

ПІДГОТОВКА ВІЙСЬКОВИХ ФАХІВЦІВ

УДК 004.94

М.В. Чорний

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

МЕТОДИКА ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМИ НАВЧАННЯ ВОДІННЮ БОЙОВИХ МАШИН НА ТРЕНАЖЕРАХ ІМІТАЦІЙНИМ МОДЕЛЮВАННЯМ

Розглянуто методичний підхід щодо формування програми навчання водінню бойових машин на тренажерах озброєння і військової техніки на основі побудови імітаційної моделі заняття, що дозволяє здійснити імітаційний прогін заняття за різними варіантами його проведення і матеріально-технічного забезпечення та визначити початкові умови щодо часових показників для реалізації навчальних завдань при відпрацюванні передбаченого програмою навчання переліку вправ.

Ключові слова: імітаційне моделювання, імітаційна модель, практичне заняття, тренажери.

Вступ

Постановка проблеми. Система навчання водінню бойових машин у навчальних закладах (центрах) передбачає до 48% стажу водіння виділяти на працевиконання на динамічних тренажерах [1]. У зв'язку з цим, програма навчання водінню на тренажерах повинна враховувати рівень забезпечення тренажерами, наявний навчальний час та можливість досягнення визначеного рівня навченості особового складу. В основному, це завдання вирішувалось за рахунок забезпечення практичних занять з водіння бойових машин необхідною кількістю тренажерних засобів для навчання заявленого ліцензійного обсягу особового складу. Але такий підхід не завжди може відповідати сучасним умовам, потребам та можливостям. В першу чергу, це пов'язано з вартістю закупівлі сучасних тренажерів та з можливістю утримувати їх у працездатному стані. Отже, методика формування програми навчання водінню бойових машин на даному етапі повинна враховувати наявність об'єктивних та суб'єктивних причин водночас із існуванням різного роду випадковостей в організації системи підготовки, зокрема, в забезпеченні та порядку використання виділеного ресурсу тренажерних засобів, у спроможності контингенту тих, хто навчається, досягнути необхідного рівня в оволодінні визначеними навичками за встановлений термін навчання тощо.

Зазначене завдання щодо формування і визначення оптимальних характеристик та показників програми навчання здійснюється зазвичай експериментальним шляхом, але в сучасних умовах доречно застосовувати методи математичного і фізичного моделювання з використанням сучасних інформаційних технологій. Одним із таких методів є імітаційне

моделювання процесу, що досліджується. У зв'язку з цим, виникає необхідність побудови імітаційної моделі (ІМ) практичного заняття з водіння бойових машин з використанням тренажерних засобів, яка базується на застосуванні певних математичних залежностей та методики проведення заняття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У контексті визначеної тематики сформована методика обґрунтування організації практичних занять з використанням техніки в роботі [2]. Розглянутий варіант методики та запропонована в ній ІМ заняття адаптовані для певного різновиду практичних занять, які мають чітку спрямованість на застосування техніки, як на заключний етап підготовки щодо набуття відповідних умінь та навичок на визначених стадіях навчання. Для практичних занять з використанням тренажерних засобів ІМ заняття повинна враховувати елементи навчання та тренування, але при цьому в ній можна знехтувати елементами впливу машин одну на одну під час руху по трасі, що відрізняє її від ІМ практичних занять на техніці і вимагає іншого підходу до моделювання.

Мета статті полягає у розробці методики формування програми навчання водінню бойових машин на тренажерах озброєння і військової техніки на основі ІМ занять.

Основний матеріал

Загалом, програма навчання водінню бойових машин з використанням тренажерів повинна забезпечувати вимоги, які можливо визначити дескриптивною системою:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{кількість тренажерних засобів} \rightarrow \text{inf} \\ \text{рівень практичної підготовки} \rightarrow \text{sup} \\ \text{ефект використання навчального часу} \rightarrow \text{sup} \end{array} \right.$$

У формалізованому вигляді, якщо за основу взяти вплив матеріально-технічного забезпечення занять (кількість тренажерів N_{TP}) на реалізацію програми навчання, одним із показників якої є величина стажу водіння, надану систему зазвичай представляють залежністю

$$N_{TP} = \frac{\sum_{i=1}^n (S_{Hi} \cdot N_{Ki} \cdot K_{Hi})}{\Phi_{HЧ} \cdot K_3}, \quad (1)$$

