С.В. Годзь, В.М. Можаровський

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ОБСЯГУ НАВЧАЛЬНИХ ГОДИН КОМПЛЕКСНОЇ ПРОГРАМИ БОЙОВОЇ ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВОГО ФОРМУВАННЯ ТИПУ З'ЄДНАННЯ (ЧАСТИНА) БУДЬ-ЯКОГО СТУПЕНЯ ГОТОВНОСТІ

На думку авторів статті, одним із можливих шляхів підвищення ефективності планування бойової підготовки (БП) та досягнення потрібного рівня навченості військових формувань є розроблення та запровадження в практику їх БП принципово нового нормативного документа – Комплексної програми бойової підготовки з'єднання (частини) (КПБП). На відміну від існуючих програм БП, КПБП має забезпечити можливість визначення оптимальної кількості навчальних годин та їх раціональний (оптимальний) розподіл між спеціалістами (підрозділами) та періодами підготовки для досягнення заданого рівня навченості з'єднання (частини) Збройних Сил України в цілому, а також його готовності до взаємодії з іншими військовими формуваннями сил оборони під час спільного виконання бойових завдань. Встановлено, що в існуючих методиках оцінювання ефективності БП військових формувань, у тому числі її планування, використовуються зовсім різні методи (шляхи, способи) дослідження процесу розподілу рівня їх навченості в часі. Як стверджують автори, на сьогодні відсутня загальна методологія комплексного вирішення подібних завдань. Враховуючи це, у статті викладено суть та основний зміст Математичної моделі визначення загального обсягу навчальних годин КПБП військового формування типу з'єднання (частини) будь-якого ступеня готовності. Ця модель є основою Методу визначення оптимальної кількості навчальних годин БП спеціалістів (підрозділів) військового формування типу з'єднання (частини) для досягнення заданого рівня їх навченості за критерієм мінімальних фінансових затрат (лінійний варіант оптимізації). Стаття є логічним продовженням попередніх публікацій даного напрямку дослідження.

Ключові слова: сили оборони, бойова підготовка, організація (планування) бойової підготовки, комплексна програма бойової підготовки, математична модель, методи дослідження.

Вступ

Постановка проблеми. Якісне планування бойової підготовки (БП) є запорукою досягнення потрібного рівня навченості з'єднань (частин) Збройних Сил (ЗС) України, їх готовності до виконання бойових завдань як самостійно, так і у взаємодії з іншими військовими формуваннями (ІВФ) сил оборони держави. Нині процес планування БП значно ускладнюється тим, що існуючі програми БП спрямовані виключно на підготовку спеціалістів (підрозділів) певного роду військ (сил). Це, зокрема, призводить до нерівномірного розподілу навчального часу в інтересах досягнення потрібного рівня навченості з'єднання (частини). На думку авторів, одним із можливих шляхів підвищення ефективності планування БП та досягнення потрібного рівня навченості з'єднань (частин) є розроблення та запровадження в практику їх БП принципово нового нормативного документа – Комплексної програми БП з'єднання (частини). КПБП має стати основним робочим документом під час розроблення плану БП як з'єднань (частин) постійної готовності, так і з'єднань (частини), що підля-

гають відмобілізуванню в особливий період (з рахуванням особливостей організації їх БП). На відміну від існуючих програм БП, КПБП має забезпечити можливість визначення оптимальної кількості навчальних годин та їх раціональний (оптимальний) розподіл між спеціалістами (підрозділами) та періодами підготовки для досягнення заданого рівня навченості з'єднання (частини) ЗС України в цілому, а також його готовності до взаємодії з ІВФ сил оборони під час спільного виконання бойових завдань [1–2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати аналізу існуючих методик оцінювання ефективності БП військових формувань, у тому числі її планування, були викладені у попередніх публікаціях [3–7]. Авторами зроблено висновок про те, що в цих методиках використовуються зовсім різні методи (шляхи, способи) дослідження процесу розподілу рівня навченості в часі. Існуючі методики не передбачають комплексного підходу до забезпечення потрібного рівня боєздатності з'єднань (частин) ЗС України та ІВФ сил оборони. Зазначене свідчить про відсутність загальної методології комплексного вирішення подібних завдань.

Метою статті є викладення суті та основного змісту Математичної моделі визначення загального обсягу навчальних годин КПБП військового формування типу з'єднання (частина) будь-якого ступеня готовності. Ця модель є основою Методу визначення оптимальної кількості навчальних годин БП спеціалістів (підрозділів) військового формування типу з'єднання (частина) для досягнення заданого рівня їх навченості за критерієм мінімальних фінансових затрат (лінійний варіант оптимізації). Стаття є логічним продовженням попередніх публікацій, зокрема [6–12].

Виклад основного матеріалу

У [2; 6–12] було розкрито функціональну залежність $y = f(x) = E(x)$ рівня підготовки (навченості)

E спеціалістів певної категорій (профілю) від кількості x планованих навчальних годин. Наведена залежність є вихідною щодо математичній моделі, зміст якої розкривається нижче.

Функція $y = f(x) = E(x)$ є відображенням, при якому кожній області визначення (кількості навчальних годин x від 0 (нуля) до запланованих $x_{\text{план}}$ ($0 \leq x \leq x_{\text{план}}$)) ставиться у відповідність область значень (усі значення $E(x)$ від 0 (нуля) до 1 (одиниці) ($0 \leq E(x) \leq 1$)). Похідну цієї функції можна обчислювати використовуючи границю відношення приростів. Більш детально розглянемо властивості функції $y = f(x) = E(x)$ на прикладі графіка (рис. 1).

Рис. 1. Можливий графік функції $y = f(x) = E(x)$

Якщо x та y дійсні числа, а $y = f(x) = E(x)$ – функція дійсних чисел (див. рис.1), і якщо графік функції (f) у зображено відносно x , *похідна* дорівнює нахилу дотичної до цього графіка у кожній із точок O, A, B, C, D. Похідна характеризує швидкість зміни функції та визначається як границя відношення приросту функції до приросту її аргументу, коли приріст аргументу прямує до нуля (якщо така границя існує). Наприклад, якщо у деякому околі точки B з абсцисою x_1 визначена функція $y = f(x) = E(x)$, то приріст аргументу Δx_1 буде обчислюватися як $\Delta x_1 = x_1 - x_0$, а приріст функції Δy_1 буде обчислюватися як $\Delta y_1 = f(x_1) - f(x_0)$.

