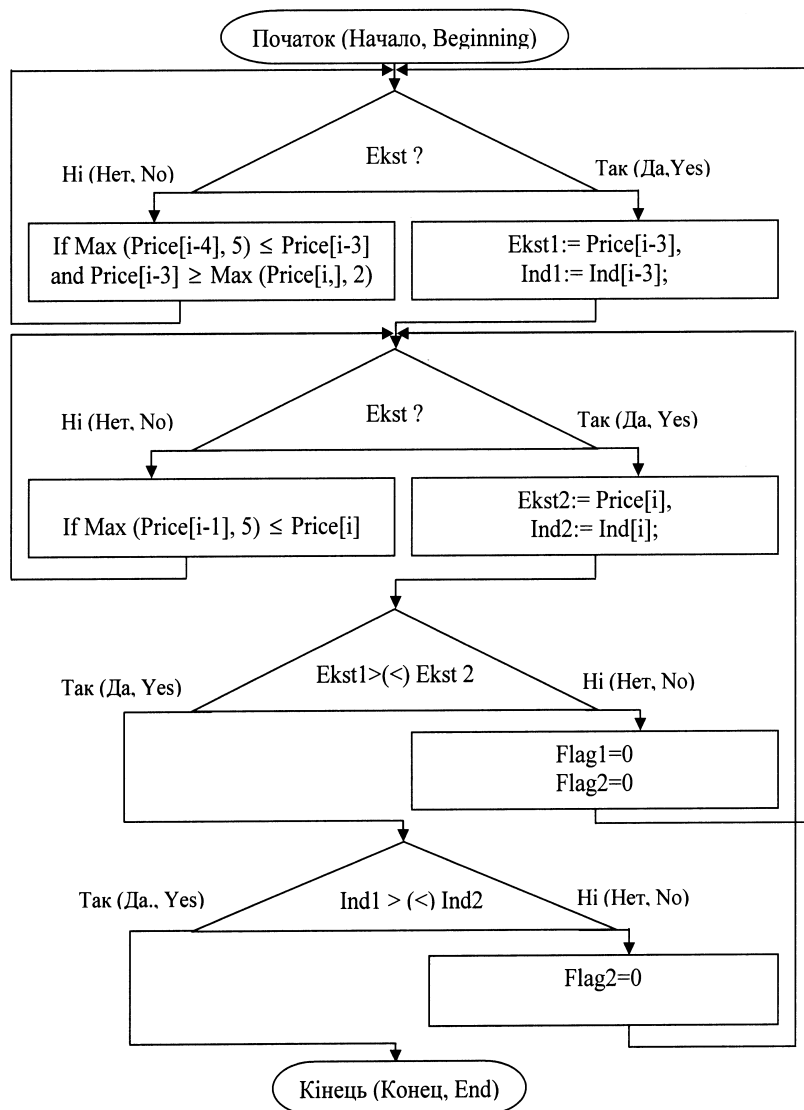


Рис. 1. Граф-схема дивергенції
 Рис. 1. Граф-схема дивергенции
 Fig. 1. Divergence graph-scheme

«Бичача» дивергенція настає на спадному тренді, коли новому мінімуму ціни відповідає більше значення індикатора порівняно з попереднім, що є для трейдера сильним попереджувальним сигналом про розвертання панівної цінової тенденції і про необхідність відкриття довгої позиції. Під відкриттям довгої позиції розуміють купівлю акцій за нижчою ціною, прогножуючи їх ріст та можливість згодом продати їх (закрити довгу позицію) за вищою ціною. Для виходу буде використовуватися протилежний сигнал (для відкритої довгої позиції – пошук «ведмежої» дивергенції, а для відкритої короткої позиції – пошук «бичачої» дивергенції). Узагальнена граф-схема математичної моделі ідентифікації дивергенції показана на рис. 1.

В цій схемі під змінними *Ekst1* та *Ekst2* повинні розумітися відповідно максимумами та мінімумами ціни. В кінцевих блоках порівняння на наявність дивергенції, умови даються для «бичачої» дивергенції, тобто під *Ekst* розуміється максимум ціни. Для «ведмежої» перевірки знаки знаходяться в дужках, а *Ekst* асоціюється з мінімумами ціни.