де S_{Hi} – нормативне навчальне напрацювання на тренажері за визначений рік (період) підготовки курсанта;

N_{Ki} – кількість курсантів відповідного року (періоду) навчання;

$\Phi_{HЧ}$ – фонд навчального часу курсанта за навчальний рік (період);

K_3 – емпіричний коефіцієнт завантаженості тренажерних засобів протягом навчального року (періоду);

K_{Hi} – емпіричний коефіцієнт здатності курсанта до оволодіння навичками.

Аналіз виразу (1) визначає основні фактори впливу на формування програми навчання, зокрема:

норма (ресурс) напрацювання на тренажері для формування відповідних навичок та розподіл її за етапами навчання;

рівень психофізіологічних характеристик контингенту курсантів;

рівень використання наявного фонду навчального часу.

Відомо, що нормативне напрацювання на тренажері визначене з урахуванням оволодіння практичними навичками середнього за здібностями курсанта. Тривалість виконання на тренажері того чи іншого навчального завдання курсантами корегується застосуванням коефіцієнта K_{Hi} , значення та розмірність якого залежать від етапу навчання та системи обліку напрацювання на тренажері (в годинах чи кілометрах).

Фонд навчального часу регламентується тривалістю типового навчального року (періоду) в прийнятій системі освіти (підготовки). Але зазначена величина практично не може бути сталою, і повнота її реалізації в процесі планування використання тренажерів потребує корегування в розрахунках за допомогою коефіцієнта K_3 . Це пов'язано з об'єктивними недоліками в плануванні навчального процесу щодо повного завантаження тренажерів у розрізі сумісності вимог програм всіх навчальних дисциплін, проведення практик, стажувань, виходів на полігон, втрати часу на обслуговування і ремонт тренажерних засобів тощо.

Вираз (1) у такому вигляді застосовується для визначення кількості тренажерних засобів для досягнення встановленого стажу водіння на

тренажерах в цілому за період навчання (підготовки). Але для вирішення поставленого в статті завдання він потребує певної трансформації, спрямованої на визначення тривалості заняття T_3 для досягнення курсантом нормативного напрацювання на тренажері за кожне заняття під час виконання визначеного переліку вправ з водіння

$$T_3 = \frac{\sum_{i=1}^n (S_{3i} \cdot K_{Hi}) \cdot N_K}{0.75 \cdot N_{TP} \cdot K_{TC}}, \quad (2)$$

де S_{3i} – нормативне навчальне напрацювання на тренажері за визначене заняття (вправу);

N_K – регламентована кількість курсантів у навчальному підрозділі;

K_{TC} – емпіричний коефіцієнт втрат часу через збої тренажерних засобів.

Визначення значень зазначених коефіцієнтів потребує проведення досить ґрунтовних експериментальних досліджень, що досить складно реалізувати на даному етапі. Найбільш адекватне рішення в такому випадку – це реалізація в ІМ заняття за допомогою імовірнісних розподілів випадкової величини впливу на процес використання тренажерних засобів зазначених вище факторів та багаторазовий прогін заняття для отримання певної статистичної стійкості зазначених величин.

Отже, основним етапом розробки методики формування програми навчання водінню бойових машин на тренажерах може бути технологія побудови ІМ практичного заняття, зокрема за визначеною послідовністю в роботі [2].

Практичне заняття з використанням тренажерних засобів можливо розглядати як систему обслуговування, де «заявками» виступають курсанти, а каналами (приладами) обслуговування – тренажери. Такі системи добре відомі в теорії систем масового обслуговування, і існує певний різновид моделей таких систем [5–9].

Для вибору базової моделі та розробки адаптованої до визначених умов моделі для імітаційного моделювання практичного заняття на тренажерах сформуємо відповідний змістовний опис заняття з врахуванням особливостей використання тренажерів, їх функціонування та методики проведення заняття [3, 4].

