

В. М. Ярмолюк, В. В. Бачинський, О. В. Люлька, О. О. Горошко, О. В. Марченко

КОНЦЕПЦІЯ МОДУЛЬНИХ ТРЕНАЖЕРНИХ СИСТЕМ ІЗ МОЖЛИВІСТЮ ШВИДКОЇ ЗМІНИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У дослідженні розглянуто концепцію побудови тренажерних систем транспортних засобів на основі теоретичного обґрунтування, створення й побудови технічних систем за модульними принципами. Сучасний погляд на процес розробки тренажерних систем базується на засадах суворої відповідності кожного об'єкта імітації своїй цілеспрямовано створеній тренажерній системі. Використання модульних принципів при цьому дозволяє розв'язувати задачі щодо підвищення їх ефективності та надійності. Такий підхід відповідає концепції створення універсальних, адаптивних тренажерних систем: обмеженій кількості тренажерних систем – максимальну кількість об'єктів імітації. Новизна запропонованої концепції полягає в тому, що за наявності модулів можлива швидка зміна функціонального призначення системи, при цьому значно зменшується кількість її модифікацій. Науково-технічний прогрес, розвиток сучасної техніки й технологій у переважній більшості здійснюються за принципом модульного створення різних технічних пристроїв, які суттєво відрізняються один від одного за принципом дії, фізичними параметрами й використанням за призначенням. Модуль “Тренажер” може бути реалізований за будь-яким конструктивним рішенням та складатися з таких елементів: нерухомої опори; каркаса; поворотального, підіймального та урівноважувального механізмів; поворотального механізму кабіни, який є елементом сполучення із модулем “Кабіна” через універсальну основу. Застосування принципу модульної побудови в тренажерній техніці дозволить створити єдину систему побудови тренажерів, що, у свою чергу, надасть можливість установити єдині вимоги до тренажерних комплексів та методів їх оцінювання й порівняння. Запропонований модульний підхід до побудови тренажерів визначить максимальний економічний і технічний результати реалізації тренажерної техніки.

Ключові слова: модульний принцип; динамічна платформа; тренажер; тренажерна підготовка; інформаційна підсистема.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Головною проблемою в загальному вигляді є використання модульного принципу в ході створення як окремих об'єктів, так й інтегрованих технічних систем для скорочення терміну їх проєктування, зменшення коштів на виготовлення й експлуатацію. Об'єкти та системи, створені за модульним принципом, швидко реконструюються, модернізуються й відновлюються, завдяки чому мають великі терміни служби, практично не піддаються моральному старінню.

Наукове завдання полягає в обґрунтуванні доцільності використання концепції модульної побудови для створення універсальних тренажерних систем військового призначення. Розробка низки модульних тренажерних засобів свідчить про наукову новизну, що підтверджує істинність вибраної концепції.

Порушена проблема практично розв'язана для модульного конструювання радіоелектронних виробів і систем [2] та в будівництві й архітектурі. Принципове обґрунтування використання модульного підходу до конструювання радіоелектронної апаратури базується на забезпеченні максимальної просторової інтеграції окремих модулів, яка визначається як найщільніша просторова упаковка. З аналізу природних систем відомо, що найщільніша природна упаковка притаманна найбільш упорядкованим у просторі об'єктам із кристалічними структурами [7].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблемними питаннями застосування тренажерів, тренажерних систем та їх комплексів у сучасній системі підготовки механіків-водіїв займається низка вчених. Так, Матвієвський О. М., Руснак І. С., Биличенко В. В., Шворов С. А. особливу увагу звертають на необхідність термінових заходів щодо розробки та впровадження в навчальний процес тренажерних засобів [3, 5, 10, 14], здатних забезпечити високий ступінь імітації роботи не лише механіка-водія, а й екіпажу машини в цілому. Вони також звертають увагу на необхідність інтегрування окремих тренажерів та тренажерних комплексів у єдину навчально-тренувальну систему бойової підготовки Збройних Сил України з урахуванням модульних принципів.

Формулювання завдання дослідження. Метою статті є виявлення й аналіз можливостей та шляхів побудови тренажерних систем за модульним принципом; встановлення характерних властивостей і переваг тренажерних систем, побудованих за модульним принципом; визначення поняття «модуль»; дослідження основи модульної побудови тренажерів.

Виклад основного матеріалу. У роботі [1] розглянуто основні принципи створення та розвитку модульних технічних систем, проте відсутні рекомендації щодо їх застосування для розробки тренажерних систем. У [5] надано рекомендації зі створення нових засобів тренажерних систем, проте вони не відповідають концепції модульної побудови. З викладеного випливає, що обґрунтування концепції модульної побудови тренажерних систем є й досі не вирішеним завданням.

Поняття «модуль» на теперішній час найбільше поширено та активно використовується в будівництві й архітектурі. Під ним розуміють умовну одиницю або вихідну міру для вираження кратних співвідношень і координації розмірів частин споруд та їх елементів. Такі розмірні модулі для конструкції будівництва закріплені відповідними вітчизняними й закордонними стандартами [2].

Поняття про технічний модуль як про повністю готовий до роботи, створений елемент, який може бути конструктивною, функціональною, метричною, інформаційною одиницею в проектуванні, виготовленні, експлуатації, а також для порівняння виробів, ідентифікує модулі як окремі блоки, деталі й вузли машин і приборів, функціональні елементи програм та інші елементи об'єктів, створених за аналогією до виражених структурних властивостей [2].

Технологія виготовлення модулів визначає високий ступінь автоматизації усіх етапів виробництва, включаючи контроль працездатності та налаштування кожного з модулів окремо. Це забезпечує їх постійну готовність до швидкого використання в системі та подальшого функціонування без додаткових регулювань і припасувань.

У ході дослідження радіоелектронного устаткування з'ясовано, що система його модульної побудови складається з подібних рівнів ієрархії [2];

модулі першого компонованого рівня у вигляді мікробірок і мікросхем у безкорпусному й корпусному виконанні;

модулі другого компонованого рівня є функціональними чарунками, які складаються з декількох мікробірок чи мікросхем шляхом їх розміщення та об'єднання на одній друкованій платі;

третьій рівень модульного формування створений у вигляді компактних блоків, функціональних чарунок другого рівня шляхом їх об'єднання в пакети, касети, інші конструктивні елементи;

багатоблочні комплексні модулі четвертого рівня складаються з об'єднаних комплектних модулів третього рівня на основі постав, рам, шаф тощо.

Безумовно, перехід до універсалізації та подальшої стандартизації конструктивних схем технічного устаткування й апаратури за модульним принципом актуальний практично для всіх технічних галузей. Чим вище рівень модульності системи, тим вище загальний технічний рівень виробів і комплексів, із яких дана система складається. Якщо перенести висновки модульного конструювання систем мікроелектроніки на інші галузі техніки, наприклад, машинобудування, то ми бачимо, що через об'єктивні й суб'єктивні причини процес втілення модульних принципів конструювання ще не набув рівня інтенсивного розвитку. Рівень технічного виробництва у багатьох галузях не відповідає сучасним потребам використання модульних методів радіоелектронної техніки, тобто такому технічному розвитку, для якого характерний максимальний прогрес.

Однією з причин, через які модульні принципи, що використовуються в радіоелектронній техніці, не спрацьовують у машинобудуванні та інших галузях, може бути те, що кожна реалізована система або комплекс у своєму складі має різноманітні за призначенням та складом блоки, агрегати, вузли, деталі, до складу яких, у свою чергу, входить також радіоелектронна апаратура. Вести розмову про кінцеву кількість рівнів із чітко вираженою стандартизованою градацією й розподілом немає сенсу. Як вихід із ситуації, що склалася, пропонуємо градацію ієрархічної структури у зворотному напрямку: від окремих функціональних агрегатів, блоків, вузлів системи або комплексу до блоків, вузлів, механізмів, деталей та їх складових, які, у свою чергу, будуть поділятися на модульні складові. В одному випадку функціональна схема елементів системи складатиметься з декількох частин, які вже не поділяються, в іншому – функціональна схема буде містити велику кількість складових модулів, які також матимуть модульні елементи. У такому вигляді модульна система в машинобудуванні реалізує своє призначення з реконструкції, удосконалення, модернізації, ремонту та обслуговування.

Невирішеними проблемами під час побудови тренажерних систем є необхідність створення понятійного апарату, підходів до розроблення концепції, принципів утворення та формування таких систем за модульними принципами. Але, як відзначено в монографії [1], загальний погляд на проблему створення технічних систем за модульним принципом поки ще не визначений. Поняття «модуль» для технічних систем ще тільки формується. У кожній галузі техніки спеціалісти дотримуються своїх визначених правил і понять у роботі та побудові, оцінці та порівнянні технічних систем із модульними властивостями.

Навіть немає загально визнаних понять «технічний модуль», «модульна технічна система», «модульна система».

Особливістю модульного принципу є можливість побудови технічних систем у суворій підпорядкованості розмірів проєктному модулю (модулям) та (або) забезпечення спроможності комплектування різноманітних складних нестандартних технічних систем із великими відмінностями характеристик із невеликої, економічно обґрунтованої кількості типів і типорозмірів однакових первинних (типових чи стандартних) загальних модуль-елементів [1].

Технічний модуль – це елемент (міра) взаємозв'язку, втілення, взаємоузгодження, побудови, ефективного використання, прогресивного розвитку, взаємодії, визначення співвідношень побудови, розробки, організації, реорганізації, еволюції, функціонування, взаємозаміщення, розмноження, об'єднання (перетину), кількісної зміни (заміни) у певній визначеній системі, у якій він виступає як складова системи відносно до вищих структур і як цілісна відносно нижчих чи рівнозначних структур.

Модульна технічна система – цілеспрямовано організована технічна система з відкритою структурою з наявністю технічних модуль-елементів, у разі зміни яких вона переходить в іншу якість з іншими властивостями або призначенням, при цьому такий перехід може бути неодноразовим.

Модульна система – цілеспрямована організація визначених елементів цілого з відкритою структурою, у разі зміни яких система переходить в іншу якість, з іншими властивостями або призначенням, при цьому такий перехід може бути неодноразовим.

Проведений аналіз та аналогія із процесом створення радіоелектронного устаткування визначає принципову відмінність побудови тренажерної техніки за модульним принципом. Для реалізації цих засад до початку побудови технічної системи насамперед необхідно визначити технічно й ергономічно обґрунтовані основні модуль-елементи, які дадуть поштовх для створення всієї модульної тренажерної системи, встановлення оптимальних зв'язків між ними, максимального врахування факторів впливу на її стан та розвиток. Процес побудови необхідно розглядати в ракурсі ергономічності, сумісності, узгодженості у функціонуванні як окремих модулів, так і технічної системи в цілому.

Концепція модульної побудови техніки базуватиметься на таких принципах:

наявність модуль-елементів (не менше двох), які доповнюють і розширюють функціональні можливості системи та елементів узгодження модулів;

наявність зв'язків, за яких модуль-елементи упорядковують технічну систему за певною закономірністю;

взаємність модуль-елементів у технічній системі;

відкритість системи для її розвитку й появи нових модуль-елементів;

можливості модуль-елементів існувати самостійно, тобто без зв'язку із системою, або використання їх в інших системах:

можливості трансформації модуль-елементів без значної зміни всієї системи чи елементів узгодження модулів.

За особливостями побудови модульна технічна система буде:

ієрархічною, коли усі модулі підпорядковуються головному, при цьому вона може бути однорідною або розгалуженою;

незалежною, коли кожний модуль виконує свої особливі функції для користі всієї системи та не залежить від її стану чи інших модулів;

змішаною(частково ієрархічною, частково незалежною).

У результаті аналізу побудови тренажерів і тренажерних систем на сучасному етапі розвитку можна зробити висновок, що такий підхід не дає можливості реалізувати модульні принципи в повній мірі [4, 5].

Пропонуємо варіант структури модульної тренажерної системи, який ґрунтується на концепції модульної побудови. Тренажерним системам, які створені на модульних принципах притаманні такі властивості:

тренажери (тренажерні системи) є відкритою модульною структурою;

тренажерна система при зміні модулів набуває нових можливостей і якостей;

удосконалення модулів не призводить до внесення значних змін у конструкцію тренажера, у складові модуль-елементів, у частини системи;

оптимізація кількості, покращення якості складових модулів тренажерної системи зумовлює розширення її можливостей, покращення якості в цілому.

Втілення принципу модульної побудови в тренажерній техніці дозволить вирішити широке коло проблем, а саме:

створити єдину систему побудови тренажерів та тренажерної техніки;

безперервно розвивати й удосконалювати елементи системи шляхом модернізації та реконструкції;

розробити єдину систему технології виготовлення, технічного обслуговування, експлуатації;

стандартизувати процес виготовлення, збирання, роботи;

установити єдині вимоги до тренажерних комплексів та методів їх оцінювання й порівняння;

прогнозувати перспективи розвитку тренажерної техніки та тренажерних систем у цілому; відпрацювати єдину методику використання модульних тренажерних систем за призначенням.

Розглядаючи типову схему тренажерної системи або комплексу можна умовно поділити їх на кінцеву кількість таких модуль-елементів: електромеханічна конструкція – модуль «Тренажер»; кабіна оператора – модуль «Кабіна»; електронно-обчислювальна машина – модуль «ЕОМ».

Реалізація електронно-обчислювальної машини як модуля вже сталася, це ми бачимо на прикладі сучасного стану розвитку електронно-обчислювальної техніки, яка легко удосконалюється, модернізується, ремонтується, тому в подальшому не розглядатиметься.

Модуль «Тренажер» може бути представлений будь-яким конструктивним рішенням та складатися: з нерухомої опори; каркаса; поворотального, підйимального та урівноважувального механізмів; поворотального механізму кабіни, який є елементом сполучення із модулем «Кабіна» через універсальну основу. Універсальна основа за елементом з'єднання модуля «Кабіна» із модулем «Тренажер» може розглядатися з нею як одне ціле або, за необхідності розширення функціональних можливостей, сама реалізуватися як модуль. Наповнення модуля «Кабіна» для кожного зразка, що імітується, своє відповідно до необхідності реалізації тих чи інших особливостей об'єкта імітації або

завдань навчання. У такому разі замовник реалізує модуль «Кабіна» за своїми потребами та вимогами до модуля (оператор-водій чи член екіпажу, процес навчання, тренування чи удосконалення майстерності тощо).

Даний модульний підхід до побудови тренажерів визначить максимальний економічний і технічний результат реалізації тренажерної техніки.

Модуль «Кабіна» (наприклад, водія автомобільного транспорту) відповідно до модульної побудови, у свою чергу, може складатися з окремих змінних модуль-елементів: рульової колонки, дросельного зсуву, педалей гальма, зчеплення, важелів коробки передач, сидіння (на рис. 1 не наведено). Маючи набір указаних модуль-елементів, можливо відтворювати різні види автомобільного транспорту на декількох модулях-кабінах, які будуть у змозі охопити цілий клас марок або моделей машин.

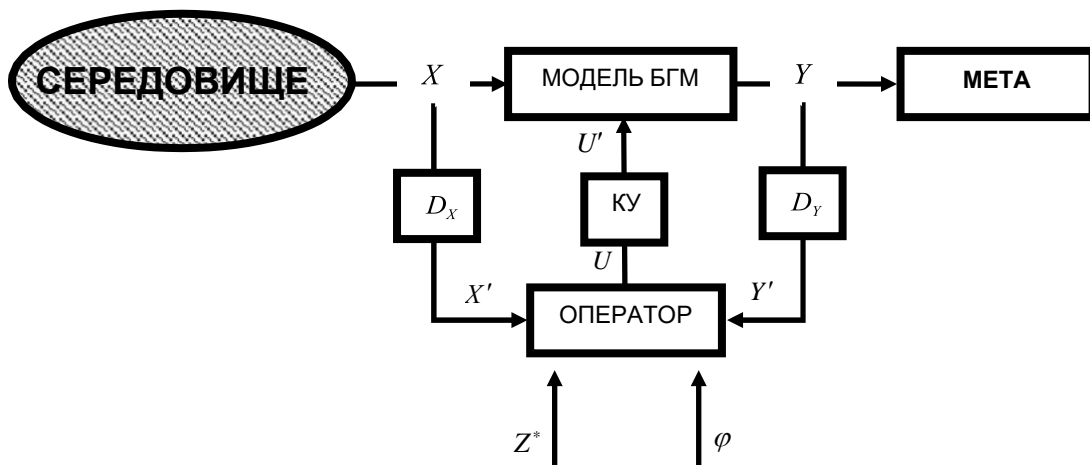


Рис. 1. Блок-схема керування машиною, яка імітується

(КУ – канал управління (орган керування бойовою гусеничною машиною – БГМ))

Можливість зміни модулів знижує кількість тренажерів та тренажерних систем, що використовуються, кількість їх модифікацій, оптимізує спроможності щодо розміщення та мобільності. При цьому вартість модульної тренажерної системи буде нижче вартості звичайних тренажерних систем того ж діапазону.

Отже, керування машиною, як перетворювачем змін у стані зовнішнього середовища у зміни її стану, які дозволяють досягти кінцевої мети, повинно привести до такої зміни стану підсистеми, за якої динамічний та інформаційний процеси, які відбуваються усередині підсистеми, поєднуються в одне ціле та зумовлюють когерентні зміни усіх параметрів підсистеми в цілому. Тоді в блок-схемі взаємодії об'єкта та суб'єкта управління необхідно передбачити зв'язок між ними, який відобразить наявність управлінського впливу суб'єкта на об'єкт. Результат обробки оператором вхідних та вихідних даних, які описують стан машини, що імітується, подамо у вигляді рівностей:

$$X' = D_X (X); Y' = D_Y (Y).$$

Сформовану загальну інформаційну модель стану підсистеми «людина – машина – середовище» оператор порівнює із можливим варіантом дій та попередньо сформованою на основі отриманого досвіду концептуальною моделлю керування машиною (сукупністю

уявленнь механіка-водія про цілі та завдання керування, можливі стани машини, системи «людина – машина» та способах впливу на них), формує інтегральну оцінку інформаційної моделі, на основі якої приймає рішення про керування:

$$U = \varphi(X', Y', Z^*),$$

де φ – спосіб досягнення часткової мети, отриманий за результатами обробки вхідних та вихідних даних про стан машини як об'єкта керування.

Після обробки вихідних та вхідних даних оператор через органи керування машиною реалізовує прийняте рішення та змінює стан керівного входу U' об'єкта, тобто застосовує органи керування машиною (рис. 1).

Отже, тренажер БГМ необхідно розглядати як систему зі складною внутрішньою структурою, яку доцільно розділити на дві підсистеми:

динамічну – динамічна платформа тренажера;

інформаційну – оцінки рівня відповідності концептуальної моделі керування машиною очікуваному результату та ступеню досягнення мети.

Обидві підсистеми перебувають у постійній тісній взаємодії між собою та визначають ієрархічну структуру тренажера, яка складається з двох рівнів: динамічного та інформаційно-керувального. Відповідно, для управління такою системою необхідно мати достовірну інформацію про структуру її фазового портрета [17].

Висновки і перспективи подальших досліджень. Втілення концепції створення тренажерних систем за модульними принципами сприяє підготовці фахівців різного профілю, надає можливість моделювати різноманітні види техніки та озброєння й у такий спосіб зменшує різноманітність навчальної техніки. Відтворення різних умов застосування зразка, що моделюється, виключає необхідність занять на відповідних зразках бойової техніки в будь-яких погодних умовах та особливостях їх використання (наприклад, водіння в колонах, бездоріжжям, у горах, на воді). З економічної точки зору використання модульного тренажера дозволяє зберегти моторесурси техніки, зразків озброєння, паливно-мастильні й експлуатаційні матеріали, знизити витрати на обслуговування й ремонт, виключити пошкодження складної техніки. При цьому вартість надскладного тренажера завжди буде дешевшою в декілька разів від бойового зразка [4. 6]. Переобладнання тренажерних систем для моделювання інших зразків у короткі терміни дасть можливість багатопрофільної підготовки спеціалістів різних військових спеціальностей та оволодіння ними суміжними військовими спеціальностями. Застосування такого тренажера в центрах підготовки військових спеціалістів або в навчальних закладах полегшить освітній процес, скоротить строк підготовки фахівців, покращить навчальну наочність та підвищить якість підготовки.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Васильєв А. Л. Модульный принцип формирования техники. Москва : Изд-во стандартов, 1989. 240 с.
2. Верхопятницкий П. Д., Латинский В. С. Справочник по модульному конструированию радиоэлектронной аппаратуры. Ленинград : Судостроение, 1983. 232 с.

3. Матвієвський О. М. Інтегрування тренажерних технологій як магістральний напрямок вдосконалення навчально-тренувальної бази бойової підготовки військ // Наука і оборона. Київ : Вид-во “Стилос”, 2010. № 2. С. 48–54.
4. Руснак І. С., Шевченко В. Л. Проблеми модернізації та створення тренажно-модельовальних комплексів військового призначення // Наука і оборона. 2002. № 1. С. 32–39.
5. Руснак І. С., Шевченко В. Л., Артемов Ю. І. Методологічні засади створення інтегрованої навчально-тренувальної системи оперативної та бойової підготовки військ // Наука і оборона. 2002. № 2. С. 29–35.
6. Руснак І. С. Інформаційні технології для війська // Народна Армія. 2001. № 219 (2399). С. 1, 3.
7. Шафрановский И. И. Симметрия в природе. Ленинград : Недра, 1985. 166 с.
8. Рудковський О. М. Особливості методики підготовки водія автомобіля з використанням сучасних технологій моделювання з урахуванням його психофізіологічних якостей // Підготовка військових фахівців : Військово-технічний збірник. 2013. № 1 (8). С. 50–51. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.8.2013.107-112>
9. Задорожний І. І., Дорофеев Ю. Ф., Баліцький Н. С. Аналіз існуючої системи підготовки водіїв у Збройних Силах України та пропозиції щодо її вдосконалення // Військово-технічний збірник : підготовка військових фахівців. Львів : НАСВУ. 2018. № 19. С. 73–77. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.19.2018.73-77>
10. Биличенко В. В., Рациборинський В. В. Аналіз підходів до класифікації автотренажерів для підготовки водіїв // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк : ЛНТУ, 2014. № 46. С. 29–37.
11. IEEE Standart for Modeling and Simulation (M&S). High Level Architecture (HLA). IEEE Std. 1516-2000. Institute of Electrical and Electronic Engineers. New York, 2000.
12. Пестерев М. В. Сприйняття переміщень та навантажень на механіка водія бойових гусеничних машин // Міжнар. наук.-практ. конф. “Спільні дії військових формувань і правоохоронних органів держави: проблеми та перспективи” (Військова академія (м. Одеса), 22.10.2020). Одеса, 2020. С. 98.
13. Oskarsson P., Nählinder S. Training effects in a low fidelity combat vehicle simulator // Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society. 2012. <https://doi.org/10.1177/1071181312561312>
14. Шворов С. А., Сілко О. В. Теоретичні питання побудови інтелектуальних тренажерних систем інтенсивної підготовки операторів АСУ військового призначення // Зб. наук. праць ВІТІ НТУУ “КПІ”. Київ : Вид-во КПІ, 2011. № 1. С. 179–182.
15. Towards an extensible simulator of real motion platforms / Casas S., Alcaraz J. M., Olanda R., Coma I., Fernández M. // Simulat Model Pract Theory. 2014. № 45. P. 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2014.03.011>
16. Матвієвський О. М., Герасименко О. В., Щєбланін Ю. М. Методичний підхід до обґрунтування характеристик тренажерних засобів і систем // Наука і оборона. 2005. № 1. С. 59–65.
17. Пестерев М. В. Модель тренажера бойової гусеничної машини як елемента інтелектуальної тренажерної системи // Зб. наук. праць Військової академії (м. Одеса). 2020. № 2 (14), Ч. І. С. 92–98. <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2020.14.1.92-98>

Стаття надійшла до редакції 06.07.2022.

REFERENCES

1. Vasil'ev, A. L. (1989). *Modul'nyi printsip formirovaniia tekhniki [Modular principle of technology formation]*. Moscow [in Russian].
2. Verkhopiatnitskii, P. D., & Latinskii, V. S. (1983). *Spravochnik po modul'nomu konstruirovaniuu radioelektronnoi apparatury [Handbook of modular design of electronic equipment]*. Leningrad [in Russian].
3. Matviiievskiy, O. M. (2010). Intehruvannia trenazherykh tekhnolohii yak mahistralnyi napriamok vdoskonalennia navchalno-trenavalnoi bazy boiovoi pidhotovky viisk [Integration of training technologies as the main direction of improvement of the educational and training base of combat training of troops]. *Nauka i oborona [Science and Defense]*, 2, 48–54. Kyiv [in Ukrainian].
4. Rusnak, I. S., & Shevchenko, V. L. (2002). Problemy modernizatsii ta stvorennia trenazhno-modelovalnykh kompleksiv viiskovoho pryznachennia [Problems of modernization and creation of military training and simulation complexes]. *Nauka i oborona [Science and Defense]*, 1, 32–39. Kyiv [in Ukrainian].
5. Rusnak, I. S., Shevchenko, V. L., & Artemov, Yu. I. (2002). Metodolohichni zasady stvorennia intehrovanoi navchalno-trenavalnoi systemy operatyvnoi ta boiovoi pidhotovky viisk [Methodological principles of creating an integrated educational and training system of operational and combat training of troops]. *Nauka i oborona [Science and Defense]*, 2, 29–35. Kyiv [in Ukrainian].
6. Rusnak, I. S. (2001). Informatsiini tekhnolohii dlia viiska [Information technologies for the army]. *Narodna Armiia [People's Army]*, 219 (2399), 1, 3 [in Ukrainian].
7. Shafranovskii, I. I. (1985). *Simmetriia v prirode [Symmetry in nature]*. Leningrad [in Russian].
8. Rudkovskiy, O. M. (2013). Osoblyvosti metodyky pidhotovky vodiia avtomobilia z vykorystanniam suchasnykh tekhnolohii modeliuвання z urakhuvanniam yoho psykhoфизиологичныkh yakosteі [Peculiarities of the method of training a car driver using modern modeling technologies taking into account his psychophysiological qualities]. *Pidhotovka viiskovykh fakhivtsiv : Viiskovo-tekhnichnyi zbirnyk [Training of military specialists: Military technical collection]*, 1 (8), 50–51 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.8.2013.107-112>
9. Zadorozhnyi, I. I., Dorofeiev, Yu. F., & Balitskyi, N. S. (2018). Analiz isnuiochoi systemy pidhotovky vodiiv u Zbroinykh Sylakh Ukrainy ta propozytsii shchodo yii vdoskonalennia [Analysis of the existing driver training system in the Armed Forces of Ukraine and proposals for its improvement]. *Viiskovo-tekhnichnyi zbirnyk : pidhotovka viiskovykh fakhivtsiv [Military technical collection: training of military specialists]*, 19, 73–77. Lviv: Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.19.2018.73-77>
10. Bylychenko, V. V., & Ratsyborynskiy, V. V. (2014). Analiz pidkhodiv do klasyfikatsii avtotrenazheriv dlia pidhotovky vodiiv [Analysis of approaches to the classification of driving

simulators for driver training]. *Mizhvuzivskyi zbirnyk «Naukovi notatky» [Interuniversity collection "Scientific notes"]*, 46, 29–37. Lutsk [in Ukrainian].

11. *IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S). High Level Architecture (HLA). IEEE Std. 1516-2000*. (2000). Institute of Electrical and Electronic Engineers. New York.

12. Pesterev, M. V. (2020). Spryiniattia peremishchen ta navantazhen na mekhanika vodiia boiovykh husenychnykh mashyn [Perception of movements and loads on the mechanic of the driver of combat tracked vehicles]. In *Mizhnar. nauk.-prakt. konf. "Spilni dii viiskovykh formuvan i pravookhoronnykh orhaniv derzhavy: problemy ta perspektyvy" (Viiskova akademiia (m. Odesa), 22.10.2020) [International. science and practice conf. "Joint actions of military formations and law enforcement agencies of the state: problems and prospects" (Military Academy (Odesa), October 22, 2020)*. (P. 98). Odesa [in Ukrainian].

13. Oskarsson, P., & Nählinder, S. (2012). Training effects in a low fidelity combat vehicle simulator. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*. <https://doi.org/10.1177/1071181312561312>

14. Shvorov, S. A., & Silko, O. V. (2011). Teoretychni pytannia pobudovy intelektualnykh trenazhnykh system intensyvnoi pidhotovky operatoriv ASU viiskovoho pryznachennia [Theoretical issues of building intelligent training systems for intensive training of military ACS operators]. *Zb. nauk. prats VITI NTUU "KPI" [Collection of Sciences. Proceedings of VITI NTUU "KPI"]*, 1, 179–182. Kyiv [in Ukrainian].

15. Casas, S., Alcaraz, J. M., Olanda, R., Coma, I., & Fernández, M. (2014). Towards an extensible simulator of real motion platforms. *Simulat Model Pract Theory*, 45, 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2014.03.011>

16. Matviievskiy, O. M., Herasymenko, O. V., & Shcheblanin, Yu. M. (2005). Metodychnyi pidkhid do obgruntuvannia kharakterystyk trenazhnykh zasobiv i system [A methodical approach to substantiating the characteristics of exercise equipment and systems]. *Nauka i oborona [Science and Defense]*, 1, 59–65. Kyiv [in Ukrainian].

17. Pesterev M. V. (2020). Model trenazhera boiovoi husenychnoi mashyny yak elementa intelektualnoi trenazhnoi systemy [A model of a combat tracked vehicle simulator as an element of an intelligent training system]. *Zb. nauk. prats Viiskovoi akademii (m. Odesa) [Collection of Sciences. Proceedings of the Military Academy (Odesa)]*, 2 (14), Vol. 1, 92–98 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2020.14.1.92-98>

V. M. Yarmoliuk, V. V. Bachynskiy, O. V. Liulka, O. O. Goroshko, V. P. Marchenko
THE CONCEPT OF MODULAR EXERCISE SYSTEMS WITH THE POSSIBILITY OF QUICKLY CHANGING THE FUNCTIONAL PURPOSE

In the study, the author considers the concept of building simulator systems of vehicles based on theoretical justification, creation and construction of technical systems according to modular principles. The modern view of the process of creating training systems is based on the principles of strict compliance of each object of imitation to its purposefully created training system. The use of modular principles of creating training systems allows you to solve problems related to increasing their efficiency and reliability. This approach corresponds to the concept of creating universal, adaptive training systems: a limited number of training systems - the maximum number of simulation objects. The concept of modular training systems is a novelty,

which is distinguished by the fact that in the presence of modules there is a possibility of quickly changing the functional purpose of the system, while the number of modifications of training systems is significantly reduced. The modern development of scientific and technical progress, modern equipment and technologies in the vast majority is carried out according to the principle of modular creation of various technical devices, which differ significantly from each other in the principle of operation, physical parameters and intended use. The "Trainer" module can be represented by any design solution and consists of a fixed support, a frame, a turning mechanism, a lifting mechanism, a balancing mechanism, a turning mechanism of the cab, which is an element of connection with the "Cabin" module through a universal base. The application of the principle of modular construction in exercise equipment will allow to create a single system of construction of exercise equipment and exercise equipment, which in turn provides an opportunity to establish uniform requirements for exercise complexes and methods of their evaluation and comparison. This modular approach to the construction of simulators will determine the maximum economic and technical result of the implementation of simulator equipment.

Keywords: *modular principle; operator's cabin; dynamic platform; simulator; simulator training; information subsystem.*