

О НЕКОТОРЫХ МОДЕЛЯХ БИРЖЕВОЙ ТОРГОВЛИ НА ВЫСОКОРИСКОВАННЫХ ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ

Аннотация. Рассмотрены высокорискованные финансовые рынки, на которых осуществляются операции с финансовыми инструментами без покрытия. Проанализированы безрисковые стратегии биржевой торговли с гарантированной доходностью или убытком: скальпинг, спуфинг, флиппинг, скальпинг с хеджированием. Для них построена математическая модель и приведены примеры расчетов полученных алгоритмов в процессе торговли опционами.

Ключевые слова: финансовые инструменты, финансовые рынки, скальпинг, спуфинг, флиппинг, бинарные опционы, модель торгов.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О ВЫСОКОРИСКОВАННЫХ ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ

Финансовые рынки как сложные системные образования привлекают внимание современных исследователей и экономистов. Финансовые рынки различаются по степени рискованности инвестиций. Одним из фундаментальных факторов инвестиционного риска является уровень обеспечения эмиссии финансовых инструментов, который определяется обязательствами их покрытия эмитентом в случае наступления форс-мажорных обстоятельств. При абсолютном покрытии можно говорить о надежном (безрисковом) финансовом инструменте (полное резервирование эмиссии), при частичном покрытии (так называемое частичное резервирование) — об инструменте с некоторым уровнем риска, а при полном отсутствии покрытия, соответственно, о высокорискованном финансовом инструменте. К примеру, популярные ныне криптовалюты Bitcoin (BTC) и Ethereum (ETH) — это финансовые инструменты без покрытия, а электронные деньги webmoney, находящиеся сегодня в Украине под санкциями, имеют полное резервирование в соответствующей валюте. Еще одним фундаментальным фактором риска является качество покрытия. Оно может иметь форму банковских металлов или других ликвидных материальных активов, а может состоять из иных финансовых инструментов с собственными характеристиками покрытия (как например в сделках РЕПО — купли (продажи) ценной бумаги с обязательством обратной продажи (покупки)). Так, полное покрытие некоторого кредита посредством валюты Bitcoin или производных финансовых инструментов с высоким рейтингом не обеспечивает надежность долгового контракта. Из этого следует, что разграничение финансовых инструментов по степени рискованности весьма условно, тем более, что в основе мировой валютной системы лежат так называемые фиатные деньги (т.е. без покрытия). Несмотря на эту условность, далее будем называть высокорискованными финансовыми рынками (ВРФР) такие, на которых проводятся операции с контрактами с непредусмотренным форс-мажорным покрытием инвестиций, с фиксированной, «плавающей» или случайной доходностью. К ним, в частности, относятся ставки на спортивные, политические, социальные, экономические высоколиквидные события (например, президентские выборы, конкурс «Евровидение», чемпионат мира по футболу, фьючерс на Bitcoin). Продолжая аналогию, назовем их фиатными контрактами. Как отме-

чено выше, они не обязательно содержат фиксированную доходность в случае успеха, а, например, предусматривают опции распределения будущей прибыли от реализованного проекта (стартапа) с доходностью выше рыночной и высоким риском неисполнения. Денежный поток по таким контрактам будет случайной величиной. При некоторых предположениях, в частности, об эффективности рынка (англ. *efficient market hypothesis* — ЕМН), в условиях которого денежный поток можно сопоставить с винеровским случайным процессом, описанные ниже модели также применимы. Фиатные контракты широко используются в венчурном инвестировании, бизнес-ангелами, в криптовалютном краудфандинге в процессе ICO (Initial Coin Offering, первичное размещение токенов для стартапов, так или иначе связанных с технологией блокчейн, цифровой аналог привычного IPO — Initial Public Offering) и, конечно же, в популярных сегодня проектах финансовых пирамид «онлайн» — хайпах (англ. HYIP — High Yield Investment Program). Такие контракты при наступлении форс-мажорных обстоятельств с существенной вероятностью превращаются в «мусорные» или «токсичные» (т.е. практически полностью обесцениваются). Особое место среди ВРФР занимают рынки бинарных опционов. Бинарный опцион — это сделка, предусматривающая условия получения/неполучения дохода относительно изменения ценовых свойств базового актива (валютной пары, банковских металлов, биржевых индексов, цен на энергоресурсы и т.д.). Бинарные опционы — часть колоссального рынка опционной торговли, объемы которой многократно превышают сделки с реальным перемещением товаров и услуг. Образно говоря, это ветер, сила которого толкает паруса экономики и заставляет ее двигаться в нужном темпе и направлении, однако, превратившись в ураган, он способен ее уничтожить.

