

УДК 519.68

*Юрій Олександрович Гунченко
Антон Антонович Гончарук
Сергій Андрійович Шворов*

МЕТОДИЧНИЙ АПАРАТ ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТА ПОБУДОВИ ТРЕНАЖЕРНО-МОДЕЛЮЮЧОЇ СИСТЕМИ В ЕЛЕКТРОННОМУ ТИРІ

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Як відомо, одним з основних напрямків підвищення ефективності вогневої та тактичної підготовки фахівців спецпідрозділів (ФСП) є розробка та широке застосування в електронних тирах (ЕТ) перспективних тренажерно-моделюючих систем (ТМС), за допомогою яких забезпечується прискорена підготовка ФСП до необхідного рівня навченості з виконання навчальних завдань (НЗ). Поява новітніх інформаційних технологій синтезу ТМС по суті означає новий якісний стрибок у вогневій та тактичній підготовці ФСП. Однак традиційне проектування не здатне забезпечити отримання якісного варіанта побудови ТМС, що забезпечує підготовку ФСП при мінімальних вартісних витратах та в короткі строки. Тому виникає необхідність в обґрунтуванні раціонального варіанта побудови системи інтенсивного навчання ФСП на основі застосування інформаційної технології багатокритеріального синтезу ТМС [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що існуючі методи побудови систем навчання спираються на такі риси людини-проектанта як інтуїція, досвід, навички [1-3]. Виходячи з цього традиційне проектування не здатне забезпечити отримання якісного варіанта побудови ТМС і потребує розвитку спеціального методичного апарату обґрунтування раціонального варіанта побудови тренажерно-моделюючої системи в електронному тирі.

Формулювання мети статті. Виклад основного матеріалу

Мета досліджень – розвиток методичного апарату побудови та застосування тренажерно-моделюючої системи електронного тирю.

Для раціонального варіанта побудови ТМС виникає необхідність у вирішенні наступних груп наукових задач:

1. Формулювання концепції побудови та організації функціонування ТМС.
2. Розробка методичних основ структурного та

параметричного синтезу ТМС.

При вирішенні наукових задач першої групи визначається: мета функціонування ТМС і розв'язувані нею задачі; умови функціонування.

Основні поняття теорії побудови ТМС базуються на категоріях загальної теорії систем. При цьому ТМС ЕТ являє сукупність засобів відображення тактичної обстановки (ЗВО) та імітаторів стрілецької зброї, об'єднаних ієрархічними, інформаційними, керуючими зв'язками обчислювальної мережі ТМС.

Для задач першої групи характерні такі два етапи проведення досліджень. На першому етапі необхідно побудувати концептуальну модель функціонування ТМС, а на другому етапі, на базі прийнятої концептуальної моделі, будеться математична модель динамічного дискретно-керованого процесу, в якому: об'єктом керування є ЗВО, керованими параметрами – показники якості діяльності ФСП, керуючими впливами – навчальні завдання (НЗ). Також розробляється система показників і методика оцінки ефективності функціонування ТМС. Результатом аналізу, проведеного в рамках теорії побудови ТМС, є моделі процесів їхнього функціонування і закономірності, що властиві цим процесам та системі взагалі.

У другій групі задач теорії побудови ТМС однією з основних є задача їх оптимального синтезу, яка спрямована на вибір раціонального варіанта побудови системи, що найкраще пристосована для виконання заданих функцій.

Методика вирішення задачі синтезу ТМС включає такі основні етапи. По-перше – визначаються показники ефективності кожного з варіантів побудови ТМС на множині умов функціонування системи для вибору найкращих з них. На другому етапі методики вирішується задача класифікації ситуацій за ознакою задоволення прийнятим обмеженням [2]. Під ситуацією в багатомірному факторному просторі розуміється варіант рішення, а також умов його реалізації. Для кожної точки ситуації проводиться розрахунок показників ефективності і

порівняння отриманих значень з припустимими. Для звуження множини варіантів рішень на третьому етапі застосовується принцип оптимізації по Парето, що виділяє припустиму Парето-ефективну множину рішень [3]. Подальше звуження множини варіантів рішень пов'язане з концептуальним вибором такого варіанта побудови ТМС із всієї множини, який забезпечує достатньо високий (необхідний) рівень показників цільової та економічної ефективності. При цьому оптимальне рішення дозволяє визначити діапазон припустимих значень параметрів ТМС по виконанню поставлених завдань.