Якщо існує границя $\lim_{\Delta x_1 \rightarrow 0} \frac{\Delta y_1}{\Delta x_1}$, то вона є *похідною*

функції (f) в точці B з абсцисою x_1 , а дотична m до графіка цієї функції в точці B є єдиною лінією, що не перетинається з графіком функції трансверсально (лінія не проходить крізь графік). З

геометричної точки зору похідна функції y по змінній x в точці B є нахилом дотичної m до графіка функції $y = f(x) = E(x)$ у цій точці. Значення тангенса кута нахилу дотичної до вісі абсцис ($\text{tga} = \frac{\Delta y_1}{\Delta x_1}$) є значенням похідної y в точці B. Оскі-

льки процес підготовки спеціалістів є безперервним, функція $y = f(x) = E(x)$ також вважається безперервною, при цьому вона повинна бути двічі диференційованою. Відомо, що функція, яка має скінченну похідну в будь-якій точці x , є функцією, що диференційована в цій точці, а лінійне відображення функції у певній точці x є *диференціалом* (головна лінійна частина приросту функції або відображення) функції у цій точці. Диференціювання дозволяє обчислити відношення приростів як граничну вели-

чину $\frac{\Delta y}{\Delta x}$, коли Δx стає нескінченно малим (прямує до нуля.) Якщо використати позначення Лейбніца, то нескінченно малий приріст змінної x позначить-

ся як диференціал dx , а похідна функції y по змінній x буде записуватися як відношення диференціалів $\frac{dy}{dx}$, тобто, виглядає як відношення двох нескінченно малих величин. Отже, похідна першого порядку матиме вигляд $\frac{dy}{dx} = \frac{dE(x)}{dx}$, а похідна другого

порядку виглядатиме як $\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{d^2E(x)}{dx^2}$. Вважається, що графічно функція $y = E(x)$ може мати вигляд S подібної кривої з несиметричними гілками (див. рис. 1). Як випливає з цього рисунку, графік S -подібного вигляду (S -подібна крива) має увігнуту й опуклу частини, а отже, поряд із точками O та A кривої повинна існувати й деяка інша точка – точка перегину B з абсцисою x_1 , що розділяє цю криву на дві частини – увігнуту та опуклу. Положення (абсциса) x_1 точки перегину B визначається конкретним видом функції $y_1 = f(x_1) = E(x_1)$, що описує рівень навченості з тієї чи іншої спеціальності.

Для знаходження точки перегину B повинна існувати друга похідна (похідна другого порядку) від функції $E(x)$. Отже, якщо функція $E(x)$ диференційована на деякому проміжку $(O; D)$ та має похідну $y' = f'(x) = E'(x)$, і якщо ця функція диференційована в деякій точці перегину $B(x_1; y_1)$, тобто має в цій точці похідну, то така похідна називається другою похідною (похідною другого порядку), та позначається $y_1'' = (y_1')' = f''(x_1) = E''(x_1)$. Ця похідна характеризує прискорення досягнутого у певний момент часу рівня навченості $E(x)$ особового складу чи швидкості, з якою змінюється швидкість зростання цього рівня навченості відносно часу. Таке прискорення визначається точкою перегину $B(x_1; y_1)$ та характеризує перехід до спеціалізованої підготовки особового складу. На графіку функції $y = f(x) = E(x)$ (див. рис. 1) друга похідна відповідає опуклій (увігнутій угору) частині кривої.

Крива $E(x)$, яка відображає навчальний процес, умовно має пройти через такі точки: на початку навчального процесу – через точку O з координатами $x = 0$, $E(x = 0) = 0$; у ході навчального процесу: через точку A з координатами $x_0 \approx (0,10 - 0,15)x_{\text{план}}$, $E(x_0) \approx (0,15 - 0,20)$, що знаходиться на увігнутій частині кривої. Ця (увігнута) частина кривої характеризує початковий період навчання тривалістю від $x = 0$ до $x \leq x_1$ (тобто, $x = 0 \leq x \leq x_1$), що відповідає досягнутому рівню навченості $E(x_1) \approx (0,20 - 0,25)$. Досягнутий під час

початкового періоду навчання ($x = 0 \leq x \leq x_1$) рівень навченості $E(x_1)$ обмежується точкою перегину B з координатами $x_1 \approx (0,15 - 0,20)x_{\text{план}}$, $E(x_1) \approx (0,20 - 0,25)$. З цього моменту починається період спеціальної підготовки (опукла частина кривої) тривалістю $x_1 < x \leq x_{\text{план}}$; у подальшому – через точку C з координатами $x_2 \approx (0,25 - 0,50)x_{\text{план}}$, $E(x_2) \approx (0,50 - 0,70)$, яка характеризує період спеціальної підготовки, та через точку D з координатами $x \rightarrow x_{\text{план}}$, $E(x_{\text{план}}) \rightarrow 1$ ($e^{-\lambda \cdot x^\kappa} \rightarrow 0$), що характеризує закінчення навчального процесу та його уповільнення. Якщо функція $y = f(x) = E(x)$ диференційована в кожній із наведених вище точок, тоді ця функція також має бути безперервною в кожній із цих точок. При цьому функція дійсної змінної $y = f(x) = E(x)$ може вважатися безперервною, якщо малим змінам Δx аргумента відповідають малі зміни Δy значення функції, тобто, $\Delta y = f(\Delta x) \rightarrow 0$, коли $\Delta x \rightarrow 0$. Залежність, коли графіку S -подібного вигляду (див. рис. 1) відповідає функціональна залежність $E(x)$ відображається аналітично подібно неперервному розподілу імовірностей Вейбулла – Гніденка:

