

ФОРМАЛЬНО-ЛОГІЧНІ МОДЕЛІ ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА З ВІДПРАЦЮВАННЯ ТАКТИЧНИХ НАВИКІВ У КЕРІВНИКА ЛІКВІДАЦІЇ ПОЖЕЖІ

© Рак Ю.П., Зачко О.Б., Рак Т.Є., 2010

Проведено літературно-інформаційний аналіз тенденцій розвитку комп'ютерних тренажерів та запропоновано формально-логічні моделі проектування комп'ютерного тренажера з відпрацювання тактичних навиків керівника ліквідації пожежі.

Ключові слова: комп'ютерний тренажер, проектування, формально-логічні моделі, ліквідація пожежі.

Formal logical models of planning the computer trainer from working off the tactical skills of head of fire liquidation based on the conducted literary and informative analysis of the tendencies of using existent computer trainers are offered.

Keywords: computer trainer, planning, legalistically logical models, fire liquidation.

Вступ. Комп'ютерні тренажери є найзатребуванішими в галузях людської життєдіяльності, де помилки під час навчання на реальних об'єктах можуть призвести до надзвичайних наслідків, а їх усунення – до великих фінансових витрат. Насамперед це стосується військової сфери, медицини, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, атомної енергетики тощо. На сучасному етапі поряд з процесами інформатизації суспільства та створення найскладнішої техніки, експлуатація якої пов'язана з ризиком для життя не тільки однієї людини, але й людства загалом, виникла ціла індустрія – комп'ютеризовані тренажерні технології.

Комп'ютерні тренажери – це складні програмно-апаратні комплекси, інтегровані системи моделювання, імітаційні чи фізичні моделі, спеціальні методики, створювані для того, щоб підготувати керівника до прийняття ефективних управлінських рішень. У сучасних комп'ютерних тренажерах закладаються принципи розвитку тактичних навиків з одночасною теоретичною підготовкою. Реалізація такого підходу можлива у зв'язку з розвитком і здешевленням електронно-обчислювальної техніки, а також прогресом у галузі створення віртуальної реальності. На основі цих технологій розроблені численні тренажери для військового застосування, які уможливають імітувати бойові дії з найвищою детальністю в реальному часі, створено безліч додатків технології віртуальної реальності для медицини. При цьому області застосування комп'ютеризованих тренажерних технологій постійно розширюються.

Враховуючи звіт компанії Sensics і консалтингової компанії Insight Media в США і Європі, можна констатувати стрімке зростання цього напрямку. Вливання коштів щодо випуску одного тільки устаткування для навчальних центрів і центрів наукової візуалізації збільшується згідно прогнозом з 150 мільйонів доларів у 2005 році до 600 мільйонів доларів до 2010 року (рис. 1) [1].

Літературно-інформаційний аналіз. Одним із прикладів використання комп'ютерних тренажерів в системі цивільного захисту є тренажерні системи для операцій з пошуку і рятування, побудовані на основі базових функцій навігаційних тренажерів. Ці системи забезпечують повноцінну тренажерну підготовку з проведення пошукових і рятувальних операцій відповідно до вимог IAMSAR конвенції ІМО [2].

Моделювання сучасних типів рятувальних суден, гелікоптерів, засобів виявлення і порятунку на морі, а також радіозв'язку дає змогу проводити навчання як на предмет їх використання, так і стосовно координації пошукових рятувальних операцій у найскладніших гідрометеорологічних

умовах. Синхронний запис і відтворення динаміки подій, використання устаткування і переговорів в ефірі є найефективнішими засобами навчання навикам з порятунку людей на морі [2].

