

дія пристрою пам'яті (див. рис. 3) в три рази вища, ніж ЗП (див. рис. 2).

**Висновки.** Техніко-економічні переваги такого пристрою пам'яті полягають у його вищих швидкодії і надійності збереження інформації, що дозволяє рекомендувати його для впровадження в системах RAID1 сучасних ЗП. Може бути перспективним застосування часової надмірності також для RAID0, RAID5, RAID6, RAID10, RAID50 і RAID60.

### **Література**

1. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.thecus.ru>
2. *Winkler T.* Two memory self — correcting system : патент США № 3544777.
3. *Корнейчук В.И., Городний А.В., Небукин А.И.* Запоминающее устройство : авт. свид. СССР № 385319.
4. *Городний А.В., Городний В.В., Давиденко С.В., Корнейчук В.И., Орлова М.Н.* Запоминающее устройство с самоконтролем : авт. свид. СССР № 972600.

**УДК: 336.761.6:519.816**

**Коломійчук О. П.**, к.ф.-м.н, доц.,

**Шуклін Г. В.**, ст. викладач,

кафедра комп'ютерної математики та інформаційної безпеки

факультету інформаційних систем і технологій,

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

### **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ПРОЦЕСІВ ФОНДОВОГО РИНКУ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ КЕРУВАННЯ**

**АНОТАЦІЯ.** У роботі застосовано математичний апарат і теорію керування, для забезпечення інформаційної безпеки фондової біржі. Побудовано математичну модель інформаційної безпеки фондової біржі, наводяться приклади застосування досліджень.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** матриця інформаційного поля, фондовий ринок, інформаційне керування, інформаційний вплив.

**АННОТАЦИЯ.** В работе применён математический аппарат и теория управления для обеспечения информационной безопасности фондовой биржи. Построена математическая модель информационной безопасности фондовой биржи, приводятся примеры использования исследований.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** матрица информационного поля, фондовый рынок, информационное управление, информационное влияние.

**ABSTRACT.** The purpose of this paper is mathematical instrument and control theory for information security in stock market. The mathematical model of information security in stock market was constructed and examples can be given.

**KEY WORDS:** information influence matrix, stock-market, information control, information influence.

**Постановка проблеми.** Актуальним є питання інформаційної стійкості, або інформаційної безпеки на фондовій біржі. Успіх і навіть життя гравців залежить від забезпечення захищеності інформації і персональних даних, від стороннього впливу. Гравці фондового ринку аналізують інформаційні потоки, які надходять з різних джерел, зокрема з інтернет-ресурсів. Спираючись на результати цього аналізу учасником під час торгів приймається необхідне рішення, що з позицій теорії керування є вибором керування. Злочинники намагаються впливати на таке рішення через відповідні професійні мережі в режимі онлайн. Ці мережі, до яких звертається торговець цінними паперами, виконують не тільки функції отримання інформації, але ще є і засобами інформаційного керування та зоною інформаційної протидії. Такі ресурси є інструментом інформаційного впливу, метою яких є маніпулювання думкою гравця або групи гравців при створенні торговельних стратегій для формування портфелів інвесторів. Все це призводить до інформаційних війн, наслідком яких може бути дестабілізація ринку («обвал ринку»). Історії відомі кілька таких обвалів, які закінчилися втратами мільярдів доларів і масовою загибеллю матеріальних благ: обвал на Уолл-Стріт в 1929 році, обвал 1973–1974 роки, «Чорний понеділок» 1987 року, «Бум доткомів» у 2000 році і обвал 2008 року.

Злочинники активно використовують інформаційні технології та маскуються таким чином, що виявлення їх намірів є однією з нелегких завдань сучасності. Тому актуальним є завдання підвищення якості захисту і створення оптимального процесу управління інформаційною безпекою [3].

Одним з ефективних підходів для розв'язування зазначеного вище завдання є застосування декомпозиції. Принцип декомпозиції полягає у тому, що для розв'язання задачі виконується розбиття її на ряд окремих простіших задач, які мають певну ієрархічну будову на відповідному рівні. Такий підхід дає змогу мінімізувати ризик захищеності [4]. Саме формулюванню і розв'язуванню такого класу задач присвячена ця робота.

**Мета роботи.** Метою даної роботи є розробка методики синтезу динамічної моделі керування інформаційною безпекою учасника фондового ринку з використанням ланцюгів Маркова, теорії ігор і математичної теорії керування.