Практичне заняття з водіння бойових машин з використанням тренажерів організовується, як правило, на декількох навчальних місцях, тому керівник заняття ділить навчальну групу на декілька підгруп (навчальних відділень). Навчальне місце з виконання вправи водіння на тренажерах є основним, і час заняття на інших навчальних місцях корегується за часом виконання вправи всією підгрупою (навчальним відділенням) на основному навчальному місці. Отже, моделювання виконання

завдань на основному навчальному місці може замінити моделювання всього заняття в цілому в частині вищезазначених завдань дослідження. Навчальна підгрупа (відділення), в свою чергу, поділяється на зміни кількості курсантів відповідно до кількості тренажерів, виділених для заняття. На початку заняття за командою керівника перша зміна убуває до тренажерів та займає місце в них згідно з розподілом. Інструктором включається виконання програми на тренажері, яка передбачає певні часові показники на підготовку до пуску двигуна та початку руху. Початок обліку операцій надається відповідними командами у звіті (протоколі) виконання вправи, які інструктор дублює по засобах зв'язку курсанту. Курсанти здійснюють операції з підготовки до пуску двигуна, входять у зв'язок з інструктором та за його командою запускають двигун машини. Після підтвердження курсантом готовності до руху за командою інструктора курсант починає виконувати вправу на віртуальному маршруті тренажера. Під час руху по віртуальному маршруту та під час подолання перешкод інструктор контролює дії курсанта і при фіксації критичних недоліків (помилки) може зупинити виконання вправи, провести аналіз дій та повернути курсанта на етап виконання вправи (подолання перешкоди) для усунення виявлених недоліків (помилки). Можливий також інший підхід: після виконання вправи реалізувати на тренажері ділянку траси (перешкоди) та відпрацювати її подолання. Після завершення вправи і проведення визначеного порядку радіообміну з інструктором здійснюється заміна курсантів на тренажерах.

Метою моделювання в даному випадку є визначення необхідного навчального часу для виконання вправи групою курсантів за наявною кількістю тренажерів.

Змінні моделювання: кількість курсантів у навчальній групі, кількість тренажерів та їх технічний стан, рівень оволодіння прийомами керування машиною та подолання перешкод.

На основі змістовного опису практичного заняття з водіння бойових машин на тренажерах сформуємо концептуальну модель заняття з виділенням елементів заняття, які є ключовими для досягнення мети моделювання.

У першу чергу, це процес оволодіння прийомами керування машиною та подолання перешкод, які передбачені вправою, під час тренування. Цей процес характеризується різними показниками навчальної діяльності. Вони можуть бути як зростаючими (ймовірність виконання навчальної задачі, математичне очікування швидкості руху тощо), так і зменшувальними (час виконання завдання, кількість помилок тощо). Ефективність процесу оволодіння прийомами керування машиною на практиці

описують рівнянням, яке розкриває взаємозв'язок між фактичним і потенційно (гранично) можливим рівнем підготовки за наданий навчальний час (стаж водіння), який забезпечує мінімальну кількість помилок та має експоненціальну залежність [3, 4]. В основу цього покладено можливості механіка-водія третього класу, які повинні бути доступними кожному з курсантів, але з суб'єктивних причин не всі курсанти здатні досягти визначеного рівня підготовки за один і той же час (стаж водіння). Тому при розробці ІМ необхідно враховувати наявність елементів індивідуального підходу в навчанні водінню.

Тривалість виконання вправи залежить від протяжності та складності віртуального маршруту, який програмно реалізований у тренажері, та спроможності курсанта виконати передбачені вправою навчальні завдання (табл. 1). Застосування динамічної платформи, яка імітує коливання корпусу машини відносно профілю віртуальної траси, теж обмежує використання високої швидкості руху без наявності відповідних навичок. Необхідно також врахувати особливості виконання вправ у системі підготовки з водіння. Це стосується підготовчих вправ № 1, 2 (ПВ-1, ПВ-2) – де нормативу зі швидкості не передбачено, а основна увага приділяється оволодінню прийомами керування машиною під час руху по місцевості, на підйомах та спусках, та підготовчої вправи № 3 (ПВ-3) і навчальної вправи № 1 (НВ-1), де вимога є щодо дотримання визначеної швидкості руху за умови правильного подолання сукупності перешкод. Але на виконання завдань ПВ-3 витрачається більше часу, вони в основному формують техніку подолання перешкод, які в подальшому трапляються в НВ-1. Окремо можна виділити навчальну вправу № 4а (НВ-4а), в якій тривалість руху колони визначена програмно, і завдання курсанта, в першу чергу, полягає у дотриманні визначеної дисципліни маршруту. Під час виконання навчальної вправи № 6б (НВ-6б) в основному приділяється увага виконанню прийомів підготовки машини до руху на плаву та техніці подолання перешкод на плаву, що потребує додаткової витрати часу.

