

6. Абрамов Ю.А. Алгоритм оптимального расположения сил и средств для тушения пожара в резервуарном парке / Ю.А. Абрамов, А.Е. Басманов // Проблемы надзвичайних ситуацій : зб. наук. праць. АЦЗ України. – Харків : Вид-во "Фоліо", 2006. – Вип. 3. – С. 26-32.

7. Hulida E. Mathematical model of the optimization of fire extinguishing time length in the woodworking enterprises' workshops / E. Hulida, O. Koval. // Econtechmod. – Lublin; Rzeszow, 2015. – Vol. 4, № 1. – Pp. 39-43.

8. Климась Р. Статистика пожеж на деревообробних підприємствах за 2011 і 2012 роки / Р. Климась. – К. : Вид-во УкрНДІЦЗ, 2013. – 5 с.

9. Повзик Я.С. Пожарная тактика / Я.С. Повзик, П.П. Клюс, А.М. Матвейкин. – М. : Изд-во "Стройиздат", 1990. – 335 с.

10. Кимстач И.Ф. Организация тушения пожаров в городах и населенных пунктах / И.Ф. Кимстач. – М. : Изд-во "Стройиздат", 1997. – 142 с.

11. Бут В.П. Практичний посібник з пожежної тактики / В.П. Бут, Л.Б. Куціций, Б.В. Болібрех. – Львів : Вид-во СПОЛОМ, 2003. – 133 с.

12. Нормативи по пожежно-стройовій підготовці. – К. : УДПО МВС України, 1995. – 14 с.

13. Огляд стану організації пожежогасіння, пожежно-рятувальних робіт, застосування пожежної та спеціальної техніки ПРП МНС України у 2005 році. – К. : Департамент ЦЗ МНС України, 2005. – 31 с.

14. Крайнюк О.І. Підходи до визначення місць дислокації та площі обслуговування підрозділів місцевої пожежної охорони / О.І. Крайнюк // Науковий вісник УкрНДІПБ : зб. наук. праць. – 2008. – № 2 (18). – С. 180-185.

15. Гулида Э.Н. Управление надежностью цилиндрических зубчатых колес / Э.Н. Гулида. – Львов : Изд-во "Вища шк." Изд-во при Львов. ун-те, 1983. – 136 с.

Коваль А.М., Гулида Э.Н. Математическая модель выбора оптимальной тактики тушения пожаров в помещениях цехов деревообрабатывающих предприятий

Разработана математическая модель для выбора оптимальной тактики локализации и тушения пожаров в закрытых помещениях деревообрабатывающих предприятий. Модель включает все необходимые зависимости для установления оптимального времени локализации и тушения пожара с учетом основных факторов пожара. На основании математической модели разработаны блок-схемы алгоритмов и пакет прикладных программ на языке C++ для работы в среде Windows XP. Математическая модель позволяет обоснованно определять оптимальный вариант тактики тушения пожара с необходимыми при этом количеством сил и средств для ликвидации пожара с использованием при необходимости газодымозащитного снаряжения и термозащитной одежды. Научная новизна заключается в том, что впервые с помощью оптимизационной математической модели рассмотрены и обоснованы основные положения тактических действий системы пожаротушения.

Ключевые слова: математическая модель, тактика локализации и тушения пожара, пожарный ствол, тепловая радиация.

Koval O.M., Hulida Ye.M. Mathematical Model of Optimal Choice of Fire Fighting Tactics in the Shop Premises at Woodworking Enterprises

A mathematical model for optimal tactics for localization and extinguishing fires in enclosed spaces of woodworking enterprises is designed. The model includes all the necessary dependencies to determine the optimal time for localization and extinguishing the fire with the main factors of fire. Flowcharts and application package in C++ to run on Windows XP are developed based on the mathematical model. The mathematical model allows determining the best option reasonably tactics for extinguishing with the necessary amount of capabilities and necessary for extinguishing the fire and gas smoke control equipment and overload clothing. Scientific innovation is that basic provisions for tactical action of fire suppression systems are given and justified for the first time with the help of optimization of the mathematical model of the fires.