**Аналіз останніх досліджень.** У роботі [4] автор відмітив, що за аналізом останніх досліджень і публікацій основним недоліком створення комплексних систем захисту інформації є те, що такі системи мають свій життєвий цикл, протягом якого вона функціонує за заданим цільовим призначенням. Також автор зазначає, що суттєвим недоліком відомих моделей [6–9] є те, що вони обмежують отримання кількісних показників захищеності інформації. У ряді моделей [6–9] припускається, що процес інформаційного конфлікту має статичну природу, що суперечить динамічності цих конфліктів у комплексних системах. В інших моделях [8] відсутня ймовірнісна природа динаміки інформаційного конфлікту та його теоретико-ігрові властивості, які породжуються суперечностями намірів суб'єктів інформаційного конфлікту.

#### **Основний результат**

**1. Базова модель.** При розробці стратегій торгів на фондовій біржі і при формуванні інвестиційних портфелів брокери використовують інтернет-ресурси, в яких вони отримують інформацію про стан економіки держави, стан існуючих фондових ринків, а також аналіз інших учасників, які впливають на думку індивідуума. Схематично базову модель взаємодії гравця з інтернет-ресурсами зображено на рис. 1.

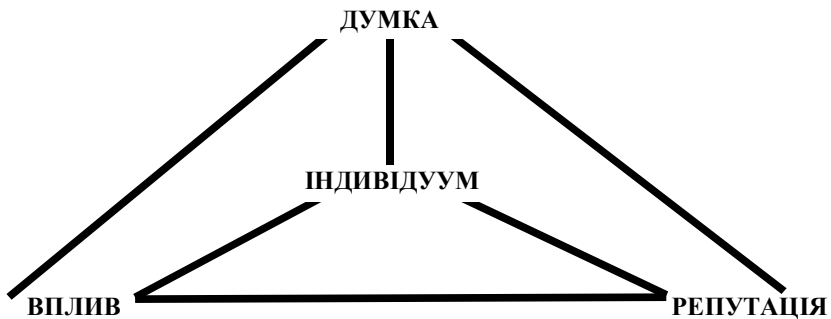


Рис. 1. Базова модель взаємодії гравця з інтернет-ресурсами

З рис. 1 видно, що при моделюванні системи інформаційної безпеки учасника фондового ринку слід враховувати такі властивості та ефекти системи «гравець — інтернет-ресурс»:

- наявність власного *досвіду* індивідуума;
- формування думки на основі власного досвіду і під *впливом* досвіду інших індивідуумів;
- різна *значущість* думок (*досвідів*) одних індивідуумів до інших;
- різна степінь *схильності індивідуума до впливу*;
- існування *непрямого впливу* (думки, які виникають у соціальних мережах);
- існування *авторитетних думок*, формалізація індексу впливу;
- існування *порога чутливості* до зміни думок інших індивідуумів, які є учасниками фондового ринку;
- *локалізація груп*, які використовують однакові стратегії (скриті наміри) або формують однакові портфелі, або здійснюють це одночасно;
- врахування факторів *кореляції* між локальними групами;
- наявність *стадій* — характерних етапів динаміки думок індивідуума;
- вплив доступу до *неофіційної інформації* (інформацію, яку не можливо отримати з офіційних інтернет-джерел) індивідуума на динаміку думки;
- активність індивідуума — цілеспрямована поведінка на торгах;
- можливість створювати коаліції на торгах;
- неповна інформованість індивідуума, прийняття їм рішення в умовах невизначеності;
- нетривіальна взаємна інформованість індивідуумів;
- ігрова взаємодія індивідуумів;
- оптимізація інформаційної взаємодії;
- інформаційне керування на торгах.

Усі перераховані властивості знаходять своє відображення в побудові моделей інформаційної безпеки для успішної роботи гравця на торгах, що є складовою стабілізації фондового ринку в умовах невизначеності.