Таблиця 1

Основні характеристики виконання вправ з водіння на тренажері КДТЕ БМП-2

№ з/п	Назва вправи (аббревіатура)	Протяжність віртуального маршруту S_{TP} , км	Середній час виконання вправи T_B , хв	Ймовірність помилок під час виконання вправи P
1.	ПВ-1	4.22	16	0.5
2.	ПВ-2	4.32	14	0.4
3.	ПВ-3	4.23	16	0.6
4.	НВ-1	4.38	20	0.4
5.	НВ-4а	7.28	32	0.3
6.	НВ-6б	3.05	16	0.3

Доречно також передбачити програмні та експлуатаційні збої в роботі тренажерів та затримки на їх усунення. Зокрема, для КДТЕ БМП-2 за технічною характеристикою напрацювання на відмову становить 200 год., але здебільшого втрати часу викликають саме раптові програмні та експлуатаційні збої, послідовність виникнення яких, як правило, при моделюванні описується експоненціальним законом розподілу випадкової величини з параметрами, які визначаються за досвідом експлуатації тренажерів у конкретних умовах використання.

Для реалізації концептуальної моделі в імітаційну доцільно провести декомпозицію заняття для подальшої алгоритмізації з використанням відповідних спеціальних інструментальних засобів середовищ імітаційного моделювання (рис. 1). В даному випадку програма моделі була складена алгоритмічною мовою GPSS.

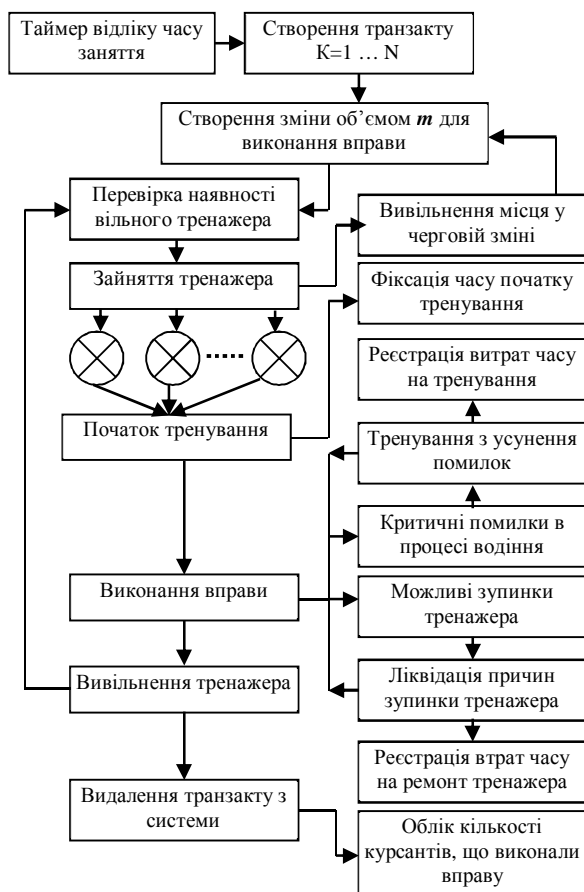


Рис. 1. Графічна інтерпретація декомпозиції заняття з водіння бойових машин на тренажерах для алгоритмізації

Оскільки практичне заняття є системою масового обслуговування, в якій основні події ініціюються переміщенням курсантів – динамічних об'єктів, то в такому випадку доцільно використовувати транзактний спосіб організації компонентів моделі. Кожному курсанту у даному випадку відповідає транзакт.