Keywords: mathematical model, the tactics of localization and extinguishing, fire barrel, thermal radiation.

УДК 656.052.1

Нач. відділу А.Т. Кривов'яз – ДП "Оризон-Навігація";

проф. наук. співроб. Ю.І. Бударецький, канд. техн. наук; викл. М.В. Бахмат –

Академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного

МЕТОДИ ПОБУДОВИ ЗАВАДОЗАХИЩЕНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ НАЗЕМНИХ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

Проаналізовано методи підвищення завадозахищеності супутникових радіонавігаційних систем (СРНС) для навігації і топогеодезичної прив'язки наземних рухомих об'єктів (НРО). Наведено порівняльні характеристики запропонованих методів підвищення завадозахищеності СРНС. Запропоновано варіанти побудови автономних навігаційних систем (АНС). Розглянуто порівняльні характеристики СРНС і АНС. Наведено результати експериментальних оцінок визначення напрямку і швидкості руху за допомогою мікромеханічного гіроскопу і доплерівської радіонавігаційної системи (ДРНС) як складових частин АНС, так і за допомогою СРНС під час руху НРО по пересіченій місцевості. Визначено доцільність комплексування СРНС і АНС.

Ключові слова: супутникова радіонавігаційна система, автономна навігаційна система, інерційна навігаційна система, комплексована навігаційна система.

Вступ. Сучасні збройні конфлікти характеризуються високою швидкістю маневрування військами та вогнем. Досягти місця призначення у мінімальні терміни, спланувати шлях і дії мобільних підрозділів Сухопутних військ неможливо без оснащення цих підрозділів і окремих бойових машин засобами навігації і топогеодезичної прив'язки. Тому передові у військовому плані країни під час створення нових і модернізації наявних зразків озброєння приділяють особливу увагу оснащенню кожної одиниці бойової техніки засобами навігації і топогеодезичної прив'язки [1].

У сучасній практиці проведення бойових операцій значного поширення набули супутникові радіонавігаційні системи (СРНС). Сьогодні американську СРНС GPS використовують військові країн НАТО практично повсюдно: від наведення бомб до відстеження вантажів. Однак ризик втратити сигнал GPS росте з кожним днем. Американські аналітики зазначають, що супротивник може заглушити сигнал GPS і позбавити американську армію її головної переваги. Комплектуючі для "глушилок" GPS сьогодні придбати досить просто, і цим можуть скористатися не тільки військові, але й терористи. Як приклад: недавно у Південній Кореї розбився безпілотний літальний апарат. Причиною, зважаючи на все, стала втрата сигналу GPS у зв'язку з перешкодами, які, очевидно, "включили" північнокорейські військові. Свого часу іранці стверджували, що за допомогою GPS-спуфинга вони змогли посадити секретний американський БПЛА RQ-170.

Важливо зазначити, що наявним типам атак на супутникові навігаційні системи піддається не тільки популярна GPS, але й також російська ГЛОНАСС, а також європейська GALILEO, що зараз перебуває у процесі розроблення. Тому на сьогодні особливу актуальність здобувають проблеми забезпечення завадостійкої роботи навігаційної апаратури споживачів (НАС).

Аналіз попередніх досліджень. Держави, що розробляють та експлуатують СРНС, приділяють особливу увагу рішенням проблеми забезпечення гарантованої роботи супутникових засобів навігації в умовах ненавмисних і організо-

ваних завод. Так розробники російської СРНС ГЛОНАСС у пропозиціях між-державної ради "Радіонавігація" наголошують на потребі створення комплексу заходів підвищення їх заводо захищеності, серед яких комплексне використання інформації СРНС і засобів навігації автономних навігаційних систем (АНС). Зазначено, що інтегрування радіонавігаційних систем є одним з перспективних напрямків розвитку систем радіонавігації.