**2. Марковська модель інформаційного впливу.** Нехай множина гравців, які є учасниками фондового ринку, є скінченою множиною натуральних чисел  $N(n) = \{1, 2, \dots, n\}$ . Вибір стратегій торгів на фондовій біржі одним гравцем впливає на вибір стратегії іншого гравця. Введемо матрицю  $A_\alpha = \|\alpha_{ij}\|_{n \times n}$  розміром  $n \times n$ , де  $\alpha_{ij} \geq 0$ , яку назвемо матрицею інформаційного поля. Елемент матриці  $\alpha_{ij}$  визначає степінь наміру для формування стратегії торгів  $i$ -м гравцем, від вибору стратегії  $j$ -м гравцем. Слід при цьому за-

значити, що при цьому істотно, що  $\alpha_{ji} = 1 - \alpha_{ij}$ . Елементи матриці  $\alpha_{ij}$  визначаються таким чином: якщо гравець не має своєї стратегії, а спирається лише на ту, яка домінує серед стратегій інших гравців, то  $\alpha_{ij} = 0$ , в іншому випадку  $\alpha_{ij} > 0$ .

Будемо вважати, що учасник фондового ринку достовірно знає тільки свій  $i$ -й рядок матриці  $A_\alpha$ , тобто чия стратегія вплинула на формування власної. Введемо умову нормування для матриці  $A_\alpha$ :

$$\forall i \in N(n) \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} = 1. \quad (1)$$

Отже, припустимо, що сумарний вплив на гравця при виборі стратегії торгів дорівнює 1. Умова (1) означає, що матриця  $A_\alpha$  є стохастичною за рядками. Якщо  $i$ -й гравець вибирає стратегію торгів, яку вибрав  $j$ -й гравець, а  $j$ -й гравець вибрав стратегію, яку вибрав  $k$ -й гравець, то будемо вважати, що ці гравці створюють коаліцію і це вже є вплив, який формує думку для прийняття рішення іншими гравцями. Тепер треба зрозуміти, дія цієї коаліції спрямована для стабілізації фондового ринку (неспаданню індекса), чи для створення дестабілізації для досягнення мети деяких корпоративних інтересів. Саме це розуміння і призводить до необхідності побудови моделей захисту інформації, індивідуума як системи, яка спроможна виявити намір коаліції і не допустити гравцю здійснити помилку.

Нехай у деякий початковий момент часу кожний гравець має свою базу стратегій і вибір однієї з них, який очікує джерело впливу, виражається деяким дійсним числом  $x_i(0)$ ,  $i \in N(n)$ . Вибір стратегій всіма гравцями на фондовій біржі визначається вектором-стовпчиком стратегій  $X(0)$  розмірності  $n$ .

Учасники фондового ринку спостерігають за поведінкою один одного. Це спостереження призводить до того, що вибір стратегії одним пов'язаний з вибором стратегії іншого, вибір якого є авторитетним для першого. Будемо вважати, що зміна в виборі стратегії є лінійною, тобто припустимо, що вибір стратегії гравцем у наступний момент часу є зваженою сумою вибору стратегій гравців, які для нього є авторитетними (вагами є елементи матриці  $A_\alpha$ ):

$$x_i(t) = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} x_j(t-1), \quad i \in N(n), \quad t = 1, 2, \dots \quad (2)$$

З (2) випливає, що в векторно-матричній формі першу зміну вибору стратегій можна записати як

$$X(1) = A_\alpha x(0). \quad (3)$$

Якщо зміна стратегій відбувається і далі, то

$$X(2) = A_\alpha^2 X(0), X(3) = A_\alpha^3 X(0), \dots, X(n) = A_\alpha^n X(0). \quad (4)$$

Матрицю  $A^n$  будемо називати матрицею інформаційного поля на  $n$ -му моменті часу, а вектор  $X(n)$  — вектором результативних стратегій на момент часу  $t = n$ .

**3. Інформаційне керування і вплив.** Рівняння (2) дає можливість ставити і розв'язувати задачу керування — інформаційний вплив на учасників фондового ринку з метою формування необхідних для джерела впливу стратегій. Щоб зберегти адитивність моделі будемо вважати, що керуючому органу (*центру*) відома матриця інформаційного поля, керуючий (*інформаційний*) вплив полягає в зміні центром початкових стратегій гравців  $X(0)$ , шляхом додавання вектора керування  $u \in R^n$ , що приведе до зміни стратегії торгів  $i$ -м гравцем з  $x_i(t)$  на  $x_i(t) + u_k(t)$ ,  $i \in N(n)$ .

Припустимо, що  $u_k \in U_k$ ,  $k \in N$ ,  $N$  — множина натуральних чисел. Нехай  $U = U_1 \cdot U_2 \cdot \dots \cdot U_k$ , тоді результативні стратегії на момент часу  $t = n$  будуть визначатись наступним матричним рівнянням

$$X = A_\alpha^n (x(0) + u), \quad (5)$$

або в координатній формі

$$X_i^u = \sum_{\substack{j=1 \\ k \in N}}^n \alpha_{ij}^{(n)} (x_j(0) + u_k), \quad i \in N(n).$$

де  $\alpha_{ij}^{(n)}$  — елементи матриці  $A_\alpha^n$ .

Зауважимо, що індекс  $k$  — не збігається з індексом  $i$ , так як кількість форм можливих інформаційних впливів (атак)  $u_k$  з боку центра на вибір гравцями відповідних стратегій не дорівнює кількості учасників фондового ринку і цей вплив протягом тривалого часу може бути незмінним, а вибір стратегій гравцями при цьому може змінюватись автономно.

Нехай цільова функція центру  $J(X, u)$  — *критерій ефективності керування*. Ця функція залежить від вектору  $X(n)$  і вектора керування  $u \in U$ . Тоді задача керування буде полягати в виборі допустимого вектора керування, який максимізує вектор ефективності:

$$J(A_{\alpha}^n(x(0) + u), u) \rightarrow \max_{u \in U}. \quad (6)$$

Метою зловмисника, який впливає на вибір стратегій гравцями, є дохід  $H(X)$ , який він отримає за час торгів протягом періоду  $t = n$  і витрати  $C(x(0), u)$  на здійснення керуючих впливів. Тому критерій (6) можна записати у вигляді

$$H(X) - C(x(0), u) \rightarrow \max_{u \in U}. \quad (7)$$

Якщо умовно вважати, що вибір стратегій гравцями є результатом інформаційної атаки зі сторони центра, то прикладами функції  $H(X)$  є дохід, який він отримає, від максимальної кількості однакових елементів вектора  $X(n)$ , або навпаки.

**4. Аналіз динаміки інформаційного впливу.** Нехай центр має можливість здійснювати інформаційну атаку на вибір початкових стратегій не на всіх учасників ринку, а тільки на їх підмножину  $M \subseteq N(n)$ , яких умовно будемо називати *агентами впливу*, число яких дорівнює  $m = |M|$ . Розглянемо випадок динамічного інформаційного керування і впливу, коли центр має можливість впливати на вибір стратегій (схритих цілей) гравців не тільки в початковий момент, але і в інші моменти часу.

Будемо вважати для визначеності, що агенти впливу є гравці з номерами  $1, 2, \dots, m$ . Позначимо  $u(\tau) = (u_j(\tau))$ ,  $j \in M$ ,  $\tau = 0, 1, 2, \dots$  — вектор керування в момент часу  $\tau$ . Згідно структури матриці інформаційного поля  $A_{\alpha}$ , можна сформулювати наступне твердження.

**Твердження 1.** *Якщо в матриці  $A_{\alpha}$  відсутні нульові елементи, то за наявності хоча б одного агента впливу результат торгів є прогнозованим.*

Дійсно, за (5), для довільного значення  $X(n)$  можна знайти відповідне керування.

Прикладом причин інформаційного впливу через агентів впливу може бути викликаний такими факторами, як занепокоєння зростаючої кризи в євро зоні, жорстке фіскальне регулювання економіки США або події, які вплинули на перспективи розвитку самої крупної економіки Китаю, що розвивається.

Припускаючи, що керування відбувається до початку торгів, то рівняння динаміки вибору стратегій можна записати в матричній формі

$$x(t+1) = A_\alpha(x(t) + Bu(t)), t = 1, 2, \dots, \quad (8)$$

де  $B$  — матриця розміром  $n \cdot m$ , в якій елементи  $b_{ij}$  мають такі значення

$$b_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i = j, i = 1, 2, \dots, m; \\ 0, & i \neq j, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m. \end{cases} \quad (9)$$

Рівняння (8) є різницевим рівнянням, яке описує лінійну дискретну систему керування. Розв'язок цього рівняння можна записати у вигляді

$$x(n) = A_\alpha^n x(0) + \sum_{k=0}^{n-1} A_\alpha^{n-k} Bu(k). \quad (10)$$

Позначимо через  $D$  матрицю керованості, яка має такий вигляд

$$D = [K, A_\alpha K, \dots, A_\alpha^{n-1} K], K = A_\alpha B.$$

При функціонуванні фондового ринку в умовах невизначеності відсутні обмеження на керування  $u(t)$ . У цьому випадку, за критерієм Каллмана [5], система досягне довільного стану  $x(T \geq n)$  тоді і тільки тоді, коли ранг матриці  $D$  дорівнює  $n$ .

**Твердження 2.** Нехай центр здійснив вплив  $u(0), u(1), \dots, u(l)$ . Вектор кінцевих стратегій не зміниться, якщо ті самі впливи були здійснені в інші моменти часу.

**Твердження 3.** Нехай впливи не обмежені, тоді для довільної послідовності векторів керуючих впливів  $u(0), u(1), \dots, u(l)$  існує такий вектор керування в початковий момент часу, який приведе до того ж самого розподілу стратегій.

Назвемо впливовістю агента  $j$  в момент часу  $t$  таку суму:

$$w_j(t) = \sum_{i \in N} A_\alpha^t.$$

Назвемо сумарною думкою агентів при виборі стратегій у момент часу  $t$  суму  $\sum_{i \in N} x_i(t)$ . Нехай центр здійснив вплив  $u(0), u(1),$

$\dots, u(l)$ , тоді сумарним впливом буде сума  $\sum_{t=0}^l \sum_{j \in M} u_j(t)$ .

**Твердження 4.** При невід'ємних керуваннях для досягнення центром максимальної сумарної думки в момент часу  $T$ , при за-



даному сумарному впливі, достатньо здійснити в момент часу  $\tau$  єдиний вплив на одного агента  $j^*$  з максимальною впливовістю:

$$(j^*, \tau) \in \max_{j \in M, \tau \in \{0, \dots, T-1\}} w_j(T-t).$$

Впливовість агентів може сильно змінюватись з часом. Розглянемо наступний приклад.

**Приклад.** Розглянемо трьох учасників фондового ринку, перший з яких повністю діє так, як діє другий, другий вибрав стратегію ринку з обмеженою амплітудою з  $1 - \alpha$  степеню довіри другому і степеню довіри самому собі, що дорівнює  $\alpha$ , а третій — стратегію «голова-плечі» і з повною довірою самому собі. Тоді матриця впливу матиме такий вигляд

$$A_\alpha = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1-\alpha & \alpha \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Легко показати, що  $A_\alpha^t = \begin{pmatrix} 0 & (1-\alpha)^{t-1} & 1-(1-\alpha)^{t-1} \\ 0 & (1-\alpha)^t & 1-(1-\alpha)^t \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ , тоді

впливовість агентів матиме вигляд

$$\begin{aligned} w_1(t) &= 0, \\ w_2(t) &= (2-\alpha)(1-\alpha)^{t-1}, \\ w_3(t) &= 3 - (2-\alpha)(1-\alpha)^{t-1}. \end{aligned}$$

Звідки випливає, що вплив другого агента з часом монотонно спадає з  $2 - \alpha$  до 0, а вплив третього агента монотонно зростає з  $1 + \alpha$  до 3. Це означає, що вибір торгової стратегії «голова-плечі» для цих трьох агентів є найкращим. Таким чином, якщо центр намагається максимізувати сумарну думку агентів, то інформаційний вплив необхідно здійснювати на третього гравця.

Існують учасники фондового ринку, які мають великий досвід торгів. Тому існує підмножина  $S \subseteq N(n), |S| = l$  таких гравців, які розуміють існування інформаційного впливу і мають свій вплив, забезпечення якого можна розглядати як інформаційний захист від атак. Групу таких гравців назвемо внутрішнім центром протидії (ВЦП) і для визначеності будемо вважати, що їх номери  $m + 1, m + 2, \dots, m + l$ , і  $m + l \leq n$ . Схематично схему захисту від інформаційного впливу представлено на рис. 2.

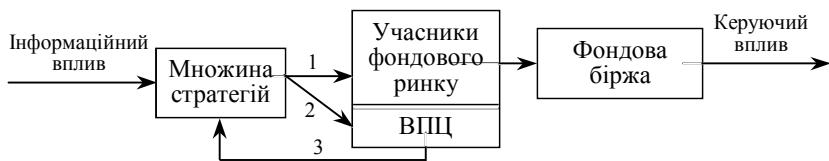


Рис. 2. Схема захисту від інформаційного впливу

Згідно з рис. 2 джерело інформаційного впливу намагається нав'язати гравцям стратегії. Деяка кількість учасників приймає ці стратегії і здійснює торги. Інші учасники входять до групи ВПЦ і аналізують вплив (поточний економічний розвиток країни, бізнес новини, політичний стан країни і в світі, зміна політики центральних банків розвинених ринків, тощо). Якщо згідно з аналізом ВПЦ поточний вибір стратегії торгів не несе фінансових збитків, то учасники фондового ринку, які перебувають під зовнішнім інформаційним впливом, не відчують помилок і торги відбуваються в автономному режимі. Якщо ж ВПЦ за аналізом існуючого економічного стану відчуває, що необхідно кардинально змінювати стратегії торгів, то відбувається з їх боку спад активності, тобто протягом деякого часу вони повертаються до множини стратегій і будують свою тактику. Взаємозв'язок між ВПЦ і центром є подальшим дослідженням авторів.

**Висновки.** Таким чином, можна зробити висновок, що однією зі складових стабілізації фондового ринку в умовах невизначеності є інформаційна безпека на торгах, тому ефективність торгів залежить від вміння брокера розпізнати, яку стратегію йому нав'язують, а яка стратегія є корисною для нього в поточний момент часу. За математичною теорією керування можна будувати моделі інформаційних впливів за допомогою матриць інформаційного поля. Використовуючи цю ж матрицю можна розшифрувати стан фондового ринку і моделювати економічні прогнози, оскільки доведена пряма залежність між рівнем зрілості фондового ринку і станом економіки. У подальших дослідженнях буде детально розкрито механізм побудови матриці інформаційного поля та її зв'язок з економічним станом.

## Література

1. Губанов Д.А. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства / Д. А. Губанов, Д. А. Новиков, А. Г. Чхартишвили. — М. : МЦНМО, 2010. — 228 с.

2. Шуклін Г.В. Моделювання інвестиційних рішень на фондовому ринку / Г. В. Шуклін // Моделювання та інформаційні системи в економіці : зб. наук. праць. — 2009. — Вип. 79. — С. 62-69.

3. Глушак В.В. Синтез структури системи захисту інформації з використанням позиційної гри захисника та зловмисника / В. В. Глушак, О. М. Новіков // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2013. — № 2. — С. 89-100.

4. Гришук Р.В. Неперервна дискретна диференціально-ігрова модель процесу нападу на інформацію / Р. В. Гришук // Вісник ЖДТУ. — 2009. — № 4 (51). — С. 135-141.

5. Зубов В.И. Лекции по теории управления / В. И. Зубов. — М. : Наука, 1975. — 496 с.

6. Девянин П.Н. Модели безопасности компьютерных систем / П. Н. Девянин. — М. : Академия, 2005. — 144 с.

7. Домарев В.В. Безопасность информационных технологий. Системный подход / В. В. Домарев. — К. : ООО «ТИД» «ДС», 2004. — 992 с.

8. Бабак В.П. Теоретичні основи захисту інформації: підручник / В. П. Бабак. — К. : Книжк. вид-во НАУ, 2008. — 752 с.

9. Мельников В.В. Безопасность информации в автоматизированных системах / В. В. Мельников. — М. : Финансы и статистика, 2003. — 368 с.

## УДК 004.58

**Галузинський Г. П.**, к.т.н., доц.

кафедри ІСЕ Київського національного економічного університету

### **ЗАСАДИ ПОБУДОВИ КОРИСТУВАЦЬКОГО ІНТЕРФЕЙСУ ІНФОРМАЦІЙНИХ УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ**

*АНОТАЦІЯ. Розглянуто основні компоненти і принципи побудови користувачького інтерфейсу та запропоновано підхід до стандартизації початкових етапів його проектування, на яких закладається основа забезпечення якості інтерфейсу користувача інформаційних управляючих систем.*

*АННОТАЦИЯ. Рассмотрены основные компоненты и принципы построения пользовательского интерфейса и предложен подход к стандартизации начальных этапов его проектирования, на которых закладывается основа обеспечения качества пользовательского интерфейса информационных управляющих систем.*

*ABSTRACT. The basic components and principles of the user interface is considered and offered approach to the standardization of the initial stages of its design, which is the basis of providing of the quality of the user interface of information sensor-based systems is mortgaged on.*