$$E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^\kappa}, \quad (1)$$

де $\lambda > 0$ – деяка постійна (перший параметр розподілу (1)), що впливає на форму кривої $E(x)$ та яка визначається відповідно до певних умов (наприклад, виходячи з урахування значень показників щодо загальноосвітнього рівня підготовки тих, хто навчається; стану та порядку використання навчальної матеріально-технічної бази; попередньо досягнутого рівня навченості тощо; $\kappa \geq 1$ – другий параметр розподілу (1) – показник ступеня (цілий чи дробовий). Так, за $\kappa = 1$ цей розподіл збігається з експоненціальним; за $\kappa = 2$ розподіл Вейбулла перетворюється у відомий розподіл Релея $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^2}$ (двовірний розподіл випадкової величини $\tilde{x}$ за нормальним законом) з відповідними параметрами; за $\kappa > 3,5$ розподіл Вейбулла практично збігається з нормальним законом розподілу, що є граничним стосовно багатьох розподілів відповідно до центральної граничної теореми теорії ймовірностей. Запропоноване рівняння (1) задовольняє висунутим вимогам стосовно графіка $E(x)$, оскільки крива, що відображає розглянутий навчальний процес, проходить через точки, про які йшлося вище. Для пошуку абсциси x_1 точки перегину B функції $y = f(x) = E(x)$ необхідно і достатньо, щоб друга похідна $E''(x)$, що характеризує прискорення функ-

ції (1) у даній точці, мала екстремум, який знаходиться з рівняння $E''(x_0) = 0$. У цьому випадку за $x = x^K$ перша похідна від функції $E(x)$ (1) дорівнюватиме:

$$\frac{dE(x)}{dx} = E'(x) = (1 - e^{-\lambda \cdot x^K})' = (1 - e^{-\lambda \cdot x})' = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot x} \cdot (x)' = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot x} \cdot (x^K)' = \lambda \cdot \kappa \cdot x^{\kappa-1} \cdot e^{-\lambda \cdot x^K}; \quad (2)$$

друга похідна (похідна другого порядку) від тієї ж функції $E(x)$ буде обчислюватися:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dx} \left[\frac{dE(x)}{dx} \right] &= \frac{d^2 E(x)}{dx^2} = E''(x) = \\ &= \lambda \cdot \kappa \cdot (\kappa - 1) \cdot x^{\kappa-2} \cdot e^{-\lambda \cdot x^K} - \\ &- \lambda \cdot \kappa \cdot x^{\kappa-1} \cdot \lambda \cdot \kappa \cdot x^{\kappa-1} \cdot e^{-\lambda \cdot x^K} = \\ &= \lambda \cdot \kappa \cdot x^{\kappa-1} \cdot e^{-\lambda \cdot x^K} \cdot \left[(\kappa - 1) \cdot \frac{x^{\kappa-2}}{x^{\kappa-1}} - \lambda \cdot \kappa \cdot x^{\kappa-1} \right] = \\ &= E'(x) \cdot \left[(\kappa - 1) \cdot \frac{x^{\kappa-2}}{x^{\kappa-1}} - \lambda \cdot \kappa \cdot x^{\kappa-1} \right] = 0, \end{aligned} \quad (3)$$

або ж за умови, що $E'(x) \neq 0$,

$$\left[(\kappa - 1) \cdot x^{-1} - \lambda \cdot \kappa \cdot x^{\kappa} \cdot x^{-1} \right] = 0,$$

звідки

$$1 - \frac{\kappa}{\kappa - 1} \cdot \lambda \cdot x^{\kappa} = 0,$$

відповідно

$$x^K = \frac{\kappa - 1}{\kappa \cdot \lambda}, \quad (4)$$

тоді абсциса точки перегину В визначається значеннями κ і λ :

$$x = x_1 = \kappa \sqrt[\kappa]{\frac{\kappa - 1}{\kappa \cdot \lambda}} = \left(\frac{\kappa - 1}{\kappa - \lambda} \right)^{\frac{1}{\kappa}}, \quad (5)$$

а значення функції (f) в точці перегину В буде дорівнювати:

$$E(x = x_1) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^K} = 1 - e^{-\frac{\kappa - 1}{\kappa}}, \quad (6)$$

та не залежить від значення параметра λ , а визначається тільки величиною показника ступеня κ . Величина параметра κ , що обирається, визначає ординату точки перегину В (6), тобто, досяжний рівень навченості $y_1 = f(x_1) = E(x_1)$ спеціалістів певного профілю у початковий період навчання (6) залежно від кількості x_1 засвоєних ними за цей період навчальних годин. Зі збільшенням параметру κ значення

$E(x = x_1) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^K} = 1 - e^{-\frac{\kappa - 1}{\kappa}}$ у точці перегину В підвищується, і навпаки. Із (5) випливає, що при заданому κ зі збільшенням параметра λ

зменшується абсциса x_1 точки перегину В (5), і навпаки, відбувається зрушення цієї точки та кривих

$E(x)$ вліво, графік функції $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^K}$ (1) при збільшенні параметра λ стискується до осі ординат $E(x)$, що закономірно. Тим самим, величина параметра λ , яка обирається, визначає величину абсциси x_1 точки перегину В (5). При зміні абсциси x_1 точки перегину В, а значить і при зміні параметра λ , значення функцій $y_1 = f(x_1) = E(x_1)$ у точці перегину не змінюються (6). Для підкреслення особливостей поведінки функції $E(x)$ необхідно визначити прийнятні значення параметрів κ і λ . Функціональну залежність рівня підготовки $E(x)$ спеціалістів певної категорії від кількості x засвоєних ними навчальних годин $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^K}$ (1) можна подати у вигляді:

$$E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^K} \geq E(x)_{нотр}, \quad (7)$$

тобто, коли поточний рівень підготовки $E(x)$ має бути не меншим потрібного (заданого) рівня підготовки $E(x)_{нотр}$. Звідки необхідна для цього кількість навчальних годин x може бути визначена у такий спосіб:

$$x = x_{план} \geq \left[- \frac{\ln(1 - E_{нотр})}{\lambda} \right]^{\frac{1}{\kappa}}. \quad (8)$$

Як уже було зазначено [2; 6–9], кількість навчальних годин, що відводиться для підготовки військовослужбовців з тієї чи іншої спеціальності, зазвичай обмежена та може становити близько $x = x_{план} = 600\text{--}800$ год. за навчальний період тривалістю (4–6) місяців (6–8 год. занять на добу за 5-ти денного навчального тижня). У середньому така кількість навчальних годин приймається на рівні $x = x_{план} = 700$ год. за навчальний період. Тим самим (8) можна записати як:

$$x = x_{план} = 700 \geq \left[\frac{\ln(1 - E_{нотр})}{\lambda} \right]^{\frac{1}{\kappa}}, \quad (9)$$

звідки може бути визначено параметр λ функції $E(x)$ (1):

$$\lambda \geq - \frac{\ln(1 - E_{нотр})}{700^K}. \quad (10)$$

З іншого боку, з рівнянь (4–5) маємо:

$$\lambda = \frac{\kappa - 1}{\kappa \cdot x_1^K}. \quad (11)$$

Об'єднуючи рівняння (10–11), одержимо трансцендентне рівняння, такого виду:

$$\frac{\kappa - 1}{\kappa \cdot x_1^K} = -\frac{\ln(1 - E_{номр})}{700^K}, \quad (12)$$

звідки може бути визначене значення параметра κ . Так, якщо абсциса точки перегину В становить $x = x_1 = (0,15 - 0,20) \cdot x_{план} = (105 - 140) год$ за $x_{план} = 700 год.$, то приймаючи середнє значення абсциси точки перегину $x = x_1 = 122 год.$ отримаємо

$$\frac{\kappa - 1}{\kappa \cdot x_1^K} = \frac{\kappa - 1}{\kappa \cdot 122^K} = -\frac{\ln(1 - E_{номр})}{700^K}, \quad (13)$$

звідки

$$\frac{\kappa - 1}{\kappa \cdot 122^K} \cdot 700^K = -\ln(1 - E_{номр}), \quad (14)$$

або

$$\frac{700^K}{122^K} = \frac{700^K}{\kappa \cdot 122^K} = -\ln(1 - E_{номр}). \quad (15)$$

Отримане трансцендентне рівняння (15) відносно значення κ розв'язується графічними або чисельними методами. Один із методів графічного розв'язку (рис. 2) полягає у тому, що необхідно прирівняти частини рівняння із залежною змінною до частин рівняння із незалежною змінною і побудувати графіки функцій, отриманих по обидва боки знаку рівності. Точки перетину графіків цих функцій і є розв'язком рівняння. Для вирішення трансцендентного рівняння відносно значення κ графічним методом трансцендентне рівняння (15) може бути записане у вигляді таких рівнянь, які виражаються через одну і ту ж функцію y :

$$y = \frac{700^K}{122^K}; \quad y = \frac{700^K}{\kappa \cdot 122^K} - \ln(1 - E_{номр}); \quad (16)$$

спільне рішення цих рівнянь графічно дозволить визначити κ шляхом обчислення значень y , наведених у табл. 1 та 2.

Графічно данні табл. 1–2 щодо розв'язання трансцендентного рівняння (15) представлені на рис. 2.

Таблиця 1

$$\text{Обчислення значень } y = \frac{700^K}{122^K}$$

Можливі значення κ						
1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2
Обчислені значення y						
5,74	8,13	9,68	11,55	16,36	23,21	32,92

Таблиця 2

$$\text{Обчислення значень } y = \frac{700^K}{\kappa \cdot 122^K} - \ln(1 - E_{номр})$$

Можливі значення $E_{номр}$	Можливі значення κ						
	1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2
	Обчислені значення y						
0	5,74	6,78	7,45	8,25	10,23	12,89	16,46
0,2	5,96	7,00	7,67	8,47	10,45	13,11	16,68
0,4	6,25	7,29	7,96	8,76	10,74	13,40	16,97
0,6	6,66	7,70	8,37	9,17	11,15	13,81	17,38
0,8	7,35	8,39	9,06	9,86	11,84	14,50	18,07
0,95	8,74	9,78	10,45	11,25	13,23	15,89	19,46

Рис. 2. Графічний метод розв'язання трансцендентного рівняння (15)

З перетинання кривих $y = \frac{700^\kappa}{122^\kappa}$ і $y = \frac{700^\kappa}{\kappa \cdot 122^\kappa} - \ln(1 - E_{nomp})$, наприклад, при $E_{nomp} = 0,95$, визначається наближене значення $\kappa \approx 1,3$. (17)

Уточнити значення κ з точністю хоча б до другого знака після коми стосовно кривих рис. 2 можна, наприклад, способами дотичних і хорд.

За умови, коли початковий період навчання ($x = x_1$) не перевищує 15–20% від планового $x = x_{план}$ та забезпечує рівень навченості $E(x = x_1) \approx (0,20 - 0,25)$, то за середнього значення функції $E(x = x_1 = 122) \approx 0,22$ у точці перегину із

(6) отримаємо величину $E(x = x_1) = 1 - e^{-\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 0,22$, звідки більш точне у порівнянні з (17) значення параметра (показника ступеня) κ функції $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^\kappa}$ (1) відповідатиме: $\kappa \approx 1,33$. (18)

Тоді, за $x = x_1 = 122$ год із (11) за $\kappa \approx 1,33$ одержується другий параметр функції (1):

$$\lambda = \frac{\kappa-1}{\kappa \cdot x_1^\kappa} = \frac{1,33-1}{1,33 \cdot 122^\kappa} = 0,00042. \quad (19)$$

Перевіримо справедливості цього значення, використовуючи (10), для чого складемо таблицю значень λ (табл. 3) за різних значень κ .

Таблиця 3

Обчислення значень $\lambda \geq -\frac{\ln(1 - E_{nomp})}{700^\kappa}$

Можливі значення E_{nomp}	Можливі значення κ						
	1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2
	Обчислені значення λ						
0	0	0	0	0	0	0	0
0,2	0,0003	0,00008	0,00004	0,00002	0,000006	0,000002	0

Закінчення табл. 3

0,4	0,0007	0,0002	0,0001	0,00005	0,00001	0,000004	0,000001
0,6	0,0013	0,0004	0,0002	0,0001	0,00003	0,00001	0,000002
0,8	0,0023	0,0006	0,0003	0,0002	0,00005	0,00002	0,000003
0,95	0,0043	0,0012	0,0006	0,0003	0,00008	0,00003	0,000006

Як бачимо, одержані в табл. 3 значення λ від-
повідають вимогам (10) та рис. 2. Для більш глибо-
кого аналізу поведінки функції $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^\kappa}$ (1)

за різних значень величин x у межах, наприклад,
0÷700 год. і знайдених значень $\kappa = 1,33$,
 $\lambda = 0,00042$ обчислимо значення цієї функції (табл. 4).

Таблиця 4

Обчислення значень функції $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^\kappa}$

Можливі значення x (год)														
0	50	100	122	150	200	250	300	350	400	500	550	600	650	700
Обчислені значення $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^\kappa}$														
0	0,07	0,17	0,22	0,28	0,38	0,48	0,56	0,64	0,70	0,80	0,84	0,88	0,90	0,92

Графік функції $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^\kappa}$ (1) для різних
величин x згідно табл. 4 і за $\kappa = 1,33$ (5; 18),
 $\lambda = 0,00042$ (10; 19) представлений на рис. 3. Як
видно, прийнята функція $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^\kappa}$ (1) для
характеристики навчального процесу задовольняє
всім вимогам до неї. Так, на початку навчального
процесу при $x = 0$ значення $E(x = 0) = 0$, що приро-
дно. За $x_1 = 122$ і $E(x = x_1) \approx 0,22$ виявляється точ-
ка перегину В, що відокремлює увігнуту та опуклу
частини кривої $E(x)$. У точці перегину
 $E(x = x_1) = (15 - 20)\% x_{\text{план}} = 105 - 140 \text{ год} = 0,22$, а
по закінченню навчального процесу
 $E(x = x_{\text{план}} = 700 \text{ год}) = 0,92 \rightarrow 1$. Можна передба-
чати, що функція $E(x)$ S-подібного вигляду із точ-
кою перегину з абсцисою $(x = x_1) = 122 \text{ год}$, що
розділяє навчальний процес на період теоретичної
(початкової) підготовки $(0 \leq x \leq x_1 = 122 \text{ год})$ та
період спеціальної підготовки
 $(x_1 < x \leq x_{\text{план}} = 700 \text{ год})$ при однакових для усіх

спеціальностей значеннях $\kappa \approx 1,33$, $\lambda = 0,00042$,
набуває, на відміну від (1), такий вигляд:

$$E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^\kappa} = 1 - e^{-0,00042 \cdot x^{1,33}}. \quad (20)$$

Перевіримо, що функція $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^\kappa}$ при
 $\kappa \approx 1,33$ дійсно проходить через точку з координа-
тами $(x = x_{\text{план}} = 700, E(x) = 0,92)$: $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^\kappa} =$
 $= E(x_{\text{план}} = 700) = 1 - e^{-0,00042 \cdot 700^{1,33}} = 1 - 0,08 = 0,92 =$
 $E(x_{\text{план}})_{\text{нотр}}$, що збігається із значеннями табл. 4 та
підтверджує безперервність функції
 $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^\kappa}$, а також область її визначення –
кількість навчальних годин x від 0 (нуля) до запла-
нованих $x_{\text{план}}$ $(0 \leq x \leq x_{\text{план}})$ та область значень –
усі значення $E(x)$ від 0 (нуля) до 1 (одиниці)
 $(0 \leq E(x) \leq 1)$. За різних значень κ , λ , поведінка
функції $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^\kappa}$, наприклад, для
 $x = x_{\text{план}} = 700 \text{ год}$ представлена в табл. 5 та на
рис. 3.

Таблиця 5

Поведінка функції $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^\kappa}$ для $x = x_{\text{план}} = 700 \text{ год}$

Можливі значення κ	Можливі значення λ						
	0,0001	0,0002	0,0003	0,00042	0,0005	0,0006	0,0007
	Обчислені значення $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^\kappa}$						
1,0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
1,2	0,23	0,40	0,54	0,66	0,73	0,79	0,84
1,33	0,46	0,70	0,84	0,92	0,95	0,97	0,99
1,4	0,62	0,85	0,94	0,98	0,99	0,999	≈ 1
1,6	0,97	≈ 1	≈ 1	≈ 1	≈ 1	≈ 1	≈ 1

Рис. 3. Поведінка функції $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^\kappa}$ для $x = x_{\text{план}} = 700$ год Рис. 4. Графіки $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^{1,33}}$ при $\lambda = 0,0002, 0,00042, 0,0007$

На рис. 4 показані графіки щодо поведінки функції $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^k}$ для $x = x_{план} = 700 год$ при $k \approx 1,33$. Так, зі збільшенням параметра λ (10; 19) зменшується значення (абсциса) x_1 точки перегину В, здійснюється зсув цієї точки вліво, криві $E(x)$ зміщуються вліво до осі ординат. При зміні положення точки перегину x_1 та при одній і той же величині k значення функції $E(x = x_1)$ у точці перегину залишаються незмінними (6), оскільки вони визначаються тільки значеннями $k \geq 1$ і не залежать від параметра $\lambda > 0$. Враховуючи, що значення $E(x = x_1)$ в точці перегину В не залежить від λ , а визначається тільки величиною k , і задаючись значенням $E(x = x_1) \approx (0,20 - 0,25)$ приблизно однаковим для спеціалістів будь-якого профілю, це дозволить визначити значення $k \approx 1,33$. Тоді закон зміни рівня навченості (ефективності підготовки) тих або інших спеціалістів залежно від кількості засвоєних ними навчальних годин x і різних значень x_1 , а значить і різних значень параметра λ (10; 19), на відміну від (20), має записуватися так:

$$E(x_i) = 1 - e^{-\lambda_i \cdot x_i^{1,33}}, \quad (21)$$

де λ_i – параметр закону $E(x_i)$ для відповідної i -ї спеціальності ($i = \overline{1,4}$). Такий закон відповідає вимогам, які висуваються до функції $E(x)$, а динаміка його поведінки не відрізняється від динаміки розглянутих вище законів. Результати аналізу поведінки кривої $E(x)$, які відображені вище, дозволяють зробити висновок про те, що отримані параметри $k \approx 1,33$ (18), $\lambda = 0,00042$ (19) найбільш прийнятно ($x = x_1 \approx (0,15 - 0,20)x_{план} = 700 год$, $E(x = x_1) \approx (0,20 - 0,25)$) характеризують поведінку кривої $E(x_i) = 1 - e^{-\lambda \cdot x_i^k} = 1 - e^{-0,00042 \cdot x_i^{1,33}}$ (20) зі змінною k ($i = \overline{1,4}$), що відображає тривалість навчального періоду для спеціалістів певної категорії (профілю).

Висновки

1. Графічно функція $y = f(x) = E(x)$ може мати вигляд S подібної кривої з несиметричними гілками, а отже, повинна існувати точка перегину В з абсцисою $x = x_1$, що розділяє цю криву на дві частини – увігнуту, яка характеризує початковий період навчання, та опуклу, що характеризує період спеціальної підготовки. Для знаходження точки перегину В повинна існувати друга похідна (похідна другого порядку) від функції $E(x)$.

2. Вигляд функції $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^k}$ залежить від таких показників: передбачуваної тривалості початкового періоду $x = x_1$ навчання, що обумовлюється положенням точки перегину В ($x_1; y_1$) кривої функції $y = f(x) = E(x)$ щодо навчального періоду з тієї або іншої спеціальності; значення функції $y_1 = f(x_1) = E(x_1)$ в її точці перегину; планованої тривалості навчального періоду $x = x_{план}$.

3. Відшукування параметрів k та λ закону

$E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^k}$ зміни рівня підготовки (навченості) $E(x)$ спеціалістів будь-якого профілю може здійснюватися у два етапи: на першому етапі встановлюється, що показник ступеня k функції $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^k}$ визначає однакову досягну величину рівня підготовки $E(x_1)$ військовослужбовців на початковому періоді їх навчання $0 \leq x \leq x_1$, тобто ординату $E(x_1)$ точки перегину. При цьому, зі збільшенням k зростає величина $E(x_1)$, і навпаки. Величина показника ступеня k розраховується за прогнозованим значенням функції $E(x_1)$ у точці її перегину з абсцисою x_1 , наприклад, за $E(x_1) \approx 0,20 - 0,25$, тобто з урахуванням передбачуваної тривалості початкового періоду $x = x_1$ навчання, який може становити $x = x_1 \approx (0,15 - 0,20)x_{план}$ при умові, що $x = x_{план} \approx 600 - 800$ год. Зі збільшенням показника ступеня $k \geq 1$ значення функції $E(x)$ при тому ж значенні x , λ підвищуються (рис. 3), а при тому ж самому значенні k зі збільшенням λ абсциса точки перегину x_1 зменшується (зсувається вліво, рис. 4); на другому етапі встановлюється, що за відомим значенням k параметр λ функції $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^k}$ визначає абсцису x_1 точки перегину. Зі збільшенням λ зменшується значення $x = x_1$, відбувається зсув абсциси точки перегину вліво при незмінному значенні її ординати $E(x_1)$. Значення параметра λ обчислюється відповідно до передбачуваної тривалості початкового періоду $x = x_1 \approx (0,15 - 0,20)x_{план}$ навчання й відомому уже значенню k , у результаті чого функція $E(x)$ для розглянутого навчального процесу матиме вигляд $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^k}$. При цьому, зі збільшенням параметра λ зменшується значення точки перегину з абсцисою x_1 , але значення функції $E(x_1)$ у точці перегину не змінюється, відбувається зсування точки перегину вліво, криві $E(x)$ зсуваються вліво до

осі ординат (рис. 4), а значення функції $E(x)$ при тому самому значенні x , λ підвищуються (рис. 3). Зменшення тривалості початкового періоду навчання $x = x_1$ зі збільшенням параметра λ може характеризувати відповідний загальноосвітній рівень особового складу до початку навчального процесу. Саме загальноосвітній рівень підготовки є одним із

основних показників, що впливає на тривалість $x = x_1$ початкового періоду підготовки. Варіюючи параметрами λ і κ можна підібрати будь-який вид функції $E(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x^\kappa}$, який задовольнятиме прийнятим умовам щодо тривалості навчального періоду для спеціалістів певної категорії (профілю).

Список літератури

1. Годзь С.В. Проблемні питання індивідуальної підготовки військовослужбовців (за досвідом антитерористичної операції на сході України) / С.В. Годзь // Збірник наукових праць ЦНДІ ЗС України. – 2016. – № 2(76). – С. 144-156.
2. Математичні основи теорії утримання військ за ступенем їх готовності: моногр. / І.С. Романченко, В.О. Шуєнкін, Г.А. Саковський, С.В. Годзь. – Київ: ЦНДІ ЗС України, 2019. – 220 с.
3. Можаровський В.М. Аналіз існуючих методик оцінювання ефективності планування бойової підготовки та рівня навченості військових формувань сил оборони держави / В.М. Можаровський, С.В. Годзь // Збірник наукових праць ЦНДІ ЗС України. – 2019. – № 2 (88). – С. 77-90.
4. Аналіз існуючого методичного апарату щодо визначення бойових можливостей, боєздатності оперативного угруповання військ та доцільного співвідношення військових формувань його родів військ в операції / О.С. Сирський, Р.Б. Хомчак, О.П. Кравець, С.В. Годзь // Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. – Київ. – 2020. – № 1(91).
5. Сирський О.С. Методичні підходи до визначення рівня боєздатності та бойових можливостей оперативного угруповання військ в операції / О.С. Сирський, О.П. Кравець, С.В. Годзь // Актуальні проблеми будівництва Збройних Сил, їх застосування та всебічного забезпечення: зб. матер. семін. (Київ, 16 трав. 2019 р.). – Київ: ЦНДІ ЗС України, 2019. – Вип. 1(26). – С. 203-221.
6. Можаровський В.М. Ключові аспекти методологічних основ розроблення комплексних програм бойової підготовки військових формувань сил оборони держави / В.М. Можаровський, С.В. Годзь // Збірник наукових праць ХНУПС. – 2019. – Вип. 4(62). – С. 7-17. <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.62.01>.
7. Можаровський В.М. Методологічні основи розроблення комплексних програм бойової підготовки військових формувань сил оборони держави / В.М. Можаровський, С.В. Годзь // Збірник наукових праць ЦНДІ ЗС України. – 2019. – № 4 (90). – С. 68-81.
8. Шуєнкін В.О. Функціональна залежність рівня навченості спеціалістів різних категорій частини (з'єднання) від кількості виділених на їх підготовку навчальних годин / В.О. Шуєнкін, С.В. Годзь, М.Я. Максименко // Збірник наукових праць ЦНДІ ЗС України. – 2018. – № 4(86). – С. 77-90.
9. Годзь С.В. Обґрунтування функціональної залежності рівня навченості спеціалістів різних категорій від кількості виділених на їх підготовку навчальних годин / С.В. Годзь // Актуальні проблеми застосування ЗС України, управління ними, їх оперативного та матеріально-технічного забезпечення: зб. матер. наук.-практ. конф. (Київ, 28–29 листоп. 2018 р.). – Київ: ЦНДІ ЗС України, 2018. – С. 11-12.
10. Годзь С.В. Математична модель планування періодичності проведення навчальних зборів із військово-зобов'язаними з урахуванням лінійної залежності швидкості втрачання ними раніше набутих знань, умінь та навичок / С.В. Годзь, Г.А. Саковський // Збірник матеріалів семінарів (Київ, 31 жовт. 2019 р.). – Київ: ЦНДІ ЗС України, 2019. – Вип. 2(27). – С. 128-142.
11. Можаровський В.М. Математична модель планування періодичності проведення навчальних зборів із військово-зобов'язаними з урахуванням нелінійної залежності швидкості втрачання ними раніше набутої інформації / В.М. Можаровський, С.В. Годзь // Збірник наукових праць ЦНДІ ЗС України. – Київ, 2020. – № 1(91).
12. Годзь С. В. Обґрунтування періодичності проведення навчальних зборів із військово-зобов'язаними з урахуванням лінійної та нелінійної залежності швидкості втрачання ними раніше набутих знань, умінь і навичок / С.В. Годзь // Труды університету: зб. наук. пр. НУО України ім. І. Черняховського. – Київ, 2020. – № 1(57). – С. 125-142.

References

1. Godz, S.V. (2016), "Problemni pytannja indyvidualnoji pidghotovky vijsjkovosluzhbovciv (za dosvidom antyterrorystychnoji operaciji na skhodi Ukrajinu)" [Problems of individual training of the servicemen (on the experience of anti-terrorist operation in the east of Ukraine)], *Collection of scientific works of Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine*, No. 2(76). pp. 144-156.
2. Romanchenko, I.S., Shuenkin, V.O., Sakovskyi, G.A. and Godz, S.V. (2019), "Matematychni osnovy teorii utrymannja vijsjk za stupenem jikh ghotovnosti: monoghr." [Mathematical foundations of the theory of the maintenance of troops by their degree of readiness: monograph], Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, 220 p.
3. Mozharovskiy, V.M. and Godz, S.V. (2019), "Analiz isnujuchykh metodyk ocinjuvannja efektyvnosti planuvannja bojovoji pidghotovky ta rivnja navchenosti vijsjkovykh formuvanj syl oborony derzhavy" [Analysis of existing methods of assessing the effectiveness of planning of combat training and the level of training of military formations of the defense forces of the state], *Collection of scientific works of Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine*, No. 2(88), pp. 77-90.

4. Sirskyi, O.S., Khomchak, R.B., Kravets, O.P. and Godz, S.V. (2020), "Analiz isnujuchogho metodychnogho aparatu shhodo vyznachennja bojovykh mozhlyvostej, bojezdachnosti operatyvnogho ughrupovannja vijsjk ta dociljnogho spivvidnoshennja vijsjkovykh formuvanj jogho rodov vijsjk v operaciji" [Analysis of the existing methodological apparatus for determining the combat capabilities, combat ability of the operative grouping of troops and the expedient ratio of the military formations of its troops in the operation], *Collection of scientific works*, No. 1 (91), Kyiv.
5. Syrskyi, O.S., Kravets, O.P. and Godz, S.V. (2019), "Metodychni pidkhody do vyznachennja rivnja bojezdachnosti ta bojovykh mozhlyvostej operatyvnogho ughrupovannja vijsjk v operaciji" [Methodical approaches to determining the level of combat capability of the operational grouping of troops in the operation], *Actual problems of the Armed Forces, their application and comprehensive support*, No. 1(26), Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, pp. 203-221.
6. Mozharovskiy, V.M. and Godz, S.V. (2019), "Kljuchovi aspekty metodologichnykh osnov rozroblennja kompleksnykh proghram bojovoi pidghotovky vijsjkovykh formuvanj syl oborony derzhavy" [Key aspects of methodological bases of development of complex programs of combat training of military formations of state defense forces], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 4(62), pp. 7-17. <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.62.01>.
7. Mozharovskiy, V.M. and Godz, S.V. (2019), "Metodologichni osnovy rozroblennja kompleksnykh proghram bojovoi pidghotovky vijsjkovykh formuvanj syl oborony derzhavy" [Methodological bases of development of complex programs of combat training of military formations of the state defense forces], *Collection of Scientific Works of Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine*, No. 4(90), pp. 68-81.
8. Shuenkin, V.A., Godz, S.V. and Maksimenko, M.Ia. (2018), "Funkcionalna zalezhnistj rivnja navchenosti specialistiv riznykh kategorij chastyny (z'jednannja) vid kiljosti vydilenykh na jikh pidghotovku navchalnykh ghodyn" [Functional dependence of the level of training of specialists of different categories of a unit (connection) on the number of training hours allocated for their preparation], *Collection of Scientific Works of Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine*, No. 4(86), pp. 77-90.
9. Godz, S.V. (2018), "Obgruntuvannja funkcionalnoji zalezhnosti rivnja navchenosti specialistiv riznykh kategorij vid kiljosti vydilenykh na jikh pidghotovku navchalnykh ghodyn" [Substantiation of functional dependence of the level of training of specialists of different categories on the number of allocated hours for their training], *Actual problems of application of the Armed Forces of Ukraine, their management, their operational and logistical support: Coll. mater. of scientific-practical conf.* Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, pp. 11-12.
10. Godz, S.V. and Sakovskiy, G.A. (2019), "Matematychna modelj planuvannja periodychnosti provedennja navchalnykh zboriv iz vijsjkovozobov'jazanykh z urakhuvannjam linijnoji zalezhnosti shvydkosti vtrachannja nymy ranishe nabutykh znanj, uminj ta navychok" [Mathematical model of planning the periodicity of training meetings with military personnel, taking into account the linear dependence of the rate of loss of previously acquired knowledge, skills and abilities], *Collection of materials of the seminar*, No. 2(27), Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, pp. 128-142.
11. Mozharovskiy, V.M. and Godz, S.V. (2020), "Matematychna modelj planuvannja periodychnosti provedennja navchalnykh zboriv iz vijsjkovozobov'jazanykh z urakhuvannjam nelinijnoji zalezhnosti shvydkosti vtrachannja nymy ranishe nabutoji informaciji" [The Mathematical Model for Planning the Periodicity of Training Meetings with the Servicemen, Taking into account the Nonlinear Dependence of the Rate of Loss of Previously Acquired Information], *Collection of Scientific Works of Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine*, No. 1(91), Kyiv.
12. Godz, S.V. (2020), "Obgruntuvannja periodychnosti provedennja navchalnykh zboriv iz vijsjkovozobov'jazanykh z urakhuvannjam linijnoji ta nelinijnoji zalezhnosti shvydkosti vtrachannja nymy ranishe nabutykh znanj, uminj i navychok" [Substantiation of the Periodicity of Training Meetings with the Servicemen, Taking into account the Linear and Nonlinear Dependence of the Speed of the Loss of Previously Acquired Knowledge and Skills], *Works of the University: Coll. of Scientific works of NDU named after Ivan Cherniakhovskiy*, No. 1(57), pp. 125-142.

Надійшла до редколегії 08.04.2020

Схвалена до друку 12.05.2020

Відомості про авторів:

Годзь Сергій Віталійович

кандидат військових наук старший дослідник
старший науковий співробітник Центрального
науково-дослідного інституту Збройних Сил України,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7860-2330>

Можаровський Володимир Миколайович

доктор військових наук старший дослідник
провідний науковий співробітник Центрального
науково-дослідного інституту Збройних Сил України,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3542-5407>

Information about the authors:

Sergii Godz

Candidate of Military Sciences Senior Research
of the Central Armed Forces
Research Institute of Ukraine,
Kyiv, Ukraine.
<https://orcid.org/0000-0002-7860-2330>

Volodymyr Mozharovskiy

Doctor of Military Sciences Senior Research
Lead Research of the Central
Research Institute of the Armed Forces of Ukraine,
Kyiv, Ukraine.
<https://orcid.org/0000-0003-3542-5407>

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕГО ОБЪЕМА УЧЕБНЫХ ЧАСОВ
КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ БОЕВОЙ ПОДГОТОВКИ ВОИНСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ
ТИПА СОЕДИНЕНИЯ (ЧАСТЬ) ЛЮБОЙ СТЕПЕНИ ГОТОВНОСТИ**

С. В. Годзь, В. Н. Можаровский

По мнению авторов статьи, одним из возможных путей повышения эффективности планирования боевой подготовки (БП) и достижения требуемого уровня обученности воинских формирований является разработка и внедрение в практику их БП принципиально нового нормативного документа – Комплексной программы боевой подготовки соединения (части) (КПБП). В отличие от существующих программ БП, КПБП должна обеспечить возможность определения оптимального количества учебных часов и их рациональное (оптимальное) распределение между специалистами (подразделениями) и периодами подготовки для достижения заданного уровня обученности соединения (части) Вооруженных Сил Украины в целом, а также его готовности к взаимодействию с другими воинскими формированиями сил обороны во время совместного выполнения боевых задач.

Установлено, что в существующих методиках оценивания БП воинских формирований, в том числе ее планирования, используются совсем разные методы (пути, способы) исследования процесса распределения уровня их обученности во времени. Как утверждают авторы, сегодня отсутствует общая методология комплексного решения подобных задач. Учитывая это, в статье изложены сущность и основное содержание Математической модели определения общего объема учебных часов КПБП воинского формирования типа соединения (часть) любой степени готовности. Эта модель является основой Метода определения оптимального количества учебных часов БП специалистов (подразделений) воинского формирования типа соединения (часть) для достижения заданного уровня их обученности за критерием минимальных финансовых затрат (линейный вариант оптимизации). Статья является логическим продолжением предыдущих публикаций данного направления исследования.

Ключевые слова: силы обороны, боевая подготовка, организация (планирование) боевой подготовки, комплексная программа боевой подготовки, математическая модель, методы исследования.

**MATHEMATICAL MODEL FOR DETERMINING THE TOTAL VOLUME OF TEACHING HOURS
OF THE COMPLETE COMBAT TRAINING PROGRAM FOR MILITARY FORMATION
OF TACTIC FORMATION (UNIT) TYPE OF ANY DEGREE OF READINESS**

S. Hodz, V. Mozharovskyi

According to the authors of the article, one of the possible ways to improve the effectiveness of planning combat training (PCT) and achieve the required level of training of military formations is to develop and put into practice their CT fundamentally new regulatory document - Comprehensive Combat Training Program (CCTP). Unlike existing CT programs, the CCTP should ensure that the optimal number of training hours and their rational (optimal) distribution between specialists (subunits) and training periods to achieve the required level of training of the formation (unit) of the Armed Forces of Ukraine as a whole and interaction with other military formations of defense forces in the joint execution of combat missions.

It is established that in the existing methods of assessing the effectiveness of planning of the CP and the level of preparation of military formations are used completely different methods (ways, approaches) of the study of the process of distribution of their level in time. According to the authors, at present there is no general methodology for complex solution of such problems. Given that, the article outlines the essence and main content of the Mathematical Model of determining the total amount of military training units of CCTP of the military formation of tactical formation (unit) type of any degree of readiness. This model is the basis of the method of determining the optimal number of training hours of CP specialists (units) of military formation (unit) to achieve a given level of their training on the criterion of minimum total financial costs (linear optimization option). The article is a logical continuation of previous publications in this area of research.

Keywords: defense forces, combat training, organization (planning) of combat training, comprehensive combat training program, mathematical model, research methods.