Аналогічні тенденції відбуваються й у США. Відповідно до нормативного документа США у галузі політики розвитку СРНС GPS – "Federal Radionavigation System" (2001 р.) найбільш пріоритетним завданням визнано: "...забезпечення стійкості навігаційних систем в умовах придушення СРНС, у т.ч. – придушення СРНС засобами радіоелектронної протидії (РЕП) супротивника на театрі воєнних дій".

Одним з методів підвищення заводо захищеності є інтеграція (комплексування) НАС СРНС і АНС, яка складається з давачів напрямку й пройденого шляху, акселерометрів і ДРНС. Така інтеграція забезпечує роботу навігаційних систем в умовах природних та організованих завод і дає змогу збільшити точність місцевизначення, усунути "мертві зони" і втрату початкових ділянок маршруту наземних рухомих об'єктів (НРО). Окрім цього, спільне оброблення інформації від СРНС і АНС дає змогу використовувати переваги кожної системи (безперервність надходження інформації з АНС і відсутність помилок накопичення у СРНС з часом), компенсувати їх недоліки (накопичення помилок в АНС з часом, дискретність визначень і можливі перерви у роботі СРНС) і таким чином забезпечувати безперервне, точне, достовірне і надійне визначення навігаційних параметрів НРО. Це підтверджує і досвід розроблення комплексованих навігаційних систем (КНС) провідними країнами світу.

КНС фірми "Northrop" поєднує БІНС та одноканальний приймач СРНС GPS. Помилки у визначенні координат за кодом C/A – не більше 30 м.

КНС фірми "Texas Instruments" на базі БІНС і двоканального приймача СРНС "GPS" також дає точність до 30 м при роботі за кодом C/A.

Однією з ефективних КНС також є система *modular azimuth position system hybrid (MAPSH)*, доповнена GPS [2]

Іншим, не менш ефективним технічним рішенням, є розроблення фірми NAVSYS Corporation – КНС типу СРНС/ІНС на основі комерційних мікроелектронних механічних систем (MEMS) – акселерометрів і гіроскопів.

У Російській Федерації створено КНС, ТРОНА-1", яку використовують як систему топографічного орієнтування (СТО).

Таким чином, розроблення методів підвищення заводо захищеності вітчизняних навігаційних систем і створення на їх основі заводо захищеної КНС є актуальним завданням сьогодення.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо методи підвищення заводо захищеності навігаційної апаратури СРНС, яку використовують вітчизняні та іноземні розробники.

1. Мультисистемність і багаточастотність – застосування НАС СРНС можливості приймання й оброблення сигналів від різних СРНС: GPS, GALI-

LEO, SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS) у кілька робочих діапазонах. Це той шлях, який зарекомендував себе як найефективніший. Варто зазначити, що принципи мультисистемності й багаточастотності свого часу було прийнято як основні в концепції проектування навігаційної апаратури ДП "Оризон-Навігація".

2. Просторова селекція сигналів і придушення сигналу перешкод:

- а) цифрові антенні ґратки (ЦАГ) з "максимумами" у напрямках на навігаційні космічні апарати;
- б) ЦАГ з "нулями" у напрямках на джерела перешкод;
- в) компенсація перешкод за допомогою однієї або декількох допоміжних антен.

3. Передкореляційне оброблення суміші сигналів і перешкод:

- а) оброблення спектра суміші сигналів і перешкод з метою придушення зосереджених спектральних складових на основі прямого і зворотного дискретного перетворення Фур'є;
- в) оброблення суміші сигналів і перешкод у тимчасовій області.