Основная цель большинства участников финансовых рынков — извлечение прибыли путем перепродажи финансовых инструментов с помощью различных торговых стратегий. Особое место среди них на ВРФР занимают стратегии с гарантированным финансовым результатом (в частности, это стратегия «скальпинг» (*scalping*)). Достигается такой эффект взаимным инвестированием на смежных рынках одномоментно или в динамике. Скажем, инвестиционный управляющий ПАММ-сервиса (англ. *Percent Allocation Management Module* (РАММ) — рыночная площадка управления средствами инвесторов), букмекерская контора или оператор бинарных опционов выставляют одновременно две цены на рыночные события: «закупочную» и «розничную», получая прибыль за счет их разницы, т.е. маржи. Стратегии, основанные на арбитраже с точным выравниванием прибылей/убытков (посредством баланса валовых доходов по значимым или всем исходам) на смежных рынках, будем называть скальпинговыми или просто скальпингом. Скальпинг, в упрощенном виде широко распространенный в биржевых калькуляторах, системно рассмотрен авторами в работах [1–4]. В частности, в [1] скальпинг изучен на отрицательно коррелированных рынках, а в [2] — с учетом премии (бонусов, акций) от финансовых посредников. Далее, в [3] исследовано ценообразование финансовых инструментов на ВРФР, в [4] рассмотрены модели управления капиталом на ВРФР в развитие менеджмента Эдварда Торпа и Ральфа Винса [5, 6].

ОСНОВНАЯ МОДЕЛЬ СКАЛЬПИНГА

Покупка некоторого прогноза Π , связанного с рыночным событием, означает, что в случае его реализации покупатель получает доход S , который определяется через коэффициент c (фиксированная доходность инвестиции в размере одной условной единицы) и общую величину сделки u (условных единиц):

$$S = \begin{cases} cu, & \text{если реализуется прогноз П,} \\ 0, & \text{если не реализуется прогноз П.} \end{cases}$$

Скальпинг предполагает модель действий трейдера, при которой диверсификация инвестиций по всем возможным результатам рыночного события приводит к равным прибыли или убытку (исключая, конечно, форс-мажорные обстоятельства). На практике это позволяет независимо от ситуации на рынке иметь гарантированный финансовый результат, а с теоретической — выполнить анализ эффективности различных трейдерских технологий.

Пусть $u_i, u_i \geq 0, i = \overline{1, n}$, — величина инвестиции на i -м локальном рынке (ставка), U — общий объем инвестиций $U = \sum_{i=1}^n u_i$, n — количество смежных рынков; $c_i, c_i \geq 1$, — доходность i -го рынка (чаще называют коэффициент); k_i — ставка налога на прибыль на i -м рынке. Фактическая доходность d_i с учетом налоговых отчислений уменьшится: $d_i = 1 + (c_i - 1) \cdot (1 - k_i)$. Действительно, для инвестиции в размере одной условной единицы имеем доход c_i , прибыль $(c_i - 1)$, налоговые отчисления $(c_i - 1) \cdot k_i$, «очищенный» доход $1 + (c_i - 1) - (c_i - 1) \cdot k_i = 1 + (c_i - 1) \cdot (1 - k_i)$. Величины инвестиций выбирают таким образом, чтобы ожидаемый валовый доход оставался неизменным $S_1 = S_2 = \dots = S_n$. Симметричное распределение инвестиций по смежным рынкам соответствует следующей их величине (относительно первого условного рынка):

$$u_i = \frac{d_1}{d_i} \cdot u_1, i = \overline{1, n}. \quad (1)$$

Тогда для общей величины инвестиций получим $U = u_1 + \sum_{i=2}^n \frac{d_1}{d_i} \cdot u_1 = KU'$, где $U' = u_1 d_1$ — новое значение инвестированного капитала (валовый доход), полученного в результате скальпинга, а $K = \sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i}$ — индекс изменчивости капитала. Таким образом, окончательно имеем

$$U' = RU, \quad (2)$$

где $R = \frac{1}{K}$ — коэффициент капитального роста. Относительная (процентная) прибыль ROI (return on investment) операции скальпинга будет $ROI = \frac{1}{K} - 1 = R - 1$ (%). Отметим, что $ROI \geq -1$, ограничение как математическое, так и естественное, поскольку невозможно потерять больше, чем инвестировано.

