

УДК 355.233

С.С. Ткачук<sup>1</sup>, І.В. Рубан<sup>2</sup>, М.М. Колмиков<sup>2</sup>, Є.О. Судніков<sup>3</sup><sup>1</sup> Командування Повітряних Сил Збройних Сил України, Вінниця<sup>2</sup> Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків<sup>3</sup> Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ НАБУТТЯ ТА ВТРАТИ РІВНЯ ПІДГОТОВКИ ОРГАНІВ ВІЙСЬКОВОГО УПРАВЛІННЯ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Оцінювання органу управління військ (сил) ЗС України не можливо здійснити без процедури формування оцінки ступеня відповідності елементів перевірки нормативним вимогам з метою прийняття рішення про бойові здібності підлеглих органів управління. Одержання високих результатів бойової виучки можливе тільки в тому випадку, якщо особовий склад органів управління володіє знаннями, уміннями, навичками і відповідним настроєм, необхідними для того, щоб їх зусилля були ефективні і результативні. Тому для дослідження стану бойової виучки доцільно використовувати імітаційне моделювання на основі аналітичних виразів, які враховують найбільшу кількість чинників впливу на результат підготовки особового складу органів управління. Представлена у роботі математична модель набуття та втрати рівня підготовки дозволить значно підвищити рівень бойової виучки органів управління.

**Ключові слова:** бойова виучка, органи управління, математична модель, рівень підготовки.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Процес підготовки є складним та довготривалим процесом [1], тому для його дослідження доцільно використовувати імітаційне моделювання на основі аналітичних виразів, які враховують найбільшу кількість чинників впливу на результат підготовки об'єктів навчання.

Одержати високі результати бойової виучки можна тільки в тому випадку, якщо особовий склад органів управління володіють знаннями, уміннями і відповідним настроєм, необхідним для того, щоб їх зусилля були ефективними і результативними.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Порядок здійснення контролю рівня бойової виучки органів управління визначається вимогами керівних документів [1-5], що встановлюють:

– єдиний підхід до оцінювання бойової виучки органів управління під час оперативної підготовки, проведення інспекційних заходів та перевірок;

– систему показників і критеріїв оцінювання бойової виучки органів управління;

– методики оцінювання бойової виучки органів управління.

Суб'єктом контролю бойової виучки органів управління може бути група посадових осіб, які не входять до складу органів управління, що перевіряються, – об'єктів контролю.

Оцінювання органу управління – процедура формування оцінки ступеня відповідності елементів перевірки нормативним вимогам з метою прийняття рішення про бойові здібності підлеглих органів управління виконувати необхідні функції, завдання (для посадових осіб – свої обов'язки).

Оцінка органу управління – це результат процесу оцінювання, умовно-формалізований, кількісний вираз узагальненої оцінки досягнень органів управління в цифрах, що враховують отримані бали за окремими складовими знань, умінь і навичок [7 – 10].

**Формулювання мети статті.** Розробити математичну модель набуття та втрати рівня підготовки, яка б дозволила підвищити рівень бойової виучки органів управління.

### Виклад основного матеріалу досліджень

В процесі планування підготовки може бути корисна схема, приведена на рис. 1.

Підготовка особового складу органів управління це процес, що включає в себе: планування, управління функціонуванням, управління розвитком, контроль та координацію [1 – 6].

Загальна схема системи підготовки наведена на рис. 2.

Наведена схема являється такою, що постійно розвивається.

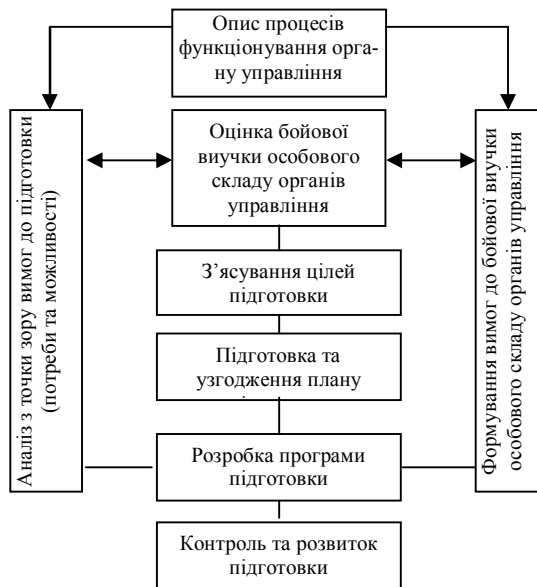


Рис. 1. Етапи планування підготовки

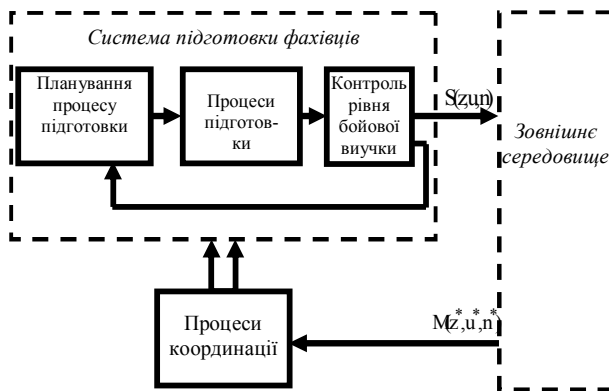


Рис. 2. Загальна схема системи підготовки органу управління

Результуючою величиною, що характеризує систему підготовки в цілому є комплексна функція  $S(z,u,n)$ , параметрами якої являються змінні  $(z, u$  та  $n)$ , що відображають рівень знань, умінь і навичок особового складу органів управління [7].

Розвиток системи підготовки особового складу органів управління здійснюється завдяки процесам координації із зовнішнім середовищем, вплив якого на систему підготовки здійснюється завдяки формуванню вимог до бойової виучки органів управління  $(M(z',u',n'))$ .

Проведений аналіз показав, що бойової виучки органів управління залежить від рівня кваліфікації, тобто рівня знань, умінь та навичок особового складу органів управління. Тому однією з важливих задач є побудова моделі формування відповідного стабільного рівня знань, умінь та навичок, яка є науковою основою створення ефективної системи підготовки.

Система підготовки (рис. 3) відокремлюється з навколишнього світу для реалізації своєї цільової

функції – формування у тих, хто навчається, деякого апріорно визначеного рівня знань в конкретній предметній області.

Системний аналіз процесів формування знань, умінь та навичок у тих, хто навчається, дозволяє виділити наступні структурні елементи системи підготовки: об'єкт підготовки, суб'єкт підготовки та середовище підготовки, яке у свою чергу визначається процесами засвоєння знань, формування умінь та набуття навичок об'єктами підготовки [8,9].

Об'єкт підготовки – це група осіб (може й одна особа), формування у яких деякого апріорно визначеного рівня знань вважається ціллю функціонування системи підготовки.

Суб'єкт підготовки – особи, що приймають участь в навчальному процесі в якості джерел знань та (або) координаторів самостійної пізнавальної діяльності тих, хто навчається, а також адміністративний, технічний персонал, що забезпечує реалізацію цілей навчання.

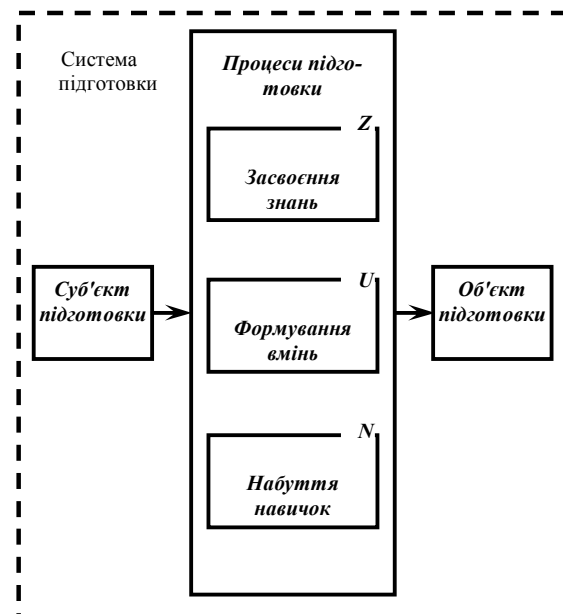


Рис. 3. Загальна схема підготовки

Навчання визначимо як процес управління зовнішньою і внутрішньою активністю об'єкту навчання, в результаті якого у останнього формуються певні знання, уміння та навички [9].

Аналіз дозволяє виділити наступні три категорії результатів процесу навчання і відповідних ним фактів:

1) теоретичні знання – упорядкована сукупність відомостей, зазвичай фактичного або процедурного характеру, використання яких дозволяє адекватне виконання задач. Володіння знаннями не говорить про те, що вони будуть використані. До них відносяться знання, що отримані на теоретичних (лекційних та групових) заняттях, вони утворюють систему знань про призначення, характеристиках,

принципах функціонування предмету навчання, методології їх застосування та інше;

2) практичні уміння – здібності, необхідні для виконання деякої функції при виконанні обов'язків. До них відносяться сформовані при практичній підготовці уміння виконувати задачі (наприклад, уміння програмувати, уміння застосовувати спеціальні програмні продукти, відпрацьовувати задачі управління виробництвом, планування ресурсів та інше). Дуже часто для проявлення умінь необхідно використання яких-небудь основних знань;

3) практичні навички – це здатність легко і точно виконувати дії, необхідні для якісного виконання робіт. Говорячи про навички, необхідно вказувати деякий нормативний рівень, досягнення якого необхідно для ефективного виконання роботи. До цієї категорії відносяться сформовані при практичному та самостійному навчанні навички виконання завдань (наприклад, навички роботи з клавіатурою, навички монтажу технічних засобів, навички програмування та інше).

Вочевидь, що "швидкості навчання" (отримання знань, формування умінь та набуття навичок) та "швидкості забування" (зменшення знань, втрата умінь та навичок), відповідні приведеним вище категоріям, взагалі, різні. Можна припустити, що факти першої категорії довше завоюються та швидше забуваються в силу свого теоретичного характеру. Факти другої категорії, вочевидь, забуваються повільніше ніж першої, оскільки той, хто навчається, часто стикається з ними, "повторюючи" їх у подальшому навчанні. Швидкість забування фактів третьої категорії, внаслідок створення у тих, хто навчається, деяких чуттєво-наочних образів, мабуть, найменша. Забування залежить від об'єму матеріалу. Процент збереження вивченого матеріалу після певного відрізка часу знаходиться в обернено пропорційному відношенні до об'єму цього матеріалу.

Запропонована математична модель набуття та втрати рівня підготовки розвиває модель навчання Майєра [6] в напрямку декомпозиції рівня підготовки на складові, що визначені категоріями фактів (знання, вміння та навички) і визначає основні складові процесу підготовки, що дозволяє підвищити рівень бойової виучки органів управління.

В основі моделі лежать наступні принципи [7–10]:

1. Результат процесу підготовки особового складу – рівень професійної кваліфікації (компетенції), тобто рівень знань, умінь та навичок, виражається у вигляді вектора  $(z, u, n)$ .

2. Інформація, що надається тим, хто навчається  $I$ , кількість знань  $Z$ , кількість умінь  $U$  та кількість навичок  $N$  можуть бути зображені у вигляді рівноправних слабо взаємодіючих відповідних елементів  $z$ ,

та  $n$  число яких пропорційно кількості  $I, Z, U, N$ . Такими елементами являються факти відповідних категорій, наведених вище.

3. Процес навчання є суперпозиція елементів підготовки, тобто засвоєння знань (формування умінь, набуття навичок) та забування. Швидкість зміни кількості знань того, хто навчається, дорівнює різниці швидкості засвоєння знань  $\partial Z_+ / \partial t$  та швидкості забування  $\partial Z_- / \partial t$ :

$$\frac{\partial Z}{\partial t} = \frac{\partial Z_+}{\partial t} + \frac{\partial Z_-}{\partial t} \quad (1)$$

Аналогічним чином для умінь та навичок:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{\partial U_+}{\partial t} + \frac{\partial U_-}{\partial t}, \quad \frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\partial N_+}{\partial t} + \frac{\partial N_-}{\partial t} \quad (2)$$

3. Елементарне навчання, тобто засвоєння одного елемента навчального матеріалу  $\partial I$ , відбувається за нескінченно малий у порівнянні із тривалістю всього навчання інтервал часу. В процесі навчання той, хто навчається отримує інформацію:

$$\begin{aligned} \partial Z_+ &= \partial I_Z, & \partial Z_+ / \partial t &= \partial I_Z / \partial t; \\ \partial U_+ &= \partial I_U, & \partial U_+ / \partial t &= \partial I_U / \partial t; \\ \partial N_+ &= \partial I_N, & \partial N_+ / \partial t &= \partial I_N / \partial t. \end{aligned} \quad (3)$$

4. Швидкість забування пропорційна кількості знань, умінь та навичок того, хто навчається:

$$\frac{\partial Z_-}{\partial t} = \gamma_Z Z, \quad \frac{\partial U_-}{\partial t} = \gamma_U U, \quad \frac{\partial N_-}{\partial t} = \gamma_N N \quad (4)$$

Розіб'ємо процес підготовки особового складу на інтервали тривалістю  $\tau$  та будемо вважати, що всередині кожного такого інтервалу матеріал розподілений рівномірно, тобто швидкість надходження інформації до особового складу залишається постійною:

$$\begin{aligned} v_Z &= \partial I_Z / \partial t = \text{const}, & v_U &= \partial I_U / \partial t = \text{const}, \\ v_N &= \partial I_N / \partial t = \text{const}. \end{aligned}$$

Із (1)–(4) виходить:

$$\frac{\partial Z}{\partial t} = v_Z - \gamma_Z Z, \quad \frac{\partial U}{\partial t} = v_U - \gamma_U U, \quad \frac{\partial N}{\partial t} = v_N - \gamma_N N \quad (5)$$

Вважаючи, що в момент початку відліку часу  $t_0$  кількість знань того, хто навчається,  $Z(t_0) = Z_0$  отримаємо інтеграл:

$$\int_{Z_0}^Z \frac{\partial Z}{Z - v_Z / \gamma_Z} = -\gamma_Z \int_{t_0}^t \partial t \quad (6)$$

Звідки виходить, що кількість знань того, хто навчається, в момент часу  $t = t_0 + \tau$  дорівнює:

$$\begin{aligned} Z(t) &= \frac{v_Z}{\gamma_Z} \left( 1 - e^{-\gamma_Z(t-t_0)} \right) + Z_0 e^{-\gamma_Z(t-t_0)} = \\ &= \frac{v_Z}{\gamma_Z} \left( 1 - e^{-\gamma_Z \tau} \right) + Z_0 e^{-\gamma_Z \tau}. \end{aligned} \quad (7)$$

Виконуючи підстановку для  $Z_0 = 0$  отримаємо, що кількість засвоєних знань дорівнює:

$$(1 - e^{-\gamma_Z \tau}) \nu_Z / \gamma_Z.$$

Якщо швидкість надходження інформації  $\nu = 0$  (наприклад, після закінчення навчання), то кількість невтрачених знань за час  $\tau$  дорівнює:

$$Z_0 e^{-\gamma_Z \tau}.$$

Аналогічним чином для рівня умінь та навичок:

$$\int_{U_0}^U \frac{\partial U}{U - \nu_U / \gamma_U} = -\gamma_U \int_{t_0}^t \partial t, \quad (8)$$

$$\int_{N_0}^N \frac{\partial N}{N - \nu_N / \gamma_N} = -\gamma_N \int_{t_0}^t \partial t.$$

А рівень умінь та навичок того, хто навчається, в момент часу  $t = t_0 + \tau$  дорівнюють:

$$U(t) = \frac{\nu_U}{\gamma_U} \left(1 - e^{-\gamma_U(t-t_0)}\right) + U_0 e^{-\gamma_U(t-t_0)} = \frac{\nu_U}{\gamma_U} \left(1 - e^{-\gamma_U \tau}\right) + Z_0 e^{-\gamma_U \tau}, \quad (9)$$

$$N(t) = \frac{\nu_N}{\gamma_N} \left(1 - e^{-\gamma_N(t-t_0)}\right) + N_0 e^{-\gamma_N(t-t_0)} = \frac{\nu_N}{\gamma_N} \left(1 - e^{-\gamma_N \tau}\right) + Z_0 e^{-\gamma_N \tau}. \quad (10)$$

Процес підготовки особового складу являється подрібненим на інтервали. Оскільки кількість знань в кінці  $j$ -го інтервалу навчання дорівнює сумі знань, засвоєних на попередніх інтервалах ( $y_1, 2, \dots, i, \dots, j$ -ому семестрах), та частково забутих впродовж ( $j-1$ ), ( $j-2$ ),  $\dots$ , ( $j-i$ ),  $\dots$ , 0 років відповідно, то маємо:

$$Z_j = \sum_{i=1}^j \Delta Z_i e^{-\gamma_Z(j-i)} = \sum_{i=1}^j \frac{\nu_{Zi}}{\gamma_Z} \left(1 - e^{-\gamma_Z \tau}\right) e^{-\gamma_Z(j-i)}, \quad (11)$$

де  $\Delta Z_i = (\nu_{Zi} / \gamma_Z) \left(1 - e^{-\gamma_Z \tau}\right)$  – знання, засвоєнні на  $i$ -ому інтервалі підготовки.

Аналогічним чином для рівня умінь та навичок

$$U_j = \sum_{i=1}^j \Delta U_i e^{-\gamma_U(j-i)} = \sum_{i=1}^j \frac{\nu_{Ui}}{\gamma_U} \left(1 - e^{-\gamma_U \tau}\right) e^{-\gamma_U(j-i)}, \quad (12)$$

$$N_j = \sum_{i=1}^j \Delta N_i e^{-\gamma_N(j-i)} = \sum_{i=1}^j \frac{\nu_{Ni}}{\gamma_N} \left(1 - e^{-\gamma_N \tau}\right) e^{-\gamma_N(j-i)}, \quad (13)$$

де  $\Delta U_i = (\nu_{Ui} / \gamma_U) \left(1 - e^{-\gamma_U \tau}\right)$  – уміння, сформовані на  $i$ -му інтервалі підготовки;

$\Delta N_i = (\nu_{Ni} / \gamma_N) \left(1 - e^{-\gamma_N \tau}\right)$  – навички, набуті на  $i$ -ому інтервалі підготовки.

Використання даної моделі для дослідження процесу формування знань дозволяє враховувати залежність рівня бойової виучки фахівця зі складу органа управління від категорії фактів (знань, умінь,

навичок). Використання коефіцієнтів забування фактів першої, другої та третьої категорій  $\gamma_Z, \gamma_U, \gamma_N$ , а також швидкості їх надходження  $\nu_{Zi}, \nu_{Ui}, \nu_{Ni}$ , де  $i$  – номер інтервалу навчання, дозволить ставити задачі раціонального планування підготовки.

Розрізняють два аспекти процесу засвоєння знань, формування умінь та набуття навичок. Перший аспект – результативний – при навчанні система повинна досягнути необхідного результату – якості виконання завдань із задовільними затратами ресурсів. Другий аспект – процесуальний: адаптація системи до деякого виду дій в процесі навчання чи тренування. Відповідно, виділяють результативні характеристики навчання та характеристики адаптації.

Численні експериментальні дані свідчать, що важливішою загальною закономірністю ітеративного навчання являється уповільнено-асимптотичний характер кривих навчання: вони монотонні, швидкість зміни критерію рівня навченості з часом збільшується, а сама крива асимптотично наближається до деякої межі. В більшості випадків криві навчання апроксимуються експоненціальними кривими.

Важливу роль в процесах підготовки особового складу грають процеси збереження інформації. Вони являються важливішими психічними процесами, що реалізують засвоєння знань, формування умінь та набуття навичок. Важливим елементом пам'яті являється процес забування. Забування – це процес, що характеризується поступовим зменшенням можливості згадування та відтворення інформації чи дій. Збереження в пам'яті і забування при усій їх протилежності – процеси в рівній мірі важливі для нормального функціонування системи підготовки.

Розглянемо графік залежності  $Z(t)$  – кількості знань того, хто навчається, в часі  $t$  (рис. 3.4). Введемо наступні обмеження: швидкість набуття знань постійна ( $\nu_Z = 0.6$ ); швидкість втрати знань також постійна  $\gamma_Z = 0.5$ . Зафіксуємо значення:  $Z_0 = 0.2$ , тобто об'єкт підготовки вже володіє певними знаннями.

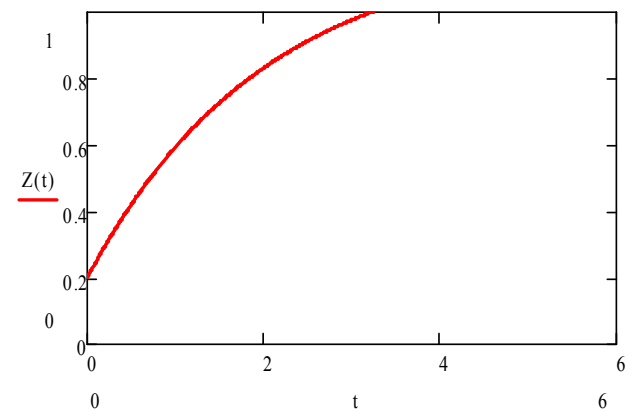


Рис. 4. Графік набуття знань при проведенні заходу підготовки

За дві години навчання (рис. 4) кількість знань становитиме  $\approx 0.8$ . Якщо процес навчання закінчується ( $v_Z = 0$ ) починається поступова втрата знань, що показано на рис. 5.

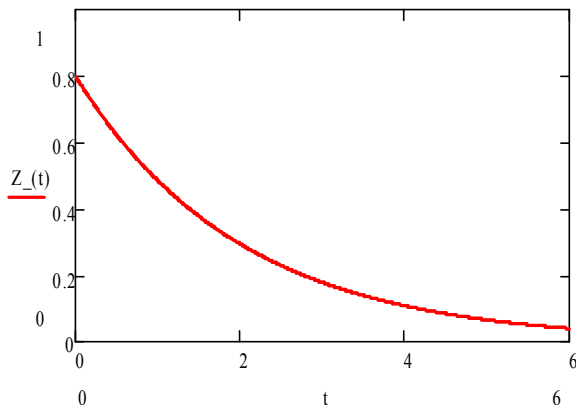


Рис. 5. Графік втрати знань після заходу підготовки

### Висновки

Таким чином, врахування динаміки рівня знань, умінь та навичок особового складу органів управління дає змогу вирішувати задачу оцінювання бойової виучки органів військового управління ЗС України на основі побудови функцій набуття та втрати знань, умінь та навичок.

### Список літератури

1. Методичні рекомендації з планування підготовки у Збройних Силах України (затверджено начальником Головного Штабу – Головнокомандувачем Збройних Сил України).

2. Наказ Міністра оборони України від 28.01.2010 року № 39 «Про вдосконалення підготовки ЗС України» (Концепція підготовки ЗС України). – К.: МОУ, 2010. – 24 с.

3. Методика організації контролю за проведенням заходів бойової і командирської підготовки у Повітряних Силах Збройних Сил України. Затверджена наказом Командувача Повітряних Сил Збройних Сил України № 245 від 03.07.07. – В.: МОУ, 2007. – 11 с.

4. Наказ Міністра оборони України від 16.02.2011 року № 90 «Про затвердження Тимчасової настанови з бойової підготовки у Збройних Силах України». – К.: МОУ, 2011. – 111 с.

5. Наказ Командувача Повітряних Сил Збройних Сил України від 14.04.2006 року № 110 «Про вдосконалення командирської підготовки у Повітряних Силах Збройних Сил України». – В.: МОУ, 2006. – 18 с.

6. Миллер Д., Галантер Е., Прибрам К. Планы и структура поведения. М.: Прогресс, 1964. – 236 с.

7. Романенко І.О. Модель прогнозування рівня засвоєння інформації об'єктом підготовки в ході процесу навчання / І.О. Романенко, І.В. Рубан, С.В. Осієвський // Збірник наукових праць ЦНДІ ЗСУ. – 2009. – Вип. 3(49). – С. 31–38. – Інв. 42473.

8. Нурминский И.И. Статистические закономерности формирования знаний и умений учащихся / И.И. Нурминский, Н.К. Гладышева. – М.: Педагогика, 1991. – 224 с.

9. Новиков Д.А. Закономерности итеративного обучения / Д.А. Новиков. – М.: Институт проблем управления РАН, 1998. – 77 с.

10. Аткинсон Р. Человеческая память и процесс обучения / Р. Аткинсон; пер. с англ. – М.: Прогресс, 1980. – 274 с.

Надійшла до редколегії 25.07.2013

**Рецензент:** д-р фіз.-мат. наук, проф. С.В. Смеляков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИОБРЕТЕНИЯ И ПОТЕРИ УРОВНЯ ПОДГОТОВКИ ОРГАНОВ ВОЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ УКРАИНЫ

С.С. Ткачук, И.В. Рубан, М.Н. Колмиков, Е.А. Судников

Оценивание органа управления войск (сил) ВС Украины не возможно осуществить без процедуры формирования оценки степени соответствия элементов проверки нормативным требованиям с целью принятия решения о боевых способностях подчиненных органов управления. Получение высоких результатов боевой выучки возможно только в том случае, если личный состав органов управления владеет знаниями, умениями, навыками и соответствующим настроением, необходимыми для того, чтобы их усилия были эффективны и результативны. Поэтому для исследования уровня боевой выучки целесообразно использовать имитационное моделирование на основе аналитических выражений, которые учитывают наибольшее количество факторов влияния на результат подготовки личного состава органов управления. Представленная в работе математическая модель приобретения и потери уровня подготовки позволит значительно повысить уровень боевой выучки органов управления.

**Ключевые слова:** боевая выучка, органы управления, математическая модель, уровень подготовки.

### ACQUISITION AND LOSS OF PREPARATION LEVEL OF MILITARY MANAGEMENT OF UKRAINE MILITARY POWERS ORGANS MATHEMATICAL MODEL

S.S. Tkachuk, I.V. Ruban, M.M. Kolmikov, Ye.O. Sudnikov

It is not possible to carry out the evaluation of management organ of troops (forces) of MF of Ukraine without procedure of forming of estimation of degree of accordance of elements of verification normative requirements with the purpose of decision-making about battle capabilities inferior organs of management. The receipt of high results of the battle training is possible only in case that the personnel of management organs owns knowledges, abilities, skills and proper mood, necessary in order that their efforts were effective and effective. Therefore for research of the state of the battle training it is expedient to use an imitation design on the basis of analytical expressions which take into account most of factors of influence on the result of preparation of personnel of management organs. The mathematical model of acquisition and loss of level of preparation is presented in-process will allow considerably to promote the level of the battle training of management organs.

**Keywords:** battle training, management organs, mathematical model, level of preparation.