4. Алгоритмічне посткореляційне оброблення сигналу:

- а) некогерентне приймання сигналів;
- б) алгоритмічні (програмні) способи заводо стійкого виділення ефемеридної інформації (EI);
- в) використання у приймачі НАС надлишкової інформації, закладеної у структурі сигналу: зв'язок між несною і тактовою частотами коду; зв'язок між сигналами одного супутника, переданими на різних несних частотах;
- г) використання у приймачі НАС надлишкової інформації, закладеної у складі сигналів СРНС (контроль цілісності системи за одним або декількома алгоритмами).

5. Комплексування із зовнішніми джерелами навігаційної інформації:

- а) використання інформації про швидкості й/або прискорення по осях об'єкта, про кути орієнтації НРО, його висоту й ін., що надходять від додаткових давачів;
- б) комплексування з інерційною навігаційною системою.

6. Формування навігаційних полів (власних) засобами локальних радіонавігаційних систем. Потенційно досяжні показники ефективності методів заводо захищеності наведено в табл. 1 [3]. Реальні показники заводо захищеності приймача СРНС СН-3003М виробництва ДП "Оризон-Навігація" наведено в табл. 2 [4]. Результати аналізу даних табл. 1 і 2 свідчать, що реалізація розглянутих методів у НАС СРНС СН-3003М дала змогу отримати заводо захищеність їх роботи, близьку до потенційної.

Таким чином, під час реалізації зазначених вище методів заводо захищеності, можна констатувати підвищення її рівня і в режимі наведення каналів на 30 дБ, і в режимі супроводу на 40 дБ, що звичайно не є остаточним розв'язком питання, але значно підвищує ефективність застосування апаратури і засобів супутникової навігаційної навіть в умовах активного застосування супротивником засобів РЕП.

Результати проведеного аналізу попередніх досліджень свідчать, що поряд з інтенсивним застосуванням НАС СРНС, засоби АНС, які вже тривалий термін використовують у НРО як основні засоби навігації, і сьогодні не втрачають доцільності свого використання.

Табл. 1. Показники ефективності методів завадозахищеності

| № з/п | Метод | Досяжний рівень завадозахищеності, дБ | | Тип завади |
|-------|--|---------------------------------------|-------------------------|---|
| | | режим супроводу | режим наведення каналів | |
| 1 | Контроль цілісності СРНС | до 6 | 0 | Гармонійна; полігармонійна; імпульсна; шумоподібна; імітаційна; складна імітаційна. |
| 2 | Просторова селекція сигналів і придушення завад | від 10 до 40 | від 10 до 40 | Гармонійна; полігармонійна; імпульсна; шумоподібна. |
| 3 | Посткореляційна обробка сигналу (зменшення порогу чутливості кілець спостереження до впливу перешкод). | 5-7 | 5-7 | Гармонійна; полігармонійна; імпульсна; шумоподібна. |
| 4 | Алгоритмічна посткореляційна обробка сигналу (алгоритмічні (програмні) способи завадостійкого виділення ефемеридної інформації). | до 6 | 0 | Гармонійна; полігармонійна; імпульсна; шумоподібна. |
| 5 | Предкореляційна обробка суміші сигналів і завад | 15-30 15-20 до 20 | 15-30 15-20 до 20 | Гармонійна; полігармонійна; імпульсна. |

Табл. 2. Радіоелектронний захист апаратури СН-3003М

| Характеристика | Параметр | Значення |
|---|---|---------------|
| Через антену | | |
| Частотна вибірковість: - по бічному каналу прийому - по блокуванню та перехресним спотворенням - по інтермодуляції | Рівень відносної сприйнятливості, не менше | мінус 60 дБВт |
| | Динамічний діапазон, не менше | 50 дБ |
| | Рівень сприйнятливості | мінус 10 дБВт |
| | Динамічний діапазон, не менше | 75 дБ |
| | | мінус 40 дБВт |
| Окрім антени | | |
| Сприйнятливість до завад по колах живлення, керування | Рівень сприйнятливості в діапазонах частот: | |
| | - від 0,01 до 0,06 МГц | 100 дБ/мкВ |
| | - від 0,06 до 0,15 МГц | 90 дБ/мкВ |
| | - від 0,15 до 0,50 МГц | 86 дБ/мкВ |
| | - від 0,5 до 6,0 МГц | 80 дБ/мкВ |
| | - від 6 до 1000 МГц | 70 дБ/мкВ |
| Завади, що випромінюються | | |
| Зворотне випромінювання (гетеродин) | Рівень зворотного випромінювання гетеродина, виміряного на вході антенного підсилювача, не більше | 10 мкВ |