У практиці досліджень з обґрунтування перспектив розвитку складних систем отримала широке поширення триада критеріїв:

імовірність (P) підготовки ФСП до необхідного рівня (P_n);

вартість системи (f_1);

час виконання завдань (f_2).

У процесі вибору раціонального варіанта ТМС перевага віддається такому варіанту побудови системи, який має мінімальну вартість (f_1) та забезпечує підготовку ФСП до необхідного рівня (P_n) при мінімальних часових витратах (f_2) при нормативному функціональному стані ФСП ($K_{\text{фс}} \in K_n$):

$$\begin{aligned} P &\geq P_n; K_{\text{фс}} \in K_n; \\ f_1 &\rightarrow \min; \\ f_2 &\rightarrow \min. \end{aligned} \quad (1)$$

На початковому етапі проектування складних систем навчання, як правило, використовують обмежений набір основних технічних характеристик (параметрів) ТМС. Розширення цього переліку здійснюється з урахуванням специфіки розроблюваної концепції, а також характеристик, що здійснюють істотний вплив на критеріальні показники. Для кількісної оцінки ступеня задоволення вимог, що пред'являються до ТМС, доцільно виділити показники, які характеризують повноту та якість відпрацювання НЗ (y_1), а також повноту та якість імітації дії стрілецької зброї (y_2).

Показник y_1 розраховується за формулою

$$y_1 = \sum_{i=1}^s \alpha_i \cdot k_i \cdot \frac{T_i}{M_i}, \quad (2)$$

де α_i – коефіцієнт, що характеризує значимість операцій НЗ і-го типу (у більшості випадків це очікувана частота виконання операцій і-го типу),

$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$; k_i – коефіцієнт, що характеризує якість виконання операцій і-го типу; m_i – число реалізованих ФСП операцій і-го типу досліджуваної ТМС за період виконання поставленого завдання; M_i – потрібне число операцій і-го типу, яке повинно бути реалізовано ФСП у процесі виконання поставленого завдання; s – кількість типів операцій, необхідних для виконання поставлених завдань.

Для розрахунку показника (2) складається перелік усіх типів операцій, які підлягають виконанню. Цей перелік має враховувати повний діапазон усіх можливих подій, що прогножуються в ході роботи ФСП.

Показник повноти і якості імітації стрільби розраховується за формулою

$$y_2 = \sum_{i=1}^r q_i l_i \frac{h_j}{N_j}, \quad (3)$$

де r – кількість типів функцій, які повинні виконуватись ТМС; q_i – коефіцієнт, що характеризує ступінь відповідностей функцій і-го типу необхідним; l_i – коефіцієнт, що характеризує вагу функції і-го типу (у більшості випадків це очікувана частота використання і-ої функції),

$\sum_{i=1}^n l_i = 1$; h_i – число реалізованих функцій і-го

типу за певний час; N_i – загальна кількість реалізацій функцій і-го типу, що необхідна для виконання поставлених завдань.

Для обґрунтування вимог до вищевказаних показників на основі рішення багатокритеріальної задачі оптимізації (1) скористаємося наступним підходом [3]. Усі можливі варіанти побудови ТМС формально описуються координатами точки в багатовимірному просторі параметрів. Кожній точці цієї області (тобто варіанту ТМС) ставляться відповідно числові значення вказаних показників ефективності (1). Визначення показників ефективності здійснюється за допомогою теоретико-експериментального методу на основі використання експериментальних макетів системи, спеціальних методик оцінки ефективності та моделей функціонування ТМС. Знайдені критеріальні функції відображають залежність і-го показника ефективності від досліджуваних параметрів системи (y_1, y_2). Аналіз впливу різних параметрів на показники ефективності та виявлення основних закономірностей і прихованих чинників, що впливають на ефективність варіантів ТМС, проводяться методами прикладного статистичного аналізу.

У результаті обчислювальних експериментів формується сукупність числових значень параметрів і показників ефективності, яка утворює базу даних для пошуку і вибору раціональної концепції побудови перспективної ТМС. Основна ідея пошуку такої концепції полягає у використанні наступного принципу: раціональний варіант побудови ТМС слід шукати поблизу точок вибіркової множини, що мають досить високий рівень показників цільової та економічної ефективності. Таким чином, задані критеріальні функції носять чітко виражений вартісний (часовий) характер і визначаються в класі квадратичних поліномів, методи дослідження яких добре відомі [3].

З методичної точки зору вирішення задачі (1) за допомогою інформаційної технології синтезу ТМС можливе на основі комбінованого

застосування наступних двох основних процедур синтезу функціональної структури ТМС, що забезпечують прискорену підготовку фахівців [4-5]:

до необхідного рівня з виконання навчальних завдань при мінімальних витратах часу (перша фаза інтенсивного навчання);

для виконання завдань до максимально можливого рівня фахової навченості при заданих часових (вартісних) обмеженнях у ході проведення планових навчальних занять (друга фаза інтенсивної підготовки).

Застосування першої процедури передбачає використання всіх можливих методів прискореного навчання та вибору серед них найкращого, з урахуванням однакового початкового рівня підготовки ФСП, їх пристосованості до прискореного навчання та функціонального стану ФСП при роботі в умовах емоційної напруженості. Вирішення цієї задачі можливе на основі використання сучасних інтенсивних технологій навчання. У загальному випадку інтенсивна технологія визначається "як система факторів, що інтенсифікують процес навчання: ідеальних, спрямованих на підвищення

ступеня активності тих, кого навчають, і матеріальних (технічних), що забезпечують заданий (максимальний) рівень навчання в найкоротший термін" [6]. У зазначених умовах прискорені режими навчання можуть стати джерелом як позитивних, так і негативних емоцій. Виникаючи в результаті дефіциту часу емоційні реакції до визначеного граничного значення впливають на підготовку фахівців як організуючий фактор. При цьому мотивація сприяє підвищенню швидкості засвоєння навчального матеріалу і скороченню часових та фінансових витрат на навчання. Таким чином, за допомогою імітаційної моделі функціонування ТМС у прискореному режимі забезпечується формування такої кількості різнотипних навчальних завдань на ЗВО, при відтворенні яких скорочуються часові (фінансові) витрати для підготовки фахівця до необхідного рівня. Розв'язання даної задачі здійснюється на основі використання методу прискореної підготовки фахівців [4]. Як показують результати моделювання, при застосуванні зазначеного методу часові (фінансові) витрати на підготовку ФСП скорочуються в 1,5-2 рази у порівнянні з існуючими методами прискореного навчання (рис. 1).

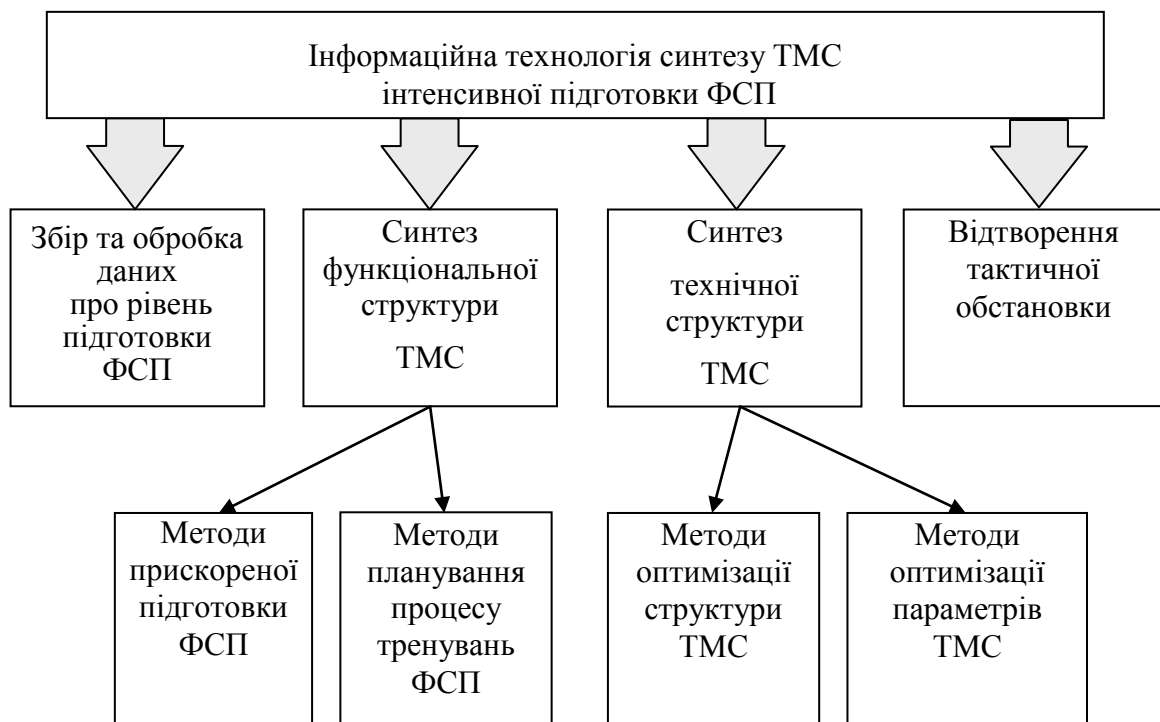


Рис.1. Структура інформаційної технології синтезу ТМС інтенсивної підготовки ФСП

Застосування другої процедури передбачає застосування усіх можливих методів навчання та вибору серед них найкращого, що забезпечує подальше максимальне підвищення рівня підготовки фахівців з урахуванням функціонального стану ФСП та обмежень на часові (вартісні) витрати. Рішення даної задачі здійснюється за допомогою методу планування процесу тренувань фахівців спецпідрозділів [5], використання якого забезпечує підвищення рівня

підготовки фахівців спецпідрозділів більше ніж на 30%.

Процедура інтенсивного відпрацювання НЗ за допомогою знайденого варіанта ТМС полягає в знаходженні такої адаптивно змінюваної структури ТМС та інтенсивності відпрацювання НЗ, при якій у ході проведення тренувань забезпечується максимальний приріст рівня навченості ФСП. При цьому відповідно до плану інтенсивної підготовки, тренажери, на яких ФСП

не досягли необхідного рівня навченості, відключаються від центрального автоматизованого робочого місця (АРМ) керівника тренувань з метою повторного відпрацювання курсу інтенсивної підготовки на першій фазі інтенсивного навчання [4-6]. Усі інші тренажери підключаються до АРМ керівника тренувань з метою проведення тренувань на другій фазі інтенсивного навчання, коли на усіх засобах відображення відтворюється єдина тактична обстановка. Вирішення цієї задачі здійснюється на основі використання методу оптимального поетапного планування тренувань [5, 6].

Для автоматизованого вирішення вищезазначених задач розроблено методичний апарат і програмне забезпечення формування оптимального плану інтенсивної підготовки ФСП. За допомогою даного програмного забезпечення, реалізованого на АРМ керівника тренувань, крім визначення необхідної кількості для відпрацювання НЗ різних типів, здійснюється також формування тактичних ситуацій за допомогою бази знань у визначеній часовій послідовності і змістовне наповнення імітованої тактичної обстановки згідно з планом інтенсивної підготовки. При цьому в базі даних АРМ керівника тренувань накопичуються і зберігаються тактичні ситуації, сценарії й епізоди, що мали місце в ході виконання НЗ ФСП. На основі застосування експериментального варіанта тренажерно-моделюючої системи в ЕТ була отримана оцінка ефективності практичного використання розроблених методів, моделей і методик у процесі підготовки ФСП. У залежності від вхідного контролю рівня підготовки тих, кого навчають, тренувальні заняття проходили відповідно до оптимального плану інтенсивної підготовки. Оцінка ефективності використання ТМС здійснювалась для двох варіантів (режимів) його застосування: у процесі прискореної підготовки ФСП і в ході тренувань з метою подальшого удосконалювання майстерності ФСП з виконання поставлених НЗ. У залежності від

ступеня розбіжності поточного і необхідного рівня підготовки ФСП за допомогою методу прискореної підготовки ФСП забезпечувалося корегування тактичної обстановки для відпрацювання наступного етапу тренування, тобто здійснювалося оптимальне керування процесом навчання.

Найбільш цінним практичним результатом досліджень є одержання необхідного статистичного матеріалу по закономірностям побудови і застосування тренажерно-моделюючих систем, а також по оцінці ефективності підготовки ФСП. Процес створення й одержання експериментальних даних використання тренажерно-моделюючої системи можна умовно розділити на наступні три етапи: етап I – створення комп'ютерної локальної мережі імітаторів стрільби зі стрілецької зброї, з'єднаних з автоматизованим робочим місцем керівника тренувань та ЗВО; етап II – експериментальна перевірка працездатності автоматизованого робочого місця керівника тренувань в режимі прискореної підготовки ФСП; етап III – експериментальна перевірка працездатності АРМ керівника тренувань в режимі подальшого удосконалення бойової майстерності ФСП.

У табл. 1 наведені реальні дані об'єктивного контролю рівнів підготовки більше ніж 100 ФСП, що проходили курс інтенсивної підготовки з використанням ТМС.

Впровадження в навчальний процес розроблених програмно-апаратних засобів планування та імітації обстановки забезпечує наближення умов роботи ФСП до реальних та підвищення їх рівня підготовки щодо виконання поставлених завдань.

Важливою задачею щодо розробки та застосування інформаційної технології є обґрунтування раціонального варіанта побудови ТМС, основною метою функціонування якого є підготовка фахівців до необхідного (максимально можливого – “відмінного”) рівня (P_n) при мінімальних витратах часу і коштів (C).

Таблиця 1

Закономірності підвищення рівня підготовки ФСП за допомогою тренажерно-моделюючої системи

№ етапу	Середній рівень вхідного контролю	Середній рівень вихідного контролю	Максимальна інтенсивність НЗ [НЗ/С]	Абсолютний приріст рівня навченості [бали]	Приріст рівня навченості [%]
Етап I	2,5	3,5	1	1,0	20
Етап II	2,7	4,2	2	1,5	30
Етап III	3,12	4,82	2	1,7	30-34

Узагальнений показник C повинен враховувати витрати на розробку та серійне виготовлення (C_1) і впровадження (C_2) кожного $г$ -го ($г = 1, \dots, R$) варіанта ТМС, часові (C_3), а також експлуатаційні витрати (C_4), необхідні для підготовки фахівців необхідного рівня (P_n). Крім того, узагальнений

показник C має враховувати витрати для створення і ведення баз даних (баз знань) про навчальні завдання (C_5), організацію об'єктивного контролю і управління процесом навчання (C_6). В узагальнений показник C також можуть включатися витрати (C_7), необхідні для

підвищення стійкості функціонування засобів обчислювальної техніки, програмного забезпечення і мережного обладнання кожного r -го варіанта ТМС. При цьому значення k -го ($k = 1, \dots, s$) показника витрат не повинне перевищувати максимально допустимого значення $C_{k\text{доп}}$.

Виходячи з того, що показники витрат задаються в різних одиницях виміру і носять різний фізичний зміст, для рішення задачі вибору раціонального варіанта побудови та організації функціонування ТМС на першій фазі навчання скористаємося концепцією нелінійної схеми компромісів [3, 8]. Для вибору r -го (раціонального) варіанта побудови ТМС, що забезпечить прискорену підготовку фахівців, доцільно використовувати наступний узагальнений показник (C_r):

$$C_r = \sum_{k=1}^s \left(\frac{F_k C_{k\text{доп}}}{C_{k\text{доп}} - C_{kr}} \right) \rightarrow \min, \quad (4)$$

$$\text{при } P_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i K_{\text{фс}i} \geq P_n, \quad C_{kr} \leq C_{k\text{доп}},$$

$$\sum_{k=1}^s F_k = 1, \quad y_1 \in y_{1n}, \quad y_2 \in y_{2n} \quad (r = 1, \dots, R; \quad k = 1, \dots, s),$$

де P_r – середній рівень підготовки фахівців, що досягається при використанні r -го варіанта ТМС на першій фазі навчання;

P_n – необхідний рівень підготовки фахівців;

P_i – рівень підготовки ФСП по виконанню i -го типу операцій;

$K_{\text{фс}}$ – показник функціонального стану ФСП по

виконанню i -го типу операцій;

n – кількість операцій НЗ, які виконують ФСП;

y_1 – нормативний показник повноти та якості відпрацювання НЗ;

y_2 – нормативний показник повноти та якості імітації стрільби;

F_k – коефіцієнт важливості k -го показника.

Крім того r -ий (раціональний) варіант побудови ТМС, при його використанні на другій фазі навчання, повинен задовольняти наступному критерію ефективності:

$$P_r \rightarrow \max, \quad (5)$$

$$\text{при } C_{kr} \leq C_{k\text{доп}}, \quad \sum_{k=1}^s F_k = 1 \quad (r = 1, \dots, R; \quad k = 1, \dots, s).$$

На даному етапі всі можливі варіанти побудови тренажерних систем (ТС): не автоматизовані, програмувальні, адаптивні [8], ТМС інтенсивної підготовки (ІП), інтелектуальні ТС – формально описуються координатами точки в багатомірному просторі зазначених вище параметрів. Кожній точці цієї області (тобто запропонованого варіанта ТС) ставляться у відповідність чисельні значення критеріїв (3) та (4). У результаті обчислювальних експериментів знаходиться сукупність чисельних значень параметрів і критеріальних функцій, яка формує базу даних для пошуку і вибору раціональної концепції побудови перспективної ТС. Основна ідея пошуку такої концепції полягає в тому, що раціональний варіант побудови ТС визначається поблизу точок вибіркової множини, що мають досить високий рівень показників цільової й економічної ефективності [9].

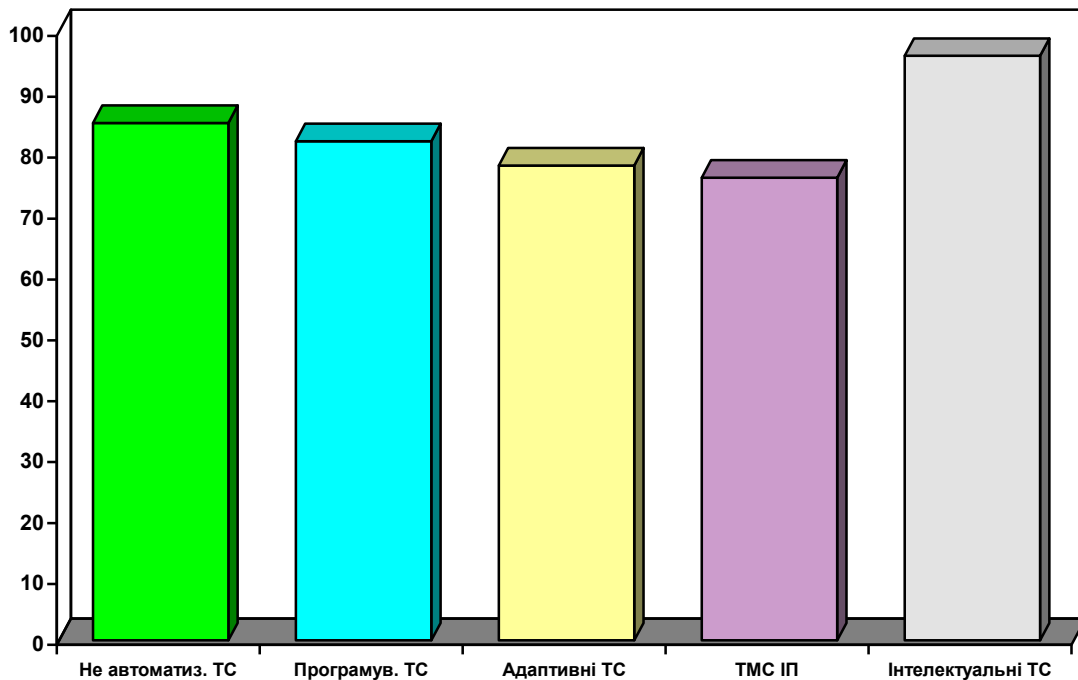


Рис. 2. Порівняльна оцінка витрат на розробку і застосування різних тренажерних систем для підготовки фахівців спецпідрозділів

На основі проведеної оцінки різних варіантів побудови тренажерних систем установлено, що витрати (у відсотковому співвідношенні), які розраховуються при вирішенні задачі (1), на створення і застосування інтелектуальних тренажерних систем (ТС) на 20-25% вище, ніж на розробку й експлуатацію паретооптимального варіанта тренажерно-моделюючої системи інтенсивної підготовки (рис. 2).

Виходячи з отриманих результатів дослідження (рис. 2), можна вважати, що раціональним є

варіант побудови ТС – ТМС інтенсивної підготовки фахівців спецпідрозділів.

Висновки

Таким чином, на основі удосконалення та використання наведеного методичного апарату забезпечується вибір раціонального варіанта побудови ТМС ЕТ на базі дистанційно керованих комп'ютерних мереж, що надає змогу вирішити науково-практичну проблему підготовки фахівців спецпідрозділів до необхідного рівня навченості при мінімальних часових і вартісних витратах.

Література

1. Ямпольский Л.С. Система автоматизированного проектирования робототехнологических комплексов / Л.С. Ямпольский, О.М. Калинин – К: Знание, 1982. – 18 с.
2. Герасимов Б.М. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта / Б.М. Герасимов, В.А. Тарасов, И.В. Токарев – К: Наук. думка, 1993. – 184 с.
3. Сложные технические и эргатические системы: Методы исследования : [Монография] / А.Н. Воронин, Ю.К. Зиятдинов, А.В. Харченко, В.В. Осташевский. – Харьков: Факт, 1997. – 240 с.
4. Гунченко Ю.О. Метод прискореної підготовки фахівців спецпідрозділів в навчально-тренувальному центрі / Ю.О. Гунченко, А.А. Гончарук, С.А. Шворов // Вісник інженерної академії України. – 2012. – № 3-4. – С.55-59.
5. Гунченко Ю.О. Планування процесу тренувань фахівців спецпідрозділів з урахуванням їх функціонального стану та обмежень на часові (вартісні) витрати / Ю.О. Гунченко, С.В. Ленков, С.А. Шворов, Гончарук А.А. // Інформаційна безпека. – Луганск, 2012. – № 2(8). – С.37-42.
6. Крюкова Н.Д. Роль и место

понятийно-терминологического аппарата в разработке теории интенсивной технологии профессионального обучения / Н.Д. Крюкова // Методологические основы проектирования интенсивных технологий профессионального обучения: Сб. научн. тр. – 1992. – С. 26.
7. Гунченко Ю.О. Концептуальні засади побудови систем інтенсивної підготовки фахівців спецпідрозділів / Ю.О. Гунченко // Сучасна спеціальна техніка. – 2012. – №1(28). – С.97-103.
8. Гунченко Ю.О. Модель функціонування адаптивної тренажерної системи для підготовки фахівців спецпідрозділів / Ю.О. Гунченко, С.В. Ленков // Інформатика та математичні методи в моделюванні. – 2011. – № 3. – С. 260 – 265.
9. Гунченко Ю.О. Методи аналізу і синтезу інтелектуальних тренажерних систем інтенсивної підготовки фахівців підрозділів спеціального призначення / Ю.О. Гунченко, С.В. Ленков, С.А. Шворов // Праці Одеського політехнічного інституту. – Одеса, 2012. – №1(38). – С.159-162.

В статье рассмотрен методический аппарат, применяемый для автоматизации многоэтапного синтеза структуры тренажерно-моделирующей системы интенсивной подготовки специалистов подразделений специального назначения. Сформулирована постановка научной проблемы и обоснован перечень задач, решаемых на каждом этапе построения тренажерно-моделирующей системы. Приведена структура, входные и выходные данные предлагаемой информационной технологии синтеза тренажерно-моделирующей системы интенсивной подготовки специалистов подразделений специального назначения. Предложены методы синтеза функциональной и технической структуры системы. Приведена методика выбора рационального варианта построения тренажерно-моделирующей системы на основе использования методологии нелинейной схемы компромиссов.

Ключевые слова: информационная технология, многоэтапный синтез, рациональный вариант построения, тренажерно-моделирующая система, интенсивная подготовка, специалисты спецподразделений.

In the article the methodical device, used to automate multi-step synthesis of structure fitness-modeling system of intensive training of special forces. This statement of the research problem and justify a list of tasks to be solved at each stage of the construction of the fitness-modeling system. The structure, the input and output of the proposed information technology fusion fitness-modeling system of intensive training of special forces. The methods for the synthesis of functional and technical system design. The technique of choice of rational variants of the fitness-modeling system using a methodology of nonlinear circuits compromise

Key words: information technology, multi-step synthesis, a rational version of the construction, fitness modeling system, intensive training, special forces specialists.