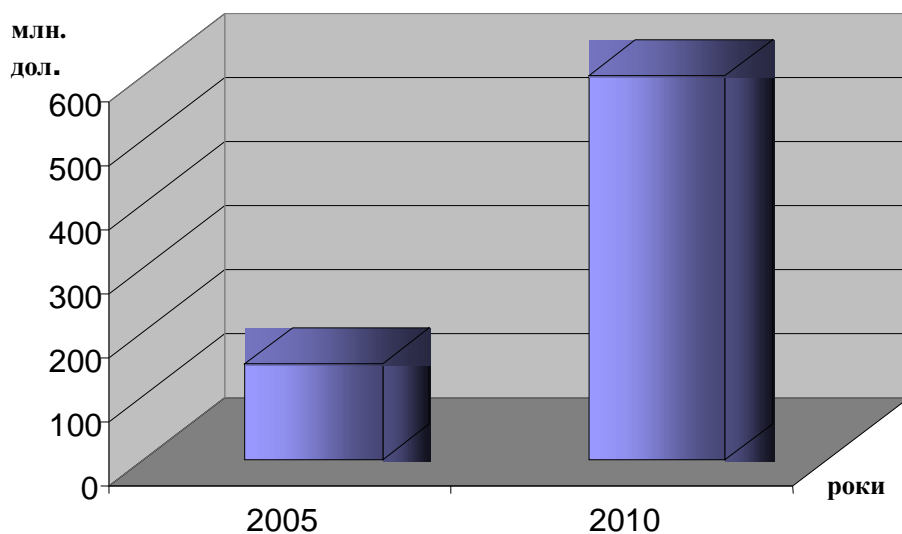


Рис. 1. Витрати коштів на випуск устаткування для навчальних центрів США та Європи (в порівнянні 2005–2010 рр.)

Комп'ютерний тренажер з відпрацювання дій у надзвичайних ситуаціях, який є модулем системи управління надзвичайними ситуаціями компанії «Транзас», з успіхом застосовується для тренування і навчання персоналу та командного складу служб, що взаємодіють в модельованих аварійних ситуаціях: нафтові розливи, аварії на потенційно небезпечних об'єктах, операції пошуку і порятунку під час морських і авіаційних катастроф [3].

Сьогодні компанія «Транзас» разом з фахівцями Федерального центру МНС Російської Федерації розширює можливості тренажера, проектуючи модулі для відпрацювання управлінських рішень у таких надзвичайних ситуаціях, як повені, лісові пожежі, терористичні акти. Система може використовуватися в розрахованому на одного користувача режимі настільної прикладної системи для відпрацювання тактичних навичок фахівців з ліквідації надзвичайної ситуації.

Програма, створена в американській державній лабораторії Sandia, призначена моделювати поведінку різних державних служб під час надзвичайної ситуації. Зовнішньо симулятор нагадує комп'ютерну гру, дуже наближену до реальності. Програма орієнтована на використання різними державними структурами: від мерії міста до пожежної охорони. Система здатна моделювати такі надзвичайні ситуації, як атака терористів, за допомогою біологічної зброї, ядерний удар тощо. Завданням користувача, який діє як офіційна особа міста, може бути, наприклад, ухвалення таких рішень, як оголошення загальної тривоги, або ж, навпаки, замовчування якоїсь інформації. Результатом дій може стати загальна паніка і загибель тисяч людей. Комп'ютерний тренажер в реальному часі надає інформацію про кількість жертв, поточне становище в місті тощо [4].

Американська компанія North Tree Fire створила двоповерховий керований комп'ютером тягач з причепом завдовжки близько 15 м здатний імітувати десятки різних небезпечних ситуацій. Транспортер дає можливість випробувати на собі усі наслідки реальної пожежі. Тут можна відпрацьовувати вправи у складі ланки газодимозахисної служби, управляти стволами і рукавами усередині охопленої полум'ям будівлі, де відтворюються максимально наближені до реальних умови пожежі. Основу тренажера становить комп'ютер на платформі Pentium, який моделює усередині фургона різні сценарії пожежі, запускаючи програми з нескладним графічним інтерфейсом користувача. Комп'ютер контролює безпеку пожежників, відстежуючи все, що відбувається за допомогою розміщених по усьому причепу датчиків. Проникнути в причеп можна через п'ять різних дверей. Коли пожежники потрапляють всередину, там вже розповсюджується полум'я. Оператор тренажера знаходиться в спеціально відгородженому контрольному приміщенні

і контролює інтенсивність полум'я і температуру усередині будівлі (приблизно від 150 до 700 градусів по Цельсію). Вогонь поступає з реактивних двигунів, де спалюється пропан, що робить полум'я абсолютно реалістичним [5].