Серед складових частин АНС розрізняють: інерційні (на базі гіроскопів і акселерометрів) навігаційні системи (ІНС), безплатформові інерційні навігаційні системи (БІНС), одометричні навігаційні системи (ОНС), доплерівські радіонавігаційні системи (ДРНС).

Розглянемо їх особливості. Характерними недоліками АНС є:

- неможливість визначити абсолютну висоту НРО н.р.м.;
- короткий час видавання точних даних, через що створюються передумови до відволікання екіпажу на пошук орієнтирів;
- для контрольного орієнтування необхідні певні затрати часу, зупинка НРО, вихід екіпажу з машини.

Основними перевагами АНС є високий ступінь їх завадозахищеності, висока частота виведення даних і їх короткотермінова точність. Порівняльні характеристики СРНС і АНС наведено в табл. 3.

Табл. 3. Порівняльні характеристики СРНС і АНС

| Характеристика | СРНС | АНС |
|---------------------------|-------------|------------|
| Функціонування | Неавтономне | Автономне |
| Інформація | Абсолютна | Відносна |
| Частота виведення даних | 1, 5, 10 Гц | до 100 Гц |
| Короткотермінова точність | Низька | Висока |
| Довготермінова точність | Висока | Низька |
| Доступність | Обмежена | Необмежена |
| Уразливість | Висока | Невластива |

Враховуючи недоліки і переваги СРНС і АНС, а також досвід провідних у військовому плані країн, доцільно зазначити, що автономне використання окремих систем менш ефективне, ніж їх поєднання в КНС. КНС повинна мати щонайменше дві навігаційні компоненти, які реалізовані на різних фізичних принципах (наприклад: ІНС+СРНС; БІНС+СРНС, ОНС+СРНС або ДРНС+СРНС), тоді їх похибки будуть рознесені по осі частот і за сумісного оброблення апаратна надлишковість буде перетворюватися в підвищення точності та завадозахищеності.

Комплексування АНС і СРНС усуває їх недоліки і підкреслює переваги:

- СРНС зазвичай забезпечує добру довготермінову точність, тоді як її короткотермінові характеристики зазнають впливу шумів, особливо це характерно під час використання кодових вимірювань;
- АНС характеризуються тим, що короткотермінова повторювана точність висока, а низькочастотні ефекти дрейфу, які виникають через похибки давачів, погіршують довготермінові характеристики;
- калібрування АНС за допомогою СРНС сприяє значному покращенню довготермінової поведінки АНС;
- доступність СРНС обмежується впливом перешкод на шляху розповсюдження сигналів, чого немає в АНС;
- уразливість СРНС до організованих чи природних завад та інтерференційних перешкод компенсується відсутністю їх впливу на АНС;
- максимальні допустимі розриви у доступності СРНС можна успішно перекрити за допомогою АНС, залежно від вимог застосування.

Враховуючи важливість створення вітчизняної завадозахищеної КНС ДП "Оризон-Навігація" разом з ТОВ "НВП "Ефір-С" та за участі фахівців Академії сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного проводять теоретичні і експериментальні дослідження складових частин КНС і алгоритмів сумісного оброблення інформації від різнотипних систем навігації НРО.

Для проведення сумісних експериментальних досліджень складових частин КНС було використано приймач СРНС виробництва ДП "Оризон-Навігація" та АНС на основі мікромеханічного гіроскопа і ДРНС виробництва ТОВ "НВП "Ефір-С". Однією з особливостей ДРНС є реалізація її роботи в діапазоні частот 60 ГГц, що має резонансний показник затухання. У приземному шарі атмосфери цей показник досягає до 18 дБ/км, що, своєю чергою, гарантує високі показники прихованості і завадозахищеності роботи ДРНС. Окрім цього, розроблена ДРНС має високу електромагнітну сумісність у складі з іншими системами НРО.

Результати експериментальних досліджень сумісної роботи складових частин КНС наведено на рис. Результати аналізу експериментальних даних, наведених на рис., свідчать про високий ступінь корельованості значень напрямку і швидкості руху НРО, які отримані від навігаційних систем, що побудовані за різними фізичними принципами.

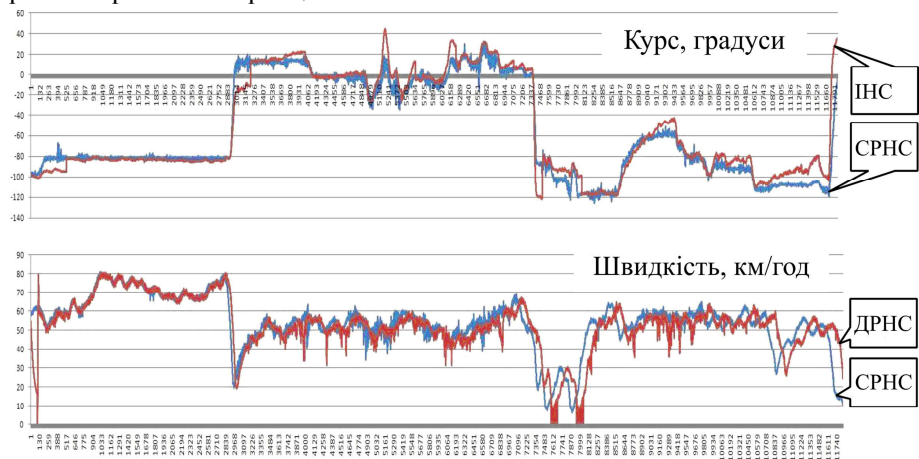


Рис. Показники сумісних вимірювань курсового кута (верхній графік) і швидкості руху (нижній графік) СРНС та АНС

Висновки. Результати експериментальних досліджень сумісної роботи АНС і СРНС вітчизняних виробників надають підставу для створення на їх основі завадозахищеної КНС.

Напрямок подальших досліджень є створення вітчизняної КНС, оптимізація її складу й алгоритмів роботи.

Література

1. Жигулін В. Аналітичний огляд існуючих і перспективних систем навігації наземних рухомих об'єктів / В. Жигулін, В. Корольов, П. Волчко, В. Липський // Інженерна геодезія : зб. наук. праць. – К. : Вид-во "Либідь", 2002. – Вип. 46. – С. 79-96.
2. Brown A. Navigation Using LINK-16 GPS/INS Integration" / A. Brown, P. Sack // Proceedings of ION GPS/GNSS 2003, Portland, OR, Sept. 2003.
3. Водяных А.А. Перспективные направления развития навигационных технологий и оборудования ГП "Оризон-Навигация" / А.А. Водяных. [Электронный ресурс]. – Доступный с http://ismk.kpi.ua/sites/default/files/Conference/Section_1/paper_06.pdf.
4. Навігаційна апаратура споживачів супутникових навігаційних систем ГЛОНАСС і GPS NAVSTAR CH-3003M. Керівництво з експлуатації ПКАН.461513.017-03 РЕ.

Кривовяз А.Т., Бударецкий Ю.И., Бахмат М.В. Методы построения помехозащищенных навигационных систем для определения местоположения наземных подвижных объектов

Проанализированы методы повышения помехозащищенности спутниковых радионавигационных систем (СРНС) для навигации и топогеодезической привязