

УДК 621.798.001.24

Ю.О. Гунченко,

кандидат технічних наук, доцент

С.В. Ленков,

доктор технічних наук, професор

В.Б. Толубко,

доктор технічних наук, професор

С.А. Шворов,

доктор технічних наук, професор

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ ТРЕНАЖЕРНО-МОДЕЛЮЮЧИХ СИСТЕМ ІНТЕНСИВНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ПІДРОЗДІЛІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У статті розглянуті методологічні основи побудови тренажерно-моделюючих систем (ТМС), які включають методи синтезу функціональної та технічної структури ТМС інтенсивної підготовки особового складу підрозділів спеціального призначення (ПСП). Сформульовано постановку наукової задачі й обґрунтовано концептуальні засади синтезу ТМС, визначено перелік задач, що вирішуються на кожному етапі побудови ТМС. Запропонована інформаційна технологія синтезу функціональної та технічної структури системи, наведені необхідні вхідні та вихідні дані зазначеної інформаційної технології. Розглянуто методологічні основи синтезу функціональної та технічної структури системи, що включають методи прискореної підготовки фахівців ПСП в навчально-тренувальному центрі, а також методи планування процесу тренувань фахівців спецпідрозділів з урахуванням їх функціонального стану та обмежень на часові (вартісні) витрати. Обґрунтовано показники ефективності процесу підготовки фахівців ПСП на кожній фазі навчання.

Ключові слова: функціональний та структурний синтез, інформаційна технологія, раціональний варіант побудови, тренажерно-моделююча система, інтенсивна підготовка, фахівці спецпідрозділів.

Сформулирована постановка научной задачи и обоснованы концептуальные основы синтеза ТМС, определен перечень задач, решаемых на каждом этапе построения тренажерно-моделирующей системы. Предложена информационная технология синтеза функциональной и технической структуры системы, приведены необходимые входные и выходные данные указанной информационной технологии, методологические основы синтеза функциональной и технической структуры системы, включающие методы ускоренной подготовки специалистов ПСП в учебно-тренировочном центре, а также методы планирования процесса тренировок специалистов спецподразделений с учетом их функционального состояния и ограничений на временные (стоимостные) затраты. Приведены методические основы выбора рационального варианта построения тренажерно-моделирующей системы интенсивной подготовки личного состава ПСП.

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

Statement of a scientific problem is formulated and conceptual bases of the TMC synthesis are proved, the list of the problems solved at each stage of the construction of training and modeling system is defined. The information technology of the synthesis of functional and technical structure of system is offered.

Keywords: *information technology, multi-step synthesis, rational option of building, training modeling system, intensive training, special forces specialists.*

Як засвідчує практика, ефективно застосування сучасного озброєння та обладнання підрозділів спеціального призначення одночасно передбачає створення новітніх комп'ютерних інтелектуальних ТМС інтенсивної підготовки ПСП. У загальному вигляді ТМС являє собою інтегровану експертно-моделюючу систему, за допомогою якої забезпечується підготовка ПСП до необхідного рівня на основі: цілеспрямованого використання знань експертів в області бойового застосування ПСП; імітаційного багатоваріантного моделювання зовнішньої обстановки; діагностики знань, умінь, навиків та функціонального стану особового складу ПСП із виконання навчальних завдань (НЗ); накопичення даних об'єктивного контролю і керування навчанням. Тільки систематичне проведення тренувань за допомогою ТМС забезпечує підготовку фахівців до досягнення необхідного рівня навченості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що існуючий науково-методичний апарат побудови тренажерних систем [1–4] орієнтований на екстенсивний шлях навчання (через збільшення кількості занять та тренувань), який себе практично вичерпав. З іншого боку, сучасні інформаційні технології та методики навчання із застосуванням ТМС відкривають величезні можливості у сфері інтенсифікації підготовки. Про це свідчить як закордонний, так і вітчизняний досвід. Тому єдиним раціональним шляхом залишається побудова ТМС інтенсивної підготовки особового складу ПСП (через підвищення якісних характеристик навчання з одночасною мінімізацією матеріальних, ресурсних та часових витрат).

Метою статті є подальший розвиток методологічних основ побудови ТМС інтенсивної підготовки фахівців підрозділів спеціального призначення.

Для досягнення вказаної мети постає необхідність у вирішенні низки наукових задач.

1. Розробка концептуальних основ побудови комп'ютерних дискретно-керованих ТМС на основі застосування новітніх інформаційних та сучасних інтенсивних технологій навчання.

2. Розробка методології структурного та параметричного синтезу комп'ютерних ТМС й організація їх оптимального функціонування в процесі інтенсивної підготовки ПСП.

У концептуальному плані (**перша задача**) постановка задачі наукового дослідження формулюється наступним чином. Необхідно обґрунтувати раціональний варіант побудови ТМС, застосування якого забезпечить підготовку ПСП до необхідного (максимально можливого) рівня навченості в якнайстисліші терміни. Вирішення цієї задачі можливе шляхом використання сучасних інтенсивних технологій навчання – як системи 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 [5]. При цьому найбільш суттєвим для процесу інтенсифікації навчання є активізація діяльності фахівців [4, 5].

Емоційні реакції, що виникають в результаті дефіциту часу, до граничного значення впливають на підготовку фахівців як організуючий фактор. Це сприяє підвищенню швидкості виконання НЗ і скороченню часових та фінансових витрат на навчання. Після досягнення певного порогу із прискореного навчання емоційна напруженість стає дезорганізуючим фактором у цьому процесі. У моделі функціонування ТМС напруженість (h_{ij}) визначена як внутрішній стан j -го фахівця безпосередньо перед виконанням i -ої НЗ. Якщо ж напруженість не перевищує граничного значення V_{j0} – показника гранично припустимої напруженості – вплив стає організуючим [5, 6], а функціональний стан особового складу перебуває в допустимих межах (F).

Концепція напруженості реалізується в ТМС шляхом зменшення циклу відображення навчальної інформації про цілі противника у шлемах особового складу в 3D-форматі, поки напруженість не досягне заданого рівня V_{j0} , при якому дефіцит часу діє як організуючий фактор. У цьому випадку фахівці працюють більш зосереджено, точніше, і ймовірність правильного й своєчасного виконання НЗ підвищується.

Функція напруженості (h_{ij}) являє собою відношення часу, необхідного на виконання навчального завдання, до часу, фактично наявного в розпорядженні фахівців в кожному циклі функціонування ТМС

$$h_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^I \bar{t}_{iTp}}{T_j}, \quad (1)$$

де \bar{t}_{iTp} – середній час, необхідний фахівцям для виконання i -ої задачі; I – число цілей, що залишилися; T_j – повний час, що є в розпорядженні j -ої особи для виконання I задач навчання, що залишилися в кожному циклі функціонування ТМС [6].

Середні значення часу виконання навчальних завдань обчислюються на основі статистичних даних, отриманих у ході тренувань. Аналіз процесу виконання НЗ показав, що застосування і використання зброї особовим складом ПСП відбувається при безпосередньому контакті, впритул до супротивника. При цьому ускладнюється ведення точного вогню через підвищення психологічного та фізичного напруження. У більшості випадків ведення вогню здійснюється “в русі”, на відкритій місцевості після марш-кидка й за реальної протидії з боку супротивника, час для здійснення пострілу – обмежений. Тому значення напруженості h_{ij} у процесі підготовки фахівців обмежені в ТМС і знаходяться в межах від 1.0 до 4.0. Вибір конкретного значення порогу стресу залежить від індивідуальних особливостей тих, кого навчають. Як показує практика, для “середньостатистичної” особи $V_{j0} = 2.3$, для “більш спокійного” $V_{j0} = 1.8 \dots 2.2$, для “менш спокійного” – $V_{j0} = 2.4 \dots 2.9$. У зв’язку з цим, залежно від індивідуальних особливостей і функціонального стану (f) тих, кого навчають, на кожному занятті постає необхідність у формуванні навчальних завдань із

різною швидкістю. При цьому функціональний стан фахівців ПСП (f) повинен перебувати в допустимих межах (F).

Обґрунтування раціонального варіанта побудови ТМС інтенсивної підготовки фахівців зводиться до наступного: необхідно знайти з множини можливих варіантів (X) такий варіант побудови ТМС (x), при якому забезпечується інтенсивна підготовка особового складу ПСП ($h \rightarrow V, f \rightarrow F$) до необхідного (максимально можливого) рівня (P) з мінімальними фінансовими (C) і часовими (T) витратами.

Формальна постановка наукової задачі може бути представлена у наступному вигляді:

$$P \rightarrow \max_{x \in X}, C \rightarrow \min_{x \in X}, T \rightarrow \min_{x \in X}, h \rightarrow \max_{x \in X}, f \rightarrow F. \quad (2)$$

Як видно з (2), усі критерії мають суперечливий характер і знайти оптимальний варіант побудови ТМС, що задовольняє всі зазначені вище умови, у край складно. Без розробки методологічних основ побудови таких систем із застосуванням сучасних інформаційних технологій синтезу структури і параметрів ТМС, вирішення зазначеної задачі неможливе.

Основна мета створення сучасних інформаційних технологій синтезу ТМС – підвищення якості проектів, зниження матеріальних витрат, скорочення термінів проектування, підвищення продуктивності праці проєктантів шляхом використання на всіх етапах побудови ТМС комп'ютерної техніки. Виявленням закономірностей проектування як виду науково-технічної діяльності повинна займатися спеціальна наукова дисципліна – інформаційна технологія побудови (синтезу) ТМС. У загальному випадку інформаційна технологія становить систему процесів, яка використовується для створення, збору, передачі, зберігання і обробки інформації у відповідній наочній області [7]. Інформаційна технологія побудови ТМС – це сукупність методів, процесів і програмно-технічних засобів, об'єднаних у технологічний ланцюжок, що забезпечує збір, обробку, зберігання і відображення інформації з метою зниження трудомісткості процесів синтезу системи інтенсивної підготовки ПСП.

Процес побудови ТМС, як і будь-який технологічний процес переробки інформації, складається з певним чином розташованих у часі закінчених дій, які представлені у вигляді наступних основних етапів: ідентифікація, концептуалізація, формалізація, виконання, тестування, дослідна експлуатація [7].

На етапі ідентифікації визначаються завдання, що підлягають вирішенню за допомогою ТМС у процесі підготовки ПСП, та визначається мета розробки і необхідні ресурси. Етап концептуалізації припускає змістовний аналіз та обґрунтування методів вирішення функціональних задач ТМС. На етапі формалізації визначаються способи уявлення та інтерпретації всіх видів знань, моделюється робота системи, оцінюється ступінь відповідності планованих і досягнутих цілей функціонування ТМС, адекватність уявлення й маніпулювання знаннями. Етап виконання характеризується здобуванням знань у експертів про моделювання тактичної обстановки та еталонні дії фахівців ПСП у тих або інших ситуаціях. На етапі тестування експертною групою здійснюється перевірка можливості використання інтегрованої експертно-моделюючої системи у процесі інтенсивної підготовки ПСП. Тестування продовжується доти, поки експертна група не вирішить, що

система досягла необхідного рівня компетентності. На етапі дослідної експлуатації перевіряється придатність ТМС до вирішення функціональних задач і ступінь досягнення поставленої мети. За результатами даного етапу може знадобитися суттєва модифікація системи.

Процес побудови ТМС не зводиться до суворої послідовності виконання перерахованих вище етапів. У ході синтезу ТМС можливе кількаразове повернення до більш ранніх етапів і перегляд раніш прийнятих рішень. З метою скорочення термінів проектування розробку ТМС доцільно здійснювати відповідно до концепції “швидкого прототипу”. Суть її полягає в тому, що розробники не намагаються відразу створити кінцевий продукт. На початковому етапі вони створюють прототип майбутньої ТМС, що повинен задовольняти дві суперечливі вимоги: з одного боку, вирішувати функціональні задачі, а з іншого – час і трудомісткість його розробки повинні бути незначними, щоб можна було максимально запаралелити процес накопичення й налагодження знань, необхідних для обґрунтування раціонального варіанта побудови ТМС за допомогою інформаційної технології синтезу ТМС.

При традиційному методі проектування, часто вживаному досі, розробник інтуїтивно обґрунтовує рішення щодо побудови ТМС, перевіряє його за певними критеріями. Обидва види діяльності – розробка певного рішення і його перевірка – у такому випадку здійснюються в думках паралельно й настільки швидко й органічно, що вони часто сприймаються як одна дія. Але при розробці методики систематизованого інформаційного проектування технічних систем важливо розрізнити процедуру синтезу варіантів рішень (генерування варіантів) і процедуру обмеження різноманітності рішень для вибору кращого варіанта побудови ТМС (аналіз, оцінка, відбір, оптимізація).

Таким чином, можна стверджувати, що в основу проектування ТМС повинно бути покладено поєднання інформаційних методів технології синтезу й технології оптимізації. Результатом аналізу, проведеного за допомогою інформаційної технології побудови ТМС, є моделі процесів їхнього функціонування і закономірності, що властиві цим процесам та системі взагалі. У цьому й полягає пізнавальна цінність аналізу. Прикладна його цінність обумовлена використанням результатів для постановки задачі синтезу.

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

Методика вирішення задачі оптимального синтезу ТМС включає такі основні етапи. Перший – 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 прийнятих обмежень. Під ситуацією в багатомірному факторному просторі розуміється варіант рішення, а також умов його реалізації. Для кожної точки ситуації проводиться розрахунок показників ефективності й порівняння отриманих значень із припустимими. На третьому етапі, для звуження множини варіантів рішень, застосовується принцип оптимізації за Парето, що виділяє припустиму Парето-ефективну множину рішень [7, 10]. Подальше звуження множини варіантів рішень пов'язане з концептуальним вибором такого варіанта побудови ТМС зі всієї множини, який забезпечує достатньо високий (необхідний) рівень показників цільової та економічної ефективності. При цьому оптимальне

рішення дозволяє визначити діапазон припустимих значень параметрів ТМС із виконання поставлених завдань.

З методичної точки зору вирішення задачі (2) за допомогою інформаційної технології побудови ТМС (рис. 1) можливе на основі комбінованого застосування наступних двох основних процедур синтезу функціональної структури ТМС, що забезпечують підготовку фахівців [8–9]:

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 фахівців ПСП, їх пристосованості до прискореного навчання та функціонального стану при роботі в умовах емоційної напруженості. Розв'язання цієї задачі здійснюється на основі використання методу прискореної підготовки фахівців [8]. Як показують результати моделювання, при застосуванні зазначеного методу часові (фінансові) витрати на підготовку ФСП скорочуються в 1,5–2 рази порівняно з існуючими методами прискореного навчання (рис. 1).

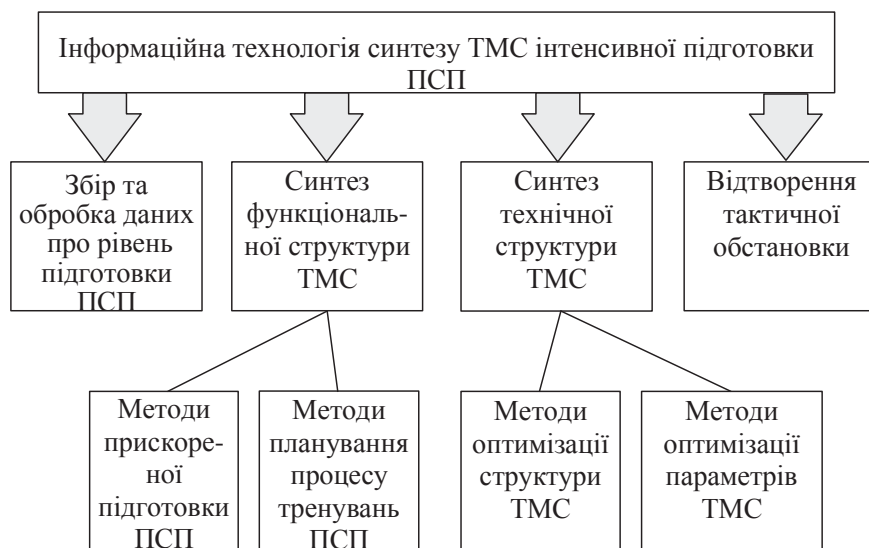


Рис. 1. Структура інформаційної технології побудови ТМС інтенсивної підготовки фахівців ПСП

Застосування другої процедури передбачає використання всіх можливих методів навчання та вибору серед них найкращого, що забезпечує подальше максимальне підвищення рівня підготовки фахівців з урахуванням їх функціонального стану та обмежень на часові (вартісні) витрати. Рішення цієї задачі здійснюється за допомогою методу планування процесу тренувань фахівців спецпідрозділів [9], використання якого забезпечує підвищення рівня підготовки фахівців більше ніж на 30%.

У групі вирішення найбільш важливих задач з використанням інформаційної технології побудови ТМС є синтез обчислювальної мережі ТМС, що складається

із сервера, з'єданого з вбудованими ЕОМ в імітатори стрілецької зброї та в шлеми фахівців ПСП, а також з ЕОМ засобів відображення тактичної обстановки колективного використання.

Характерною рисою функціонування ТМС є те, що мережа ЕОМ повинна забезпечувати прийом, обробку й видачу інформації про імітацію стрільби за час, що не перевищує цикл відновлення інформації (ΔT_o) у форматі 3D про реальну тактичну обстановку. Очевидно, що для створення такої мережі ЕОМ треба, у першу чергу, визначити необхідну продуктивність кожної ЕОМ. Під необхідною продуктивністю ЕОМ розуміють середнє число наведених операцій, що виконуються ЕОМ за одиницю часу з урахуванням усіх витрат часу: на введення й виведення інформації про тактичну обстановку, на виявлення й усунення збоїв, на обмін інформацією між оперативною й зовнішньою пам'яттю, базою знань і базою даних.

Найбільш 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). При цьому узагальнений показник C повинен враховувати витрати на розробку та серійне виготовлення (C_1) і впровадження (C_2) кожного r -го ($r = 1, \dots, R$) варіанта ТМС, часові (C_3), а також експлуатаційні витрати (C_4), які потрібні для підготовки фахівців до 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 й управління процесом навчання (C_6). Також в узагальнений показник C можуть включатися витрати (C_7), необхідні для підвищення стійкості функціонування засобів обчислювальної техніки, програмного забезпечення й мережного обладнання кожного r -го варіанта ТМС. При цьому значення κ -го ($\kappa = 1, \dots, s$) показника витрат не повинне перевищувати максимально припустимого значення $C_{\kappa_{don}}$.

Виходячи з того, що показники витрат задаються в різних одиницях виміру і носять різний фізичний зміст, для вирішення задачі вибору раціонального варіанта побудови та організації функціонування ТМС на першій фазі навчання скористаємося концепцією нелінійної схеми компромісів [10]. Для вибору r -го (раціонального) варіанта побудови ТМС, що забезпечить прискорену підготовку фахівців, доцільно використовувати наступний узагальнений показник (C_r):

$$C_r \sum_{k=1}^s \left(\frac{V_k C_{\kappa_{don}}}{C_{\kappa_{don}} - C_{kr}} \right) \rightarrow \min = , \quad (3)$$

$$\text{при } P_r \geq P_n, \quad C_{kr} \leq C_{\kappa_{don}}, \quad \sum_{k=1}^s V_k = 1 \quad (r = 1, \dots, R; \quad k = 1, \dots, s), \quad f \in F,$$

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; V_k – коефіцієнт важливості κ -го показника.

Крім того, r -й (раціональний) варіант побудови ТМС, при його використанні на другій фазі навчання, повинен задовольняти наступний критерій ефективності:

$$P_r \rightarrow \max, \quad (4)$$

при $C_{kr} \leq C_{k_{дон}}$, $\sum_{k=1}^s V_k = 1$ ($r = 1, \dots, R$; $k = 1, \dots, s$), $f \in F$.

На цьому етапі всі можливі варіанти побудови тренажерних систем (ТС): неавтоматизовані, програмувальні, адаптивні, ТМС інтенсивної підготовки (ІП), інтелектуальні ТС – формально описуються координатами точки в багатомірному просторі зазначених вище параметрів. Кожній точці цієї області (тобто запропонованим варіантом ТС) ставляться у відповідність чисельні значення критеріїв (3) та (4). У результаті обчислювальних експериментів знаходиться сукупність чисельних значень параметрів і критеріальних функцій, що 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 [10].

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

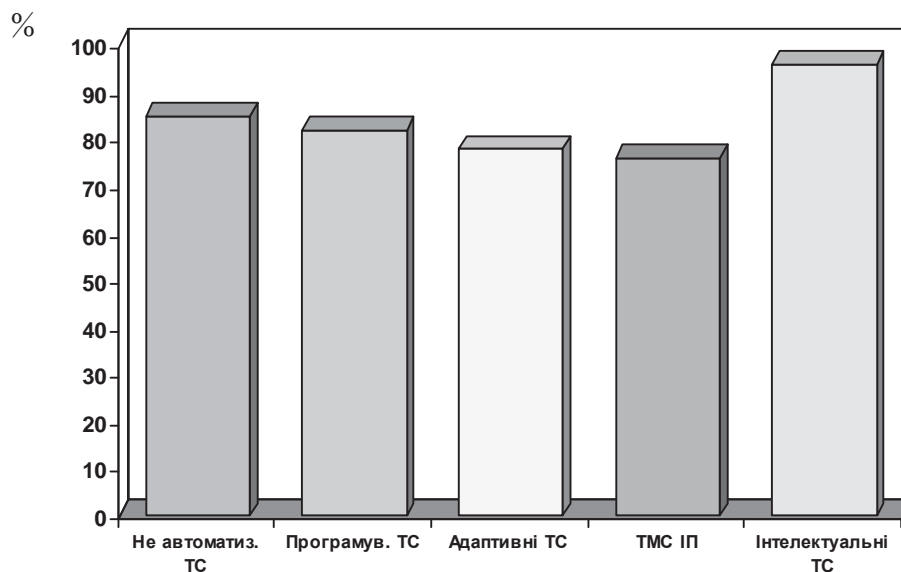


Рис. 2. Порівняльна оцінка витрат на розробку й застосування різних тренажерних систем для підготовки фахівців спецпідрозділів

Виходячи з отриманих результатів дослідження з використанням розробленої інформаційної технології, можна вважати, що раціональним є варіант побудови ТС – ТМС інтенсивної підготовки фахівців спецпідрозділів.

Таким чином, на основі використання запропонованих методологічних основ побудови ТМС та завдяки застосуванню інформаційної технології синтезу ТМС, яка представлена як багатоступенева послідовність окремих процедур та етапів проектування, забезпечується обґрунтування раціонального варіанта побудови ТМС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Соловов Л.В. Электронное обучение : проблематика, дидактика, технология / Л.В. Соловов. – Самара: Новая книга, 2006. – 462 с.
2. Інтегрування тренажних технологій як магістральний напрямок вдосконалення навчально-тренувальної бази бойової підготовки військ. / О.М. Матвієвський, В.М. Лушніченко, В.В. Семіглазов, Д. К. Яворський // Наука і оборона. – 2010. – № 2 – С. 48–54.
3. Петрушин В.А. Интеллектуальные обучающие системы : архитектура и методы реализации (обзор) / В. А. Петрушин // Техническая кибернетика. – 1993. – № 2. – С. 164–189.
4. Машбиц Е.И. Психолого-педагогические проблемы компьютеризации обучения / Е.И. Машбиц. – М. : Педагогика, 1988. – 192 с.
5. 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. науч. тр. – 1992. – С. 26–32.
6. Шибанов Г.П. Количественная оценка деятельности человека в системах человек – техника / Г.П. Шибанов. – М. : Машиностроение, 1983. – 263 с.
7. Гунченко Ю.О. Інформаційна технологія побудови тренажерно-моделюючих систем інтенсивної підготовки фахівців підрозділів спеціального призначення / Ю.О. Гунченко, А.А. Кобозєва, С.А. Шворов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький, 2013. – № 2.– С. 165–170.
8. 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.
9. 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, А.А. Гончарук // Інформаційна безпека. – 2012. – № 2(8). – С. 37–42.
10. 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.

Отримано 04.10.2013