СПУФИНГ И ФЛИППИНГ: МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ВРФР

Среди скальпинг-стратегий особое место занимают спуфинг (англ. spoofing) и флиппинг (англ. flipping). Эти стратегии — вариации высокочастотного трейдинга, заимствованные у других финансовых рынков и ориентированные на создание арбитража искусственным образом. Спuffers и флипперы используют технические приемы, провоцирующие участников рынка на нужное им движение цены путем имитации инвестиций в новый тренд. Спуфинг — это постановка лимитных ордеров (заявок на покупку/продажу с ограничением цены исполнения) с отзывом прежде их исполнения. Для понимания эффективности работы спуфера отметим известный случай с трейдером И. Ойстачером (подозревающимся федеральными службами США в спуфинге), который в течение шести часов сделал около

23 тыс. заявок на покупку/продажу нефтяных контрактов, многие из которых были аннулированы через миллисекунды после их размещения ([7]). Флиппер, напротив, путем небольших «вливаний» (так называемых айсберг-ордеров — заявок на покупку/продажу актива относительно небольшими видимыми частями и значительной скрытой частью) создает ту же иллюзию, но, когда цена изменяется до достаточного уровня, быстро уходит с рынка, а цена ожидаемо возвращается на прежние позиции. Эти стратегии относят к нелегальным способам конкуренции на рынке, поскольку они создают неравные условия для трейдеров. Например, закон Додда-Франка (США, 2010, [8]) по реформированию финансовой системы определяет спуфинг как мошенничество. Тем не менее, сегодня наблюдается массовый характер использования этих стратегий в связи со сложностью доказательства умышленности действий трейдера и отсутствием действенного мониторинга на финансовых рынках. Стороннему наблюдателю понять причинность разворота цены (в результате воздействия макроэкономических факторов или использования флиппинга) практически невозможно. Например, анализ ценового трека в паре гривна/доллар в июле-сентябре 2014 г. экспертами Альпари (<https://alpari.com/ua/>) оценивался как «очевидная спуфинг-атака» регулятора Украины. Однако, условий и механизмов проверки этого предположения сегодня не существует. С расчетной точки зрения спуфинг и флиппинг не имеют различий. Приведем базовые соотношения, характеризующие эти стратегии на ВРФР.

Пусть x_i — последовательный объем инвестиций с ценой c_i на рыночное событие Π ($i=1, 2, \dots, n$); y_j — инвестиции с ценами e_j на противоположное событие $\bar{\Pi}$ ($j=1, 2, \dots, m$); k_i — ставка налогообложения на рынке события Π ; d_i — фактическая доходность с учетом этой ставки, откуда $d_i = 1 + (c_i - 1) \cdot (1 - k_i) = k_i + c_i(1 - k_i)$; соответственно t_j — фактическая доходность с учетом ставки налогообложения \bar{k}_j при реализации события $\bar{\Pi}$, откуда $t_j = \bar{k}_j + e_j(1 - \bar{k}_j)$. Баланс относительно валового дохода на противоположных событиях будет таким:

$$\sum_{i=1}^n x_i d_i = \sum_{j=1}^m y_j t_j. \quad (3)$$

Это соотношение лежит в основе анализа процесса спуфинга. В левой части — общий доход, который получит инвестор в случае реализации события Π , в правой — он же в случае реализации события $\bar{\Pi}$. На биржах ВРФР помимо основных цен (c_i, e_j) широко используют инверсные (обратные) цены (аналог «аск» и «бид» на фондовой бирже). Благодаря этому, рыночное событие вместе с противоположным встраивается в один ценовой ряд и отображается одновременно с объемом инвестиций (рис. 1).