Для формалізації практичного заняття використаємо типи об'єктів зазначеної вище алгоритмічної мови: блоки генерації транзактів, ресурси (прилади для обслуговування (тренажери), пам'яті з визначеним об'ємом (зміни курсантів для виконання вправи), блоки затримки транзактів, блоки управління рухом транзактів по моделі, блоки переривання й оператори переведення в стан недоступності (імітація технологічних та експлуатаційних відмов), блоки та оператори обчислень і збору статистики тощо.

Проведемо ІМ з використанням розробленого інструментарію за вхідними даними табл. 1 для визначення тривалості заняття за наявної кількості тренажерів для його забезпечення. Тривалість моделювання заняття T_3 визначимо в межах до шести академічних годин, кількість курсантів у навчальній групі N_K – за встановленою максимальною кількістю, середній час виконання вправи T_B з урахуванням навченості курсантів, також передбачимо вплив технічного стану тренажерів та інших факторів на виникнення виходів їх зі строю під час виконання вправи. Основні результати моделювання надані в табл. 2 і на рис. 2.

Таблиця 2

Основні результати моделювання
(N_K , чол. – 30; N_{TP} , од. – 3)

№ з/п	Вправа	T_3 , хв	$N_{ВИК.}$, чол.	$T_{ВП}$, хв	$T_{ТР}$, хв	$T_{РЕМ.}$, хв	K_M , год./км
1	ПВ-1	270	30	256	60	87	0,102
2	ПВ-2	270	30	225	57	18	0,087
3	ПВ-3	270	30	265	108	44	0,104
4	НВ-1	270	30	252	62	23	0,096
5	НВ-4а	360	30	360	42	3	0,083
6	НВ-6б	270	30	224	44	16	0,122

Результати моделювання показують, що для виконання вимоги стосовно забезпечення проведення заняття в складі навчальної групи, за мінімальним матеріально-технічним забезпеченням заняття (три одиниці тренажерів), термін його проведення повинен бути не менше шести академічних годин (змодельований час виконання вправи $T_{ВП}$) з врахуванням часу на усунення виявлених недоліків у техніці водіння $T_{ТР}$, постановку завдання та підбиття підсумків. Окремою є вимога стосовно тривалості заняття під час виконання вправи НВ-4а, яка потребує більше навчального часу на її відпрацювання. Це обумовлено як протяжністю віртуального маршруту, так і регламентованим часом її виконання. Тривалість такого заняття доцільно встановити не менше восьми годин та проводити в два етапи.

Узагальненим результатом моделювання є визначення коефіцієнта можливості досягнення навчального напрацювання на тренажері K_M (год./км) за навчальних та технічних умов виконання вправи, який визначається за виразом

$$K_M = \frac{T_{ВП} \cdot N_{TP}}{60 \cdot S_{TP} \cdot N_K}$$

що дозволяє вираз (2) для практичного використання надати у вигляді

$$T_3 = \frac{S_3 \cdot K_M \cdot N_K}{0.75 \cdot N_{TP}} \quad (3)$$

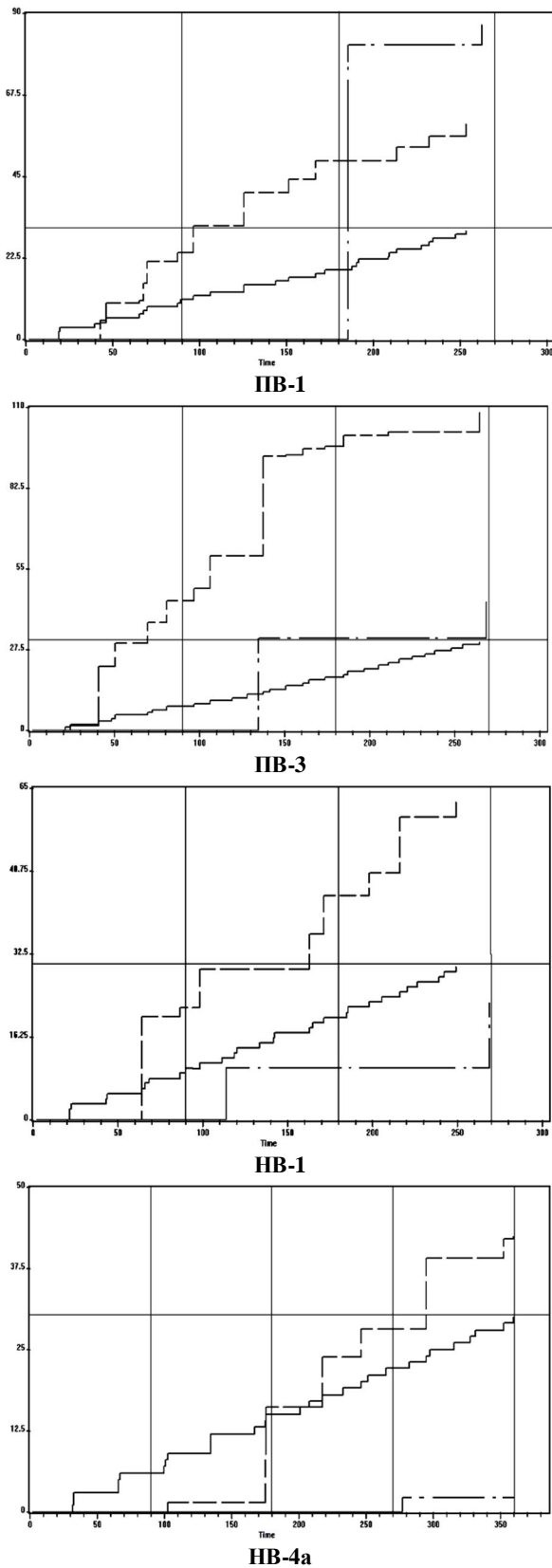


Рис. 2. Фрагмент графічного представлення результатів моделювання заняття з водіння бойових машин на тренажері

На рис. 2 введено такі позначення:

- — — — — кількість курсантів, що виконали вправу, чол.;
- — — — — сумарний час, витрачений на усунення недоліків у техніці водіння під час виконання вправи, хв;
- · - · - сумарний час, витрачений на усунення експлуатаційних збоїв, хв.

Кожна вправа формує визначені уміння та навички в процесі водіння бойової машини, тому сукупна тривалість її виконання на тренажері та розподіл витрати ресурсу (набуття стажу водіння) теж повинні бути диференційовані. Один із варіантів програми застосування тренажерних засобів у системі підготовки з водіння з використанням виразу (3) наданий у табл. 3.

Таблиця 3

Орієнтовна програма виконання вправ з водіння на тренажері КДТЕ БМП-2

№ з/п	Назва вправи (аббревіатура)	Стаж водіння S_3 , км	Час на навчання T_H , год.	Кількість занять N_3
1.	ПВ-1	8	12	2
2.	ПВ-2	12	14	2
3.	ПВ-3	16	24	4
4.	НВ-1	24	30	5
5.	НВ-4а	18	20	2
6.	НВ-6б	4	8	1

Отже, формування програми навчання водінню бойових машин на тренажері можливо реалізувати за такою методикою:

за технічною характеристикою тренажера визначити протяжність віртуального маршруту для кожної вправи S_{TP} ;

за результатами виконання вправ визначити середню тривалість виконання кожної вправи T_B і складність виконання вправи в системі оволодіння прийомами керування та подолання перешкод (за даними експертного опитування інструкторів і викладачів);

встановити напрацювання тренажерів на прояви програмних та експлуатаційних збоїв і термін їх усунення за даними експлуатації;

побудувати ІМ заняття та провести імітаційний прогін занять за визначеною його тривалістю та умовами матеріально-технічного та організаційного забезпечення і визначити коефіцієнт K_M для даних умов;

використовуючи вираз (3), сформувати програму навчання з визначенням кількості та виду навчальних занять для досягнення регламентованого напрацювання на тренажері.

Висновки

Тренажерні засоби в сучасній системі підготовки з водіння відіграють ключову роль. Вартість їх виробництва та експлуатації компенсується економічним ефектом від їх застосування під час навчання. Але все одно вони є досить вартісним елементом у системі матеріально-технічної бази

навчання, тому їх наявність повинна бути обгрунтована, а використання – раціонально спланованим. Також навчальний заклад повинен мати відповідну систему їх утримання для мінімізації втрат часу на проведення заходів щодо їх відновлення.

Запропонована методика формування програми навчання водінню бойових машин на тренажерах дозволить на основі імітаційного прогону варіантів проведення занять щодо умов їх навчального, організаційного і матеріально-технічного забезпечення вирішувати задачу адаптації програми навчання до зазначених умов.

Розглянутий варіант методики та її реалізації доцільно застосовувати для певного різновиду практичних занять, які мають чітку спрямованість на застосування тренажерних засобів, як на етап підготовки щодо набуття відповідних умінь та навичок на кожному з етапів навчання.

У подальших дослідженнях стосовно реалізації запропонованої методики доцільно мінімізувати зазначені обмеження і спрощення на основі більш детального опису кожного елемента заняття та провести уточнення базових ймовірнісних залежностей та величин, особливо того, що стосується реалізації в моделі оволодіння практичними навичками.

Список літератури

1. Курс водіння бойових машин Сухопутних військ Збройних Сил України (КВБМ СВ-99) – К.: ЛК Мейкер, 2005. – 116 с.

2. Чорний М.В. Методика обгрунтування організації практичних занять з дисциплін професійної та практичної підготовки імітаційним моделюванням / М.В. Чорний // Військово-технічний збірник. – Вип. 14. – Львів: НАСВ. – 2016. – С. 152–156.

3. Водіння бойових машин: навчально-методичний посібник / М.В. Чорний, В.Ю. Ковч, А.Т. Ніколаєв. – Львів: Академія сухопутних військ, 2013. – 168 с.

4. Водіння бойових машин: навчально-методичний посібник / П.П. Ткачук, М.В. Чорний, Р.В. Долгов, С.С. Степанов, А.Т. Ніколаєв, Ю.О. Вяткін. – Львів: Національна академія сухопутних військ, 2016. – 292 с.

5. Шевченко Д.Н. Имитационное моделирование на GPSS: учебно-методическое пособие / Д.Н. Шевченко, И.Н. Кравченя. – Гомель: БелГУТ, 2007. – 97 с.

6. Жерновий Ю.В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування: практикум / Ю.В. Жерновий. – Львів: Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2007. – 307 с.

7. Кудрявцев Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем / Е.М. Кудрявцев. – М.: ДМК Прес, 2004. – 320 с.

8. Бахрушин В.Є. Математичні основи моделювання систем: навчальний посібник / В.Є. Бахрушин. – Запоріжжя: Класичний приватний університет, 2009. – 224 с.

9. Стеценко І.В. Моделювання систем: навчальний посібник. / І.В. Стеценко. – Черкаси: ЧДТУ, 2010. – 399 с.

Рецензент: д.т.н., с.н.с. О.М. Купріненко, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

Методика формирования программы обучения вождению боевых машин на тренажерах имитационным моделированием

Н.В. Чёрный

Рассмотрен методический подход к формированию программы обучения вождению боевых машин на тренажерах вооружения и военной техники на основе построения имитационной модели занятия, которая позволяет осуществить имитационный прогон занятия по различным вариантам его проведения и материально-технического обеспечения и определить начальные условия и временные показатели для реализации учебных задач при отработке предусмотренного программой обучения перечня упражнений.

Ключевые слова: имитационное моделирование, имитационная модель, практическое занятие, тренажеры.

The method of forming the program of training the driving of combat vehicle on simulators by imitation modeling

N. Chorny

The scientific problem of the article is devoted to the creation of an effective training system on the drivers of combat vehicles on simulators. The essence of the study is to develop a methodology formation a program of training driving of combat vehicles on simulators of military equipment based on the imitation model of the lesson, which takes into account the features of the methods of training, the implementation tasks of training for each exercises and the technical condition of the simulators. To solve the task of research the method of simulation modeling was used. As a result of the study, the imitation model of a practical lesson on the driving of combat vehicles on simulators was developed and the average duration of lesson depending on the conditions of him conducting it was defined. Proposed in the article, the methodology of the formation a program of training on the driving of combat vehicles on simulators will allow solve the task of adaption the program of training to the under different conditions of methodical, organizational and logistical support lesson. The proposed alternate variant of the methodology and her implementation should be used for a certain type of practical lessons, where simulators are used as the main means for acquisition of appropriate abilities and skills at each stage of training.

Keywords: simulation modeling, simulation model, practical lesson, simulator.