Шляхом практичної роботи з багатьма індикаторами технічного

аналізу було вирішено зупинити свій вибір на індикаторі MACD, для якого покладена в основу математичної моделі закономірність виконувалась найкраще. MACD (moving average convergence/divergence) є одним із складних індикаторів інерції, який оснований на перетині, сходженні і розходженні двох ковзних середніх величин [9, 10]. Приклади явища дивергенції між ціною та індикатором MACD показані нижче (рис. 2 та 3).



Рис. 2. Відкриття довгої позиції в результаті дивергенції між ціною і індикатором MACD
 Рис. 2. Открытие длинной позиции в результате дивергенции между ценой и индикатором MACD
 Fig. 2. Opening of long position based on divergence between a price and MACD



Рис. 3. Відкриття короткої позиції в результаті дивергенції між ціною і індикатором MACD
 Рис. 3. Открытие короткой позиции в результате дивергенции между ценой и индикатором MACD
 Fig. 3. Opening of short position based on divergence between a price and MACD

Математично умови відкриття торговельних позицій на основі явища дивергенції можна описати за допомогою таких співвідношень між ціною та значеннями індикатора:

— «Ведмежа дивергенція»:

$$\text{Sell_Signal} = \begin{cases} \text{SecondPriceMax} > \text{FirstPriceMax}; \\ \text{SecondIndicatorMax} < \text{FirstIndicatorMax}; \end{cases} \quad (1)$$

«Бичача дивергенція»:

$$\text{Buy_Signal} = \begin{cases} \text{SecondPriceMin} < \text{FirstPriceMin}; \\ \text{SecondIndicatorMin} > \text{FirstIndicatorMin}. \end{cases} \quad (2)$$

Принцип роботи алгоритму прийняття управлінських рішень на основі ідентифікації явища дивергенції можна описати таким чином:

- Визначення початкових умов.
- Ідентифікація дивергенції.

- Прийняття рішення стосовно відкриття короткої чи довгої позиції.
- Ідентифікація наступного сигналу дивергенції.
- Перевірка наявності відкритих позицій та визначення їх типів.
- Прийняття рішення стосовно закриття позиції чи продовження пошуку наступного сигналу дивергенції (при цьому, частина алгоритму, яка ідентифікує сигнал в напрямку вже відкритої позиції, буде ігноруватися до тих пір, поки не буде знайдено протилежний сигнал і відкрита позиція не буде закрита).

На основі розроблених математичних моделей та алгоритму прийняття управлінських рішень було практично реалізовано механічну торговельну систему (МТС) в пакеті технічного аналізу TradeStation ProSuit та проведено її тестування на акціях, які входять до складу індексу Dow Jones Industrial [11]. Інтервал тестування торговельної стратегії – 4 місяці (часовий інтервал графіка – 5 хв.). Процес тестування переслідував дві мети: по-перше, визначити чи виконує дана система те, що їй задано (тобто візуальна перевірка ідентифікованих моментів дивергенції), по-друге, отримати приблизне уявлення про профіль прибутку та ризику цієї системи. При цьому система повинна показати стійкість та прибутковість своєї роботи на різних фінансових інструментах. Система вважається працездатною, якщо процентне співвідношення прибуткових угод до збиткових більше 40 % при позитивному загальному значенні прибутків [6]. Як показники ефективності роботи стратегії були використані: P/L — співвідношення прибутків/збитків по позиції, $\% P/L$ – процентне співвідношення прибутків/збитків до вкладених коштів, *Percent profitable* – кількість прибуткових входів по відношенню до їх загальної кількості, виражена в процентах.

Результати тестів показані в таблиці.

Результати тестування
Результаты тестирования
Testing results

Тикер компанії Тикер компанії Ticker of the company	Тип позиції Тип позиции Type of position	Час входу/виходу Время входа/выхода Time of offering/decision	Ціна входу Цена входа Price of offering	Ціна виходу Цена выхода Final price	Комісія Комиссия Interest	P/L	% P/L
AA	Short Position	09.12.2003 3:15 09.25.2003 10:55	\$29.23	\$27.00	\$5.00	1125.00	7.698 %
AA	Long Position	09.26.2003 09:55 10.13.2003 10:30	\$26.85	\$29.99	\$5.00	1580.00	11.769 %
AXP	Short Position	08.20.2003 11:10 08.25.2003 11:20	\$45.43	\$45.83	\$5.00	-190.00	-0.836 %
AXP	Long Position	08.26.2003 13:30 09.18.2003 12:20	\$44.38	\$46.81	\$5.00	1225.00	5.521 %
AXP	Short Position	09.18.2003 13:55 11.17.2003 13:40	\$46.93	\$43.63	\$5.00	1660.00	7.074 %
BA	Long Position	08.20.2003 09:50 08.21.2003 11:10	\$34.17	\$35.06	\$5.00	455.00	2.663 %
CAT	Long Position	08.20.2003 09:50 08.22.2003 09:40	\$72.00	\$70.49	\$5.00	-745.00	-2.069 %
CAT	Long Position	08.25.2003 10:45 10.06.2003 10:15	\$69.78	\$74.29	\$5.00	2265.00	6.492 %
DIS	Long Position	08.21.2003 13:50 10.27.2003 13:20	\$21.57	\$22.11	\$5.00	280.00	2.596 %
EK	Long Position	08.25.2003 14:10 09.03.2003 9:45	\$27.72	\$29.80	\$5.00	1050.00	7.576 %
GE	Short Position	09.03.2003 14:30 10.14.2003 09:50	\$31.22	\$33.73	\$5.00	-1245.00	-7.976 %
GE	Long Position	08.20.2003 15:45 08.21.2003 12:25	\$29.41	\$29.02	\$5.00	-185.00	-1.258 %
GE	Short Position	08.22.2003 09:40 08.29.2003 13:45	\$30.29	\$29.36	\$5.00	475.00	3.136 %
HD	Short Position	08.19.2003 14:25 08.20.2003 09:40	\$32.23	\$32.26	\$5.00	-5.00	-0.031 %
HD	Long Position	08.26.2003 10:20 09.04.2003 15:25	\$32.15	\$34.09	\$5.00	980.00	6.096 %

HON	Long Position	08.20.2003 09:40 09.03.2003 11:15	\$29.23	\$28.83	\$5.00	-190.00	-1.300 %
HON	Short Position	09.03.2003 1:05 09.19.2003 13:50	\$29.86	\$28.00	\$5.00	940.00	6.296 %
HON	Long Position	09.22.2003 14:40 10.30.2003 09:40	\$27.65	\$30.12	\$5.00	1245.00	9.005 %
IBM	Long Position	08.20.2003 09:40 08.22.2003 11:30	\$82.99	\$84.19	\$5.00	610.00	1.470 %
IBM	Long Position	08.25.2003 10:45 09.04.2003 11:35	\$82.48	\$87.78	\$5.00	2660.00	6.450 %
JNJ	Short Position	09.04.2003 15:40 11.10.2003 12:30	\$51.12	\$48.43	\$5.00	1355.00	5.301 %
JNJ	Long Position	08.21.2003 13:20 09.04.2003 1:50	\$49.40	\$47.94	\$5.00	-720.00	-2.915 %
KO	Short Position	09.04.2003 1:55 09.16.2003 11:55	\$44.50	\$42.64	\$5.00	940.00	4.225 %
KO	Long Position	08.21.2003 11:30 09.04.2003 11:25	\$43.66	\$44.46	\$5.00	410.00	1.878 %
MMM	Short Position	08.19.2003 15:30 08.25.2003 10:45	\$71.97	\$71.81	\$5.00	90.00	0.250 %
MMM	Long Position	08.26.2003 09:40 10.09.2003 10:40	\$71.65	\$69.85	\$5.00	-890.00	-2.484 %
MRK	Short Position	09.09.2003 9:50 10.09.2003 14:20	\$52.75	\$49.36	\$5.00	1705.00	6.464 %
MRK	Short Position	08.20.2003 12:05 08.26.2003 10:15	\$51.56	\$50.21	\$5.00	685.00	2.657 %
MRK	Long Position	08.28.2003 14:55 09.08.2003 11:40	\$49.52	\$47.74	\$5.00	-880.00	-3.554 %
MSFT	Short Position	08.19.2003 13:45 11.04.2003 14:10	\$26.32	\$27.09	\$5.00	-375.00	-2.850 %
T	Short Position	08.21.2003 09:40 08.26.2003 09:40	\$21.28	\$21.26	\$5.00	20.00	0.188 %
WMT	Short Position	09.04.2003 9:40 09.08.2003 11:40	\$59.80	\$60.16	\$5.00	-170.00	-0.569 %
XOM	Long Position	08.20.2003 09:45 08.21.2003 12:30	\$36.59	\$37.09	\$5.00	260.00	1.421 %
XOM	Short Position	08.22.2003 09:40 10.30.2003 14:45	\$37.09	\$36.49	\$5.00	310.00	1.672 %

Основная часть

Разработка механической торговой системы проводится в несколько этапов. Сначала определяется набор инструментов того или иного метода анализа, проводится их формализация с целью создания математической модели идентификации определенного явления или рыночной модели. Для создания математической модели можно использовать любой индикатор или метод технического анализа (или их комбинацию) [4, 5]. В основу математической модели, предложенной авторами, будет положено явление дивергенции между ценой и индикатором технического анализа. Такой выбор предопределяется тем, что практическое изучение и анализ рыночной ситуации в течение исследований показали, что данное явление является очень сильным сигналом, свидетельствующем об изменении текущей ценовой тенденции.

Суть явления дивергенции заключается в следующем. Все индикаторы технического анализа должны подтверждать движение цены, то есть: для восходящего тренда, каждый новый максимум цены должен сопровождаться большим значением индикатора по сравнению с предыдущим максимумом, а для нисходящего – каждый следующий минимум цены должен подтверждаться меньшим значением индикатора по сравнению с предыдущим. Но иногда возникает ситуация, когда новому максимуму (минимуму) цены соответствует меньшее (большее) значение индикатора по сравнению с предыдущим. Это и есть явление дивергенции – сильный сигнал, свидетельствующий о том, что существующая рыночная тенденция завершается и следует ожидать ее разворот в противоположную сторону [6, 7].

Для формализации и построения математической модели использовался аппарат алгебры алгоритмики многоуровневого проектирования классов алгоритмов и программ, который базируется на терми-

нах САА-схем (многоуровневых формализованных проектах), разработанный Г. Е. Цейтлиным [8].

Алгоритм работы модели предусматривает следующую последовательность действий. Сначала происходит поиск первого максимума (минимума). После того, как он будет найден, происходит сохранение его значения и значения избранного технического индикатора для данного момента времени. После этого происходит поиск следующего максимума (минимума) и сохранение его значения и значения технического индикатора в этот момент времени.

После того, как второй максимум (минимум) был найден, идет процесс проверки, в результате которого возможны следующие ситуации:

- Если второй максимум (минимум) больше (меньше) первого, а значение соответствующего технического индикатора меньше (больше) предыдущего его значения, причем отношение изменения величины индикатора больше установленного, то идентифицировано явление дивергенция между ценой и индикатором. После этого второй максимум становится первым, и дальнейший поиск и проверка проводится относительно него.
- Если второй максимум (минимум) больше (меньше) первого, значение технического индикатора на нем больше (меньше) значения на предыдущем – сильным сигналом, свидетельствующий о том, что тенденция будет продолжаться. При возникновении такой ситуации второй максимум (минимум) станет первым и при нахождении следующего максимума (минимума) сравнение будет проводиться по отношению к нему.
- Если второй максимум (минимум) меньше (больше) первого (определен локальный экстремум или противоположный господствующий тренд) – первый и второй максимумы (минимумы) обнуляются и поиск начинается сначала. Необходимость этой проверки объясняется тем, что любой вид тренда включает в себя противоположные направлению его движения локальные экстремумы (поскольку цена двигается не по прямой, а зигзагообразно), которые не должны идентифицироваться для данной тенденции. И целью этой проверки является поиск вершины или дна господствующего ценового движения, именно после которого состоится изменение тенденции и соответствующее изменение тех элементов, которые должны идентифицироваться (максимумов или минимумов).

Модель различает два возможных вида дивергенции.

«Медвежья» дивергенция наступает на растущем тренде, когда новому максимуму цены отвечает меньшее значение индикатора по отношению к предыдущему максимуму – это сильный сигнал завершения господствующей тенденции, который сигнализирует трейдеру о необходимости открытия короткой позиции. Под короткой позицией понимают продажу акций по более высокой цене, прогнозируя её дальнейшее падение и возможность покупки (закрытия короткой позиции) по более низкой цене.

«Бычья» дивергенция наступает на ниспадающем тренде, когда новому минимуму цены отвечает большее значение индикатора по сравнению с предыдущим, что является сильным сигналом разворота господствующей ценовой тенденции и сигнализирует трейдеру о необходимости открытия длинной позиции. Под открытием длинной позиции понимают покупку акций по более низкой цене, прогнозируя ее рост и возможность продажи в дальнейшем (закрытие длинной позиции) по более высокой цене. Для выхода будет использоваться противоположный сигнал (для открытой длинной позиций – поиск «медвежьей» дивергенции, а для открытой короткой позиции – поиск «бычьей» дивергенции). Обобщенная граф-схема математической модели идентификации дивергенции представлена на рис. 1.

В данной схеме под переменными Ekst1 и Ekst2 должны пониматься соответственно максимумы и минимумы цены. В конечных блоках сравнения на наличие дивергенции, условия представлены для «бычьей» дивергенции, то есть под Ekst понимается максимум цены. Для «медвежьей» проверки знаки находятся в скобках, а Ekst ассоциируется с минимумами цены.

Путем практической работы со многими индикаторами технического анализа было решено остановить свой выбор на индикаторе MACD, для которого положенная в основу матмодели закономерность исполнялась лучше всего. MACD (moving average convergence/divergence) является одним из сложных индикаторов инерции, который основан на пересечении, схождении и расхождении двух скользящих средних величин [9, 10]. Примеры явления дивергенции между ценой и индикатором MACD приведены на рис. 2 и 3.

Математически условия открытия торговых позиций на основе явления дивергенции можно описать с помощью соотношений между ценой и значениями индикатора представленных в формулах «Медвежья дивергенция» (1) и «Бычья дивергенция» (2).

Принцип работы алгоритма принятия управленческих решений на основе идентификации явления дивергенции можно описать следующим образом:

- Определение начальных условий.

- Идентификация дивергенции.
- Принятие решения относительно открытия короткой или длинной позиции.
- Идентификация следующего сигнала дивергенции.
- Проверка наличия открытых позиций и определения их типов.
- Принятие решения относительно закрытия позиции или продолжения поиска следующего сигнала дивергенции (при этом, часть алгоритма, которая идентифицирует сигнал в направлении уже открытой позиции, будет игнорироваться до тех пор, пока не будет найден сигнал противоположный открытому и открытая позиция не будет закрыта).

На основе разработанных математических моделей и алгоритма принятия управленческих решений была практически реализована механическая торговая система (МТС) в пакете технического анализа TradeStation ProSuit и проведено ее тестирование на акциях, которые входят в состав индекса Dow Jones Industrial [11]. Интервал тестирования торговой стратегии – 4 месяца (часовой интервал графика – 5 минут). Процесс тестирования преследовал две цели: во-первых, определить выполняет ли данная система то, что ей задано (то есть визуальная проверка идентифицированных моментов дивергенции), во-вторых, получить приблизительное представление о профиле прибыли и риска данной системы. При этом система должна показать стойкость и прибыльность своей работы на разных финансовых инструментах. Систему можно считать рабочей, если процентное соотношение прибыльных сделок к убыточным более 40 % при позитивном общем значении прибыли [6]. В качестве показателей эффективности работы стратегии были использованы: **P/L** – соотношение прибыли/убытков по позиции; **% P/L** – процентное соотношение прибыли/убытков к вложенным средствам; **Percent profitable** – количество прибыльных входов по отношению к их общему количеству, выраженное в процентах.

Результаты тестов приведены в таблице.

Main part

Mechanical trading system development is conducted in several stages. First, the set of instruments is defined with their further formalization aimed at authentication mathematical model creation of the certain phenomenon or market model. Any indicator or method of technical analysis (or their combination) [4, 5] can be used as the basis for the creation of mathematical model. In the basis of the suggested by the authors mathematical model, there is the phenomenon of divergence between a price and an indicator of technical analysis. Such choice is predetermined by the fact that practical study and analysis of market situation during researches had shown that this phenomenon was a very strong indicator, which is an evidence of the current price tendency change.

The heart of the divergence phenomenon is in the following. All the indicators of technical analysis should confirm price development, that is, for ascending trend, each new price maximum should be accompanied by the larger value of indicator in comparison with the previous maximum, and for the descending trend each next price minimum should be confirmed by the smaller value of indicator in comparison with the previous one. But sometimes there is a situation, when the smaller (larger) value of indicator corresponds to the new price maximum (minimum) in comparison with the previous one. This is a divergence phenomenon — strong signal testifying that an existent market tendency is completing and we should expect its turn to the opposite side [6, 7].

There had been used algebra algorithmic apparatus of multilevel algorithms and programs classes construction for formalization and mathematical model construction, which uses the terms of SAA-schemes (multilevel formalized projects), developed by Tseitlin G. E. [8].

The model execution algorithm provides following sequence of actions. First, search of the first maximum (minimum) occurs. After it is found, its value and the value of selected technical indicator for the given moment of time is being saved. Then the search of the next maximum (minimum) and saving of its value and the value of technical indicator at the present moment of time occurs.

After the second maximum (minimum) had been found, the process of verification is being conducted with the following possible situations:

- If the second maximum (minimum) is larger (smaller) than the first, and the value of the proper technical indicator is smaller (larger) than its previous value, and at the same time the indicator value change connection is bigger than the basic one, the phenomenon of divergence between a price and indicator is identified. Then the second maximum becomes the first, and the further search and verification is conducted concerning it.
- If the second maximum (minimum) is larger (smaller) than the first, the value of technical indicator is larger (smaller) than the value of previous — it is a strong signal, testifying about tendency continuation. If such situation occurs, the second maximum (minimum) becomes the first and in case of next maximum (minimum) finding, the comparison will be conducted con-

cerning it.

- If the second maximum (minimum) is smaller (larger) than the first (local extremum or opposite main trend is determined) that means that the first and the second maximums (minimums) are put to zero and the search starts over again. The necessity of this verification is explained by the fact, that any kind of trend includes opposite to its direction local extremums (as price moves not by line, but by zigzag), which should not be identified for this tendency. The aim of this verification is in the search of top or bottom of dominating price motion, just after which there will occur the tendency change and appropriate change of those elements which should be identified (maximums or minimums).

A model differentiates two possible types of divergence.

"Bear" divergence which comes on growing trend, when the smaller value of indicator concerning a previous maximum meets the new price maximum — it is strong signal of dominating tendency completion, which gives warning to the trader of short position opening necessity. Short position is the actions sale at the higher price, with its further falling forecast and possibility of purchase (short position closing) at a lower price.

«Bull» divergence comes on falling trend, when the larger value of indicator in comparison with the previous one meets the new price minimum — it is a strong turning signal, which gives warning to the trader of long position opening necessity. Long position opening is the stock purchase at the lower price, with its further growth forecast and possibility of future sale (long position closing) at the higher price. An opposite signal will be used for the exit ("bear" divergence is searched for the opened long positions, and "bull" divergence is searched for the opened short position). Generalized divergence authentication mathematical model scheme is presented at Fig. 1.

There price maximums and minimums accordingly are the variables of Ekst1 and Ekst2. In the eventual comparison blocks for the divergence presence, terms are for "bull" divergence, that is Ekst is price maximum. For "bear" verification the signs are in brackets, and Ekst is the price minimum.

Practical work experience with many technical analysis indicators allowed to choose MACD indicator, for which the regularity, which had formed a mathematical model basis, came true. MACD (moving average convergence/divergence) is one of complicated indicators of inertia, which is based on crossing, convergence and divergence of two sliding averages [9, 10]. Examples of the divergence phenomenon between a price and indicator MACD are provided below (Fig. 2 and Fig. 3).

Mathematic conditions of trading positions opening on the basis of the divergence phenomenon can be describe using the correlations between the price and the indicator values presented in formulas for "Bear divergence" (1) and "Bull divergence" (2).

Work principle of administrative decisions making algorithm on the basis of divergence phenomenon authentication can be described as follows:

- Initial conditions determination.
- Authentication of divergence.
- Decision-making as for short or long position opening.
- Authentication of next divergence signal.
- Verification of the opened positions presence and determination of their types.
- Decision-making as for position closing or next divergence signal search continuation (at the same time, part of algorithm, which identifies a signal towards having already opened position, will be ignored until an opposite signal to the opened one will not be found and opened position will not be closed).

On the basis of the developed mathematical models and administrative decision making algorithms, there had been practically realized the mechanical trading system (MTS) in the pack for technical analysis TradeStation ProSuit, its testing was accomplished with actions which are Dow Jones Industrial index part [11]. Trading strategy testing interval – 4 months (interval of graphic is 5 minutes long). Testing process purposed two aims: first, it should define whether this system fulfills the set task (that is, visual verification of the identified divergence moments); secondly, it should get the approximate picture of profit type and risk of the given system. At the same time the system should show stability and profitability of the work using different financial instruments. The system can be considered as operable, if percentage of profitable and unprofitable transactions is more than 40 % at the positive value of profit [6]. Such indexes were used as the ones of strategy work efficiency: **P/L** is value of profits/losses on position; **% P/L** is percentage of profits/losses to the investments; **Percent profitable** is the amount of profitable inputs in relation to their general amount, shown in percents.

Tests results are shown in a table.

Висновки

1. Не дивлячись на широке розмаїття методів аналізу ринкової ситуації та пакетів комп'ютерних програм для торгівлі, найважливішим фактором для подолання в торгівлі залишається людський фактор, емоції та ін., що заважає трейдеру під час прогнозування та прийняття рішення про укладання торговельної угоди. Виходом з цієї ситуації є використання механічних торговельних систем завдяки яким людський фактор зводиться до мінімуму.

2. Розроблено математичні моделі ідентифікації дивергенції між ціною та індикатором технічного аналізу.

3. Розроблено алгоритм прийняття управлінських рішень, який визначає моменти відкриття та закриття торговельних позицій на основі ідентифікації «бичачого» чи «ведмежого» виду дивергенції.

4. Створено механічну торговельну стратегію для пакета TradeStation ProSuit та проведено її тестування. За період тестування стратегією було проведено 34 угоди, з яких 23 були прибутковими і 11 збитковими. Процентне співвідношення прибуткових до збиткових угод склало 68 % при позитивному загальному значенні Total Net Profit за період тестування, що є дуже високим показником ефективності роботи системи. Середня процентна прибутковість за індексом, враховуючи використані кошти, склала 2,24 %; максимально задіяна сума коштів склала 310000\$; сумарний прибуток за період тестування – 16730\$. Процентна прибутковість за чотиримісячний період з урахуванням вкладених коштів склала 5,4 %.

5. Отримані результати свідчать про досить велику ефективність даної системи. Проте вона має і певні недоліки серед яких значне просідання ціни за позиціями та невикористання захисних тактик, зокрема «стоп ордерів», які зводили б до мінімуму торговельні втрати. В подальшому планується розроблення блока захисних тактик, які б зводили торговельні втрати до мінімуму за рахунок виставлених «стоп-лосс ордерів».

Выводы

1. Несмотря на широкое разнообразие методов анализа рыночной ситуации и компьютерных программ для торговли, важнейшим фактором для преодоления в торговле остается человеческий фактор, эмоции и др., мешающие трейдеру при прогнозировании и принятии решения о заключении торговых сделок. Выходом из данной ситуации является использование механических торговых систем, благодаря которым человеческий фактор сводится к минимуму.

2. Разработаны математические модели идентификации дивергенции между ценой и индикатором технического анализа.

3. Разработан алгоритм принятия управленческих решений, который определяет моменты открытия и закрытия торговых позиций на основе идентификации «бычьего» или «медвежьего» вида дивергенции.

4. Создана механическая торговая стратегия для пакета TradeStation ProSuit и проведено ее тестирование. За период тестирования стратегией было совершено 34 сделки, из которых 23 были прибыльными и 11 убыточными. Процентное соотношение прибыльных сделок к убыточным составило 68 % при позитивном общем значении Total Net Profit за период тестирования, что является очень высоким показателем эффективности работы системы. Средняя процентная прибыльность по индексу, учитывая использованные средства, составила 2,24 %; максимально задействованная сумма средств составила 310000\$; суммарная прибыль за тестируемый период – 16730\$. Процентная прибыльность за четырехмесячный период с учетом вложенных средств составила 5,4 %.

5. Полученные результаты свидетельствуют о достаточно большой эффективности данной системы. Однако она имеет и определенные недостатки, среди которых значительное проседание цены по позициям и не использование защитных тактик, в частности «стоп ордеров», которые сводили бы к минимуму потери при торговле. В дальнейшем планируется разработка блока защитных тактик, который сводил бы убытки к минимуму за счет выставленных «стоп-лосс ордеров».

Conclusion

1. In spite of the variety of market situation analysis methods and trade programs, human factor remains the major overcoming factor (emotions etc) impeding the trader during the market situation forecasting and making decisions on trade contract signing. The solution to this situation

is the usage of mechanical trading systems, minimizing a human factor.

2. There had been developed the mathematical identification models of divergence between price and technical analysis indicator.

3. There had been developed management decision taking algorithm determining time of trading positions opening and closing on the basis of "bull" or "bear" divergence identification.

4. There had been created a mechanical trading strategy for TradeStation ProSuit package with its testing. During the strategy testing period, there had been concluded 34 bargains, 23 of which were profitable and 11 were unprofitable. Percentage of profitable and unprofitable bargains was 68 % under positive general value of Total Net Profit during the testing period proving the great efficiency of the system functioning. Average percent income according to index, considering the used facilities — 2.24 %; maximal amount of money involved — 310 000\$; total income during testing period — 16 730\$. Percent profitability for the period of 4 months was 5.4 %.

5. The obtained results are the evidence of high efficiency of this system. However, the system has certain imperfections such as considerable price swings on positions and protective tactics disuse especially "stop-orders" minimizing trade losses. It is planned to develop the block of protective tactics minimizing trade losses at the expense of "stop-loss orders" value in future.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Кац Джефри Оуэн, МакКормик Донна Л. Энциклопедия торговых стратегий: Пер. с англ. — М.: Альпина Паблишер, 2002. — 400 с.
2. Roberto Pardo. Design, Testing and optimization of trading system. — John Wiley & Sons, Inc., 2000. — 204 p.
3. Сафин В. И. Создание и оптимизация торговых систем в MetaStock. — М.: Диаграмма, 2002. — 116 с.
4. Дерри Т. Торговые системы (ч. 2) // Валютный спекулянт. — 2001. — № 2. — С. 24—27.
5. Дерри Т. Торговые системы (ч. 3) // Валютный спекулянт. — 2001. — № 3. — С. 30—33.
6. Мерфи Джон Дж. Технический анализ фьючерсных рынков: теория и практика. — М.: Диаграмма, 1998. — 592 с.
7. Кветна І. Р., Кветний Р. Н., Шкарпета А. В. Механізми та моделі ціноутворення на світових фінансових ринках: Монографія. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. — 226 с.
8. Цейтлин Г. Е. Введение в алгоритмику. — К.: Сфера, 1998. — 310 с.
9. Минаев В. Изучаем MACD // Валютный спекулянт. — Январь-Февраль, 2000. — С. 14—16.
10. Роберт В. Колби, Томас А. Мейерс. Энциклопедия технических индикаторов рынка. — М.: Альпина Паблишер, 2000. — 581 с.
11. Сухоруков И. DBS + TS2000i // Валютный спекулянт. — Ноябрь, 1999. — С. 12—20.

Рекомендована кафедрою автоматичної та інформаційно-вимірювальної техніки

Надійшла до редакції 12.07.05
Рекомендована до друку 8.09.05

Кветний Роман Наумович — завідувач кафедри, **Коцюбинський Володимир Юрійович** — доцент.
Кафедра автоматичної та інформаційно-вимірювальної техніки;
Шкарпета Андрій Вікторович — здобувач кафедри менеджменту та моделювання в економіці.
Вінницький національний технічний університет.

Кветный Роман Наумович — заведующий кафедрой, **Коцюбинский Владимир Юрьевич** — доцент.
Кафедра автоматичної та інформаційно-вимірювальної техніки;
Шкарпета Андрій Вікторович — соискатель кафедры менеджмента и моделирования в экономике.
Винницкий национальный технический университет.

Roman Kvietyu — the Head of the Chair, **Vladimir Kotsyubinsky** — the Assistant Professor.
Chair of Automation and Information-Measuring Systems;
Andrey Shkarpeta — the Researcher of the Chair of Management and Simulation in Economics.
Vinnitsia National Technical University.