В ценовом ряду событие Π = «Цена ВТС на конец мая 2018 г. будет находиться в пределах от 7,5 тыс. долл. США до 10 тыс. долл. США», наилучшая прямая цена $c = 1,42$ с предложением 34 доллара США, а наилучшая инверсная $\bar{c} = 1,7$ с предложением 115 долларов США. Если прямая цена c — стоимость покупки прогноза Π (доход вычисляется в соответствии с ней), то инверсная \bar{c} — стоимость продажи того же прогноза. Цены на события Π и $\bar{\Pi}$ взаимно конвертируются, поскольку покупка прогноза Π по определенной цене означает продажу прогноза $\bar{\Pi}$ по той же цене, и наоборот: продажа Π фактически означает покупку $\bar{\Pi}$ [4]. Основная c и инверсная \bar{c} цены события Π связаны простым соотношением (вероятностная интерпретация: исполнение — неисполнение прогноза)

$$\frac{1}{c} + \frac{1}{\bar{c}} = 1. \quad (4)$$

| 5 Выбранные объекты | | | Все «За» | Все «Пр...» | | |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Under \$5000.01 | 12.5 \$53 | 14 \$35 | 14.5 \$14 | 95 \$9 | | |
| \$5000.01 - \$7500 | 2.64 \$63 | 2.84 \$69 | 3.1 \$60 | 4.2 \$11 | 4.3 \$15 | 4.5 \$13 |
| \$7500.01 - \$10000 | 1.39 \$43 | 1.41 \$45 | 1.42 \$34 | 1.7 \$115 | 1.73 \$14 | 1.78 \$433 |
| \$10000.01 - \$12500 | 5.7 \$10 | 6 \$18 | 7.2 \$93 | 22 \$16 | 26 \$5 | |
| Over \$12500 | 5.8 \$11 | 8 \$17 | 32 \$25 | 200 \$16 | 250 \$5 | |

Рис. 1. Скриншот биржевой торговли от 21.05.2018 фьючерсами, цены BTC на конец мая 2018 г., биржа Betfair ([9]).

Таблица 1. Спуфинговый трек (имитационная модель) торговли бинарными опционами

| Моменты инвестиций | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------------|------|------|------|-----------|-----------|
| События инвестирования | П | П | П | $\bar{П}$ | $\bar{П}$ |
| Позиция на бирже | «ЗА» | «ЗА» | «ЗА» | «ПРОТИВ» | «ПРОТИВ» |
| Цены на бирже | 2 | 1,9 | 1,7 | 1,5 | 1,8 |
| Объем инвестиций (доллары США) | 60 | 90 | 50 | 100 | x |

Инвестиция в размере один доллар США в наилучшую инверсную цену из скриншота $\bar{c} = 1,7$ подразумевает (хотя и не отражается в ценовой панели биржи) фактическую доходность $c = \frac{1}{1 - 1/\bar{c}} = \frac{1}{1 - 1/1,7} \approx 2,429$. Соответственно, прямой

цене $c = 1,42$ соответствует инверсная цена $\bar{c} = \frac{1}{1 - 1/c} = \frac{1}{1 - 1/1,42} \approx 3,38$.

Рассмотрим для примера короткий спуфинговый трек с пятью последовательными инвестициями (для упрощения без учета налогообложения, табл. 1).

Определим конечную инвестицию в спуфинге (на пятом шаге):

- переведем все инверсные цены в основные, используя соотношение (4):

для 4-го момента $\frac{1}{1 - \frac{1}{1,5}} = 3$, для 5-го момента $\frac{1}{1 - \frac{1}{1,8}} = 2,25$;

- составим уравнение согласно соотношению (3) и определим сумму последней инвестиции:

$$2 \times 60 + 1,9 \times 90 + 1,7 \times 50 = 376 = 100 \times 3 + x \times 2,25 \Rightarrow x = 76 / 2,25 \approx 33,8 \text{ доллара США};$$

при наличии предложения на рынке «Против» суммы, превышающей 33,8 доллара США, заключаем контракт в объеме x и завершаем операцию, в противном случае аналогично исследуем следующий шаг спуфинг-трека;

- вычислим абсолютный и относительный доходы по операции спуфинга, учитывая, что общие инвестиции составили

$$60 + 90 + 50 + 100 + 33,8 = 333,8 \text{ доллара США};$$

абсолютный доход $376 - 333,8 = 42,2$ доллара США,
относительный доход (ROI) $42,2 / 333,8 \approx 12,6\%$.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СКАЛЬПИНГА С ЧАСТИЧНОЙ КОМПЕНСАЦИЕЙ ПОТЕРЬ

Для привлечения на финансовые рынки новых клиентов и активизации постоянных финансовых посредники используют различные поощрительные программы: 1) разовые выплаты (бонусы); 2) компенсационные выплаты при потере инвестиций или налоговые льготы. В первом случае на выплаты бонусов выделяются средства из части прибыли компании-посредника. С клиентской стороны эта программа породила специфичную технологию «охоты за бонусами» (бонусхантерство, [3]). Во втором случае выплаты связаны с регулированием цен на рынке при сохранении определенной маржи компании. С клиентской стороны поиск арбитража усложняется, поскольку помимо маржи приходится также учитывать уровень компенсационных выплат. В условия и обозначения для основной модели скальпинга добавляется компенсационная ставка на каждом из потерянных смежных рынков.

Пусть r_i — компенсационная ставка (процент от инвестиции в i -й смежный рынок, $i = \overline{1, n}$), в соответствии с которой осуществляется возврат средств в случае неверного прогноза. Тогда, используя баланс валовых доходов на смежных рынках, получаем следующую систему уравнений:

$$d_i u_i + \sum_{j=1, j \neq i}^n r_j u_j = d_1 u_1 + \sum_{j=2}^n r_j u_j, \quad i = \overline{2, n},$$

которая после упрощений примет вид $d_i u_i + r_1 u_1 = d_1 u_1 + r_i u_i$, $i = \overline{2, n}$. Отсюда получаем обобщение соотношения (1)

$$u_i = \frac{d_1 - r_1}{d_i - r_i} \cdot u_1, \quad i = \overline{2, n}. \quad (5)$$

Для общей величины инвестиций имеем

$$U = u_1 + \sum_{i=2}^n \frac{d_1 - r_1}{d_i - r_i} \cdot u_1 = K u_1 (d_1 - r_1),$$

где индекс изменчивости $K = \sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i - r_i}$.

Выразим локальные инвестиции через величину общего объема инвестиций U :

$$u_i = \frac{1}{d_i - r_i} \cdot \frac{U}{K}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (6)$$

Соответственно, новое значение капитала (после скальпинга с хеджированием) будет

$$U' = d_1 u_1 + \sum_{j=2}^n r_j u_j = \frac{d_1}{d_1 - r_1} \cdot \frac{U}{K} + \sum_{i=2}^n \frac{r_i}{d_i - r_i} \cdot \frac{U}{K} = \frac{U}{K} \left(1 + \sum_{i=1}^n \frac{r_i}{d_i - r_i} \right).$$

Окончательно величина инвестиций после скальпинга будет иметь вид

$$U' = R U, \quad (7)$$

где коэффициент капитального роста $R = \frac{1}{K} \left(1 + \sum_{i=1}^n \frac{r_i}{d_i - r_i} \right)$, индекс изменчивости $K = \sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i - r_i}$.

Для того, чтобы иметь гарантированный доход, операторы рынка, занимающиеся перепродажей фиатных финансовых инструментов (в частности, контрактов на прогнозы рыночных событий), используют скальпинг при формировании линейки цен на смежных рынках. Такой доход определяется ставкой маржи компании-оператора и в основном зависит от конкурентности рынка и законодательно не регулируется. Так, если U — привлеченные средства, U' — средства, распределяемые среди инвесторов, то $U - U' = (1 - R)U = \mu U$ — доход компании за счет маржи, μ — ставка маржи. Для иллюстрации рассмотрим компанию, моментно привлечшую на четыре смежных рынка инвестиции $u = (600, 300, 500, 800)$ долларов США и имеющую ставку маржи $\mu = 6\%$, ставку налога на прибыль $k_i \equiv 0$, компенсационную ставку $r_i \equiv 5\%$. Тогда коэффициенты в линейке событий на указанных рынках будут определены по следующей схеме:

- коэффициент капитального роста $R = 0,94$;
- индекс изменчивости капитала $K = \left(1 - \mu - \frac{1}{U} \sum_{i=1}^n r_i u_i \right)^{-1} = 1,136$;
- фактическая доходность $d_i = r_i + \frac{1}{u_i} \cdot \frac{U}{K}$, $d = (3.287, 6.513, 3.932, 2.48)$;
- коэффициент события в линии $c_i = \frac{d_i - k_i}{1 - k_i}$, $c = (3.287, 6.513, 3.932, 2.48)$.

Алгоритмы, полученные в результате анализа моделей скальпинга, спуфинга, флиппинга и их вариантов с частичной компенсацией потерь, технологичны и могут легко встраиваться в интерфейсы онлайн бирж и инвестиционных фондов, программы-боты и пр. Принципы построения скальпинг-моделей и достаточно широкие обобщения, представленные в статье, дадут возможность трейдерам и инвесторам, если и не получить достаточной прибыли, то по крайней мере избежать значительных потерь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котляр В.Ю., Смирнова О.В. Рынок ставок: анализ арбитражных ситуаций. *Кибернетика и системный анализ*. 2012. № 6. С. 122–133.
2. Котляр В.Ю., Смирнова О.В. Нові підходи щодо інвестиційного аналізу на високоризикованих фінансових ринках. *Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право*. 2015. № 5–6 (82–83). С. 193–201.
3. Котляр В.Ю., Смирнова О.В. Моделювання поведінки інвесторів на фінансовому ринку. *Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право*. 2016. № 5 (88). С. 93–105.
4. Смирнова О.В., Котляр В.Ю. Стратегії інвестування на фінансових ринках. *Товари і ринки*. 2018. № 1 (25). С. 145–154.
5. Edward O.T. The Kelly criterion in blackjack, sports betting, and the stock market. In: *Proc. The 10th International Conference on Gambling and Risk Taking* (Montreal, June 1997), 40 p.
6. Винс Р. Математика управления капиталом. Методы анализа риска для трейдеров и портфельных менеджеров. Москва: Альпина Паблишер, 2011. 246 с.
7. Официальный сайт компании ru.forex.ooo. URL: <http://ru.forex.ooo/blogs/moshennichstvo/spuifing-v-trejdinge.html>.
8. Официальный сайт компании Investing.com. URL: <https://www.investing.com>.
9. Официальный сайт биржи Betfair. URL: <https://www.betfair.com/exchange>.

Надійшла до редакції 22.06.2018

О.В. Смирнова, В.Ю. Котляр

**ПРО ДЕЯКІ МОДЕЛІ БІРЖОВОЇ ТОРГІВЛІ
НА ВИСОКОРИЗИКОВАНИХ ФІНАНСОВИХ РИНКАХ**

Анотація. Розглянуто високоризиковані фінансові ринки, на яких здійснюються операції з фінансовими інструментами без покриття. Проаналізовано безризикові стратегії біржової торгівлі з гарантованою прибутковістю або збитком: скальпінг, спуфінг, фліппінг, скальпінг з хеджуванням. Для них побудовано математичну модель і наведено приклади розрахунків отриманих алгоритмів у процесі торгівлі опціонами.

Ключові слова: фінансові інструменти, фінансові ринки, скальпінг, спуфінг, фліппінг, бінарні опціони, модель торгів.

O.V. Smirnova, V.Yu. Kotlyar

SOME MODELS OF EXCHANGE TRADING IN HIGH-RISK FINANCIAL MARKETS

Abstract. High-risk financial markets, where transactions with non-reserved financial instruments are conducted, are considered. The risk-free trading strategies with guaranteed profitability or loss are analyzed: scalping, spoofing, flipping, scalping with hedging. A mathematical model is constructed for them. Examples of calculations of the obtained algorithms in the process of option trading are given.

Keywords: financial instruments, financial markets, scalping, spoofing, flipping, binary options, trading model.

Смирнова Олеся Валерьевна,

аспірантка кафедри Київського національного торгово-економічного університета,
e-mail: lesya_smirnov@ukr.net.

Котляр Валерій Юрьевич,

кандидат фіз.-мат. наук., доцент, доцент кафедри Київського національного торгово-економічного університета, e-mail: Aranhanew@ukr.net.