Створена за замовленням Центру підготовки фахівців для берегової охорони США система моделювання і аналізу аварій успішно експлуатується по усьому світу. Система призначена як для координації і контролю робіт з ліквідації реальних надзвичайних ситуацій і наслідків аварій, пов'язаних з нафтовим забрудненням, так і для тренування персоналу та командного складу різних служб, що взаємодіють в модельованих ситуаціях. Система дає змогу відпрацьовувати практичні навички з ухвалення рішень в ситуаціях різного рівня складності аж до екстремальних, а також з застосування різних технічних засобів і організації супутнього інформаційного обміну. Під час створення системи повною мірою враховані вимоги MARPOL 73/78, OPR90, OPA90 [6]. Система являє собою широкий набір засобів та інструментів, які уможливають створювати різні ситуації, задаючи значення початкових параметрів, і використовує точну гідродинамічну модель нафтового розливу, створену на основі досліджень Державного інституту океанографії Російської академії наук. Модель з високим ступенем точності відтворює основні процеси, що відбуваються в нафтовій плямі: розтікання, випаровування і взаємодія з берегом. Також реалізовані моделі горіння і взаємодії з хімічними речовинами.

Крім того, з'явилися і успішно функціонують безліч міжнародних конференцій в області сучасних засобів навчання, таких як International Training and Education Conference (ITEC), Society for Modeling and Simulation International (SCS), Special Interest Group on GRAPHics and Interactive Techniques (SigGraph), International Conference on Artificial Reality and Tele-existence та ін. [7].

Причина зростаючої популярності комп'ютерних імітаційних тренажерів полягає в їх здатності реалізувати принципово новий і дуже ефективний спосіб обміну інформацією. Можливості дослідження і запам'ятовування інформації у кілька разів перевищує традиційні способи. Ці та інші якості комп'ютерних тренажерів мають велику значущість під час підготовки і підвищення кваліфікації персоналу, особливо персоналу, зайнятого на небезпечних ділянках виробництва, і там, де ціна помилки істотно вища за витрати на навчання [8].

Окремо слід зазначити клас тренажерів, які не використовують спеціальну апаратну інтерфейсну частину. Це комп'ютерні тренажери, роль інтерфейсу в яких виконують стандартні пристрої введення-виводу комп'ютера: клавіатура, миша, монітор. Використання таких тренажерів доцільне у випадках, коли в модельованих об'єктах і ситуаціях немає необхідності у використуванні спеціального устаткування. Прикладом може бути комп'ютерний тренажер для відпрацювання тактичних навичок з ліквідації пожежі у житловому секторі [9–10].

Формально-логічні моделі проектування комп'ютерного тренажера. Основа будь-якої системи проектування – це бібліотека елементів, яка з урахуванням зручності роботи для користувача подається у вигляді таблиці з можливим доступом за рядками та стовпцями. Сама бібліотека складається з елементів, які супроводжуються значеннями характеристик затримки спрацювання елемента t і затримки введення інформації t (таблиця).

В таблиці подано стандартні елементи з n.1 по n.4. Повторювач та затримка є типовими для галузі «пожежна безпека» і є дуже зручним під час їх інтерпретації (прикладом може бути ситуація рятування на пожежі у житловому будинку, де на вході є варіанти вибору дій чи способів рятування людей на пожежі, а на виході – врятована людина).

Схема 1 (таблиця) інтерпретує деяку «рятувальну дію», яка для реалізації вимагає два компоненти, а видає один. Інвертор може інтерпретувати перетворення носія типу «позитив – негатив – позитив» або «рятування – екологічні наслідки – рятування».

Параметри елементів «1-4» (таблиця) містять мінімальну кількість тактів, після яких елемент готовий прийняти на вході для обробки чергової порції інформації.

За $t < t$ елемент може розпочати обробку чергової порції інформації в той момент часу, коли попередня з нього «ще не вийшла». Прийmemo для спрощення, що усі стандартні елементи мають $t = 1$.

Бібліотека елементів

№ з/п	Назва	Зображення	t	τ
1	Повторювач-розгалужувач		1	1
2	Затримка на n тактів		n	1
3	Схема I		2	1
4	Інвертор		1	1
5	Схема АБО		4	1

Процедури, які реалізують елементи «1–4», доволі прості і у формалізованому вигляді подані приблизно так:

$$1. W_{(x,y)} = \begin{cases} \text{ввiд}(x) \\ y = x \\ \text{вивiд}(x, y) \end{cases} ; \quad (1)$$

$$2. Z_{(x)} = \begin{cases} \text{ввiд}(x) \\ \text{вивiд}(x, y) \end{cases} ; \quad (2)$$

$$3. I_{(x,y,z)} = \begin{cases} \text{ввiд}(x, y) \\ Z = x\delta y \\ \text{вивiд}(z) \end{cases} ; \quad (3)$$

$$4. HE_{(x,y)} = \begin{cases} \text{ввiд}(x) \\ y = \bar{x} \\ \text{вивiд}(y) \end{cases} . \quad (4)$$

Розглянемо наступну задачу проектування комп'ютерного тренажера з відпрацювання тактичних навиків під час ліквідації надзвичайних ситуацій на основі запропонованої бібліотеки елементів.

Суть задачі проектування полягає у розробці пристрою «I» (рис. 2), який реалізує триаргументну функцію голосування

$$F = (x_1 d x_2) \vee (x_2 d x_3) \vee (x_1 d x_3) : \quad (5)$$

- а) із затримкою $t \rightarrow \min$, але не більше 10;
- б) для умови $\tau = 1$;
- в) з можливо меншою кількістю перетинань зв'язків і елементів t .

Проілюструємо розробку усіх компонентів схеми у вигляді топології технологічної схеми реалізації функцій F пристрою I .

Відповідно до формалізованого представлення проектувальної задачі співвідношення (5) функцію F проектувальник може проектувати як схему (рис. 3), в якій елемент $АБО$ поки що не проектуваний.

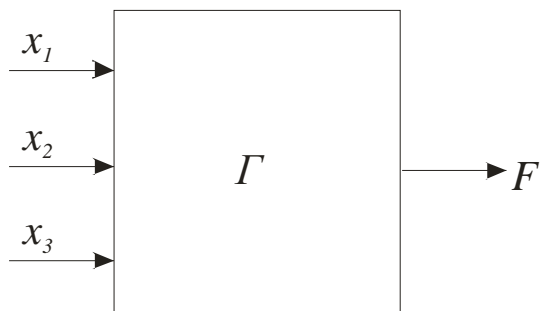


Рис. 2. Пристрій триаргументного голосування

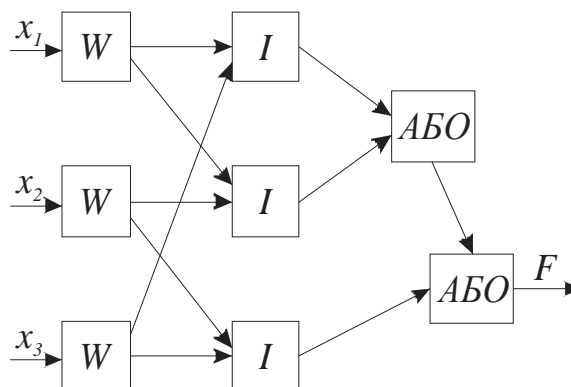


Рис. 3. Топологічна технологічна схема реалізації функції F пристрою Γ

Його проектувати можна доручити іншому проектувальнику, який, використавши правило де-Моргана, виразить функцію $АБО$ через функцію I , тобто

$$Z = x \vee y = (x \overline{y}). \quad (6)$$

В результаті отримуємо схему (рис. 4), в якій $t = 4, \tau = 1$.

До речі, цю схему (рис. 4) можна ввести в бібліотеку елементів та користуватись, як стандартною схемою. У таблиці вона записана під пунктом 5.

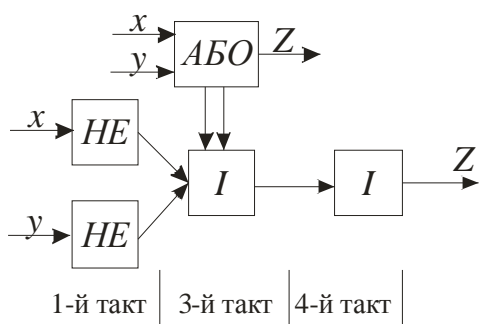


Рис. 4. Еквівалентна схема АБО

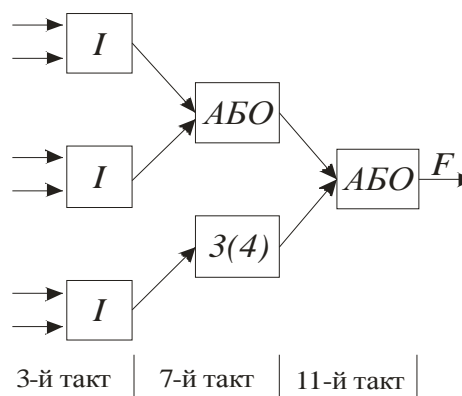


Рис. 5. Друга частина топологічної технологічної схеми пристрою після перетворень

Оскільки вже є всі необхідні елементи, можна завершити проектування схеми (рис. 3). Прийнято вважати, що елементи спрацюють при надходженні усіх аргументів, але для п'ятого елемента $АБО$ це не обов'язково. Прийmemo також умови: якщо аргумент надійшов раніше, то на наступному такті він губиться. Тому в схемі, яка проектується, перед другим елементом $АБО$ необхідно зробити затримку на четвертому такті. Тоді друга частина схеми буде такою, як показано на рис. 5.

Увесь час спрацювання схеми пристрою займає 11 тактів, що не задовольняє умови задачі «а». Тому проектувальнику потрібно розглянути другу частину схеми, реалізуючи триаргументну (нестандартну) функцію $АБО$ за формулою

$$x \vee y \vee z = (x \overline{y} \overline{z}). \quad (7)$$

Оптимізуючи розміщення елементів, можна досягнути етапу зменшення кількості перетинів з чотирьох до двох, і тоді схема після таких перетворень набуде вигляду, що показаний на рис. 6. Наведена схема має $t=9$, що задовольняє умову «а» (одну її частину, адже значення показника t поки що невідоме).

Враховуючи необхідність економії елемента I , а також враховуючи те, що п'ятий елемент I прямує між 6-м і 8-м тактами, коли четвертий елемент I не діє, можна модернізувати схему, залучивши для обробки п'ятої функції I четвертий елемент I (рис. 7).

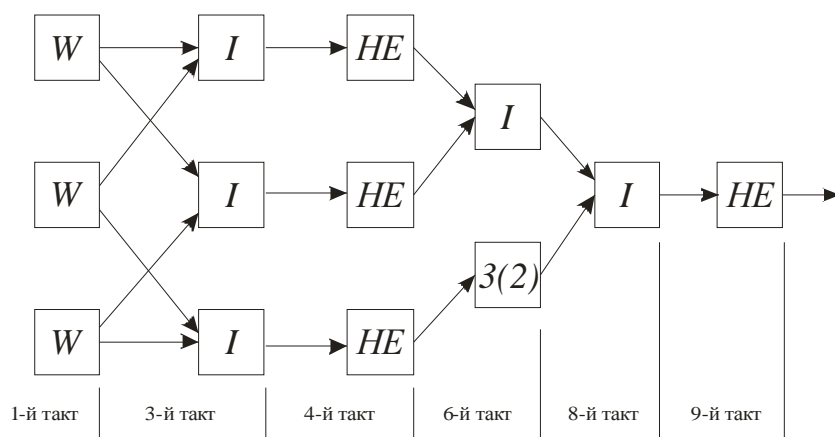


Рис. 6. Топологічна технологічна схема реалізації функцій F пристрою Γ після перетворень

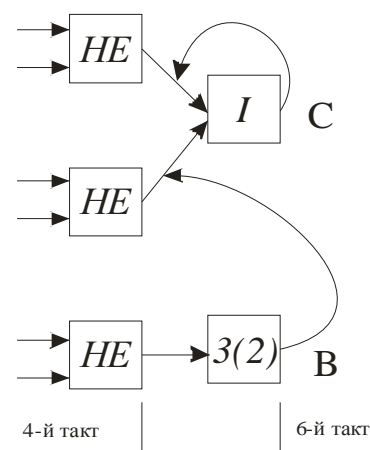


Рис. 7. Друга частина топології технологічної системи після модернізації

Показане на рис. 7 з'єднання можна подати у вигляді елемента. Зокрема, якщо розглянути розробку однієї порції вхідних величин x_1, x_2, x_3 , то перший раз на елемент I потрібно прийняти величини A, B , а другий – C, D . Проте на потоці вхідних векторів x_1^i, x_2^i, x_3^i , де $i = 1, 2, \dots, n$ на вході елемента I можуть відбуватися конфлікти між величинами A, B та C, D . Наприклад, на 6-му такті надійдуть дані одночасно A, B та C, D . Для запобігання такому варіанту потрібно надсилати дані на вході не на кожному такті. Не важко зауважити, що у цьому випадку робота буде коректною, якщо дані надходять на таких тактах: $0, 2, 4, 5, 8, 9, \dots, 4n, 4n + 1$, де $n = 0, 1$.

Під час проектування необхідно також вирішити питання, як елемент I «дізнається», на якому такті і з яких ходів брати інформацію. Розв'язуючи цю задачу, можна, зокрема, ввести в схему спеціальний елемент-розподільвач, певним типом описати його і віддати, наприклад, на автономне проектування, аналогічно, як було зроблено з елементом $АБО$.

Враховуючи вищесказане, промодельовано схему рис. 6, зробивши при цьому кілька зауважень-допущень. Враховуючи загальні принципи моделювання, суть розв'язку задачі полягає у здійсненні програмування роботи топологічної технологічної схеми (рис. 6) в такий спосіб:

- 1) створення процедур програми, що описують роботу елементів схеми;
- 2) встановлення адекватного інформаційного зв'язку між ними відповідно до зв'язків елементів схеми;
- 3) створення процедури керування відповідно до зазначених зв'язків;
- 4) об'єднання усіх процедур у програму.

Сама програма може бути паралельна чи послідовна та орієнтована на різні типи багатопроцедурних обчислювальних комплексів. У нашому випадку значна частина операторів виконується в режимі синхронного обчислення. Взагалі логічні функції, особливо за їх розрядності у 16, 24, 32 біти, матимуть багато таких фрагментів, а тому модулювання зручно виконувати на багато процесорних ЕОМ.

Для забезпечення процедури автоматичного керування структурою програми необхідно дотримуватись двох рішень:

1. Порівняно невеликі схеми можна, рухаючись від результуючих блоків, розвернути у дерево. Зазвичай дерево перетворюють у ярусно-паралельну форму, збираючи в ярус найоднотипніші операції, в кількості, що дорівнює кількості процесорів.

2. Для великих топологічних технологічних схем або за наявності лише послідовного багатопроцесорного обчислювального комплексу можна здійснити послідовний обхід елементів схеми, зберігаючи інформаційні зв'язки. За розробленою методикою та програмою можна перевірити схеми, залучаючи повну систему тестів і порівнюючи результати моделювання з еталонами [11, 12].

Висновки. Запропоновано підходи до проектування комп'ютерного тренажера щодо відпрацювання тактичних навичок з ліквідації пожежі у житловому секторі, зокрема розроблено формально-логічні моделі проектування комп'ютерних тренажерів відпрацювання тактичних навичок у рятувальника під час ліквідації пожежі у житловому секторі, які дають змогу забезпечити автоматизацію зміни інформації з метою його подальшого вдосконалення, а також із врахуванням місця виникнення пожежі.

1. Офіційний сайт компанії Sensics // Ресурс доступний з <http://www.sensics.com>. 2. Руководство по международному авиационному и морскому поиску и спасанию (IAMSAR) // Ресурс доступний з <http://www.seaman-sea.ru/gmdss/384-poisk-i-spasenie.html?start=1>. 3. Офіційний сайт Російської групи компаній «Транзас» (TRANsport SAFety Systems) // Ресурс доступний з <http://www.ea.transas.ru>. 4. Лаврик Т. Реалізація методу вправ з використанням комп'ютерних тренажерів в умовах дистанційного навчання / *Information Technologies in Education for ALL*. – К.: МННЦІТС, 2006 – С. 81–84. 5. Офіційний сайт компанії North Tree Fire // Ресурс доступний з <http://www.northtreefire.com>. 6. Руководство по управлению чрезвычайными ситуациями. Система управления чрезвычайной ситуацией (ICS) // *Береговая охрана США*. – Вашингтон, окр. Колумбия, 20593. – 2001. – 254 с. 7. *International Training and Education Conference (ITEC)* // <http://www.itec.co.uk>. 8. Клыков В.В. Интерактивные компьютерные тренажеры // *Международная научно-методическая конференция «Новые информационные технологии в университетском образовании»*: Тезисы докладов. – Новосибирск: Изд-во СибГУТИ, 2003. – С. 85–86. 9. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Технология и инструментальные средства проектирования компьютерных тренажерно-обучающих комплексов для профессиональной подготовки и повышения квалификации. – Ч. 1 // *Информационные технологии*. – 1999. – № 6. – С. 40–45. 10. Клыков В.В. Система автоматизированной разработки интерактивных компьютерных тренажеров на базе XML // *Дистанционные образовательные технологии: Сб. научн. тр.* – Томск: Изд-во ТУСУР, 2004. – Вып. 1: Пути реализации. – С. 110–127. 11. Рак Ю. П. Технологічне проектування в рамках однієї експертної системи // *Комп'ютерні технології друкарства: Праці*. – Львів, 1988. – С. 152–169. 12. Рак Ю. П. Малі друкарські системи: прогнозування, аналіз, синтез. – К.: Наук. думка, 1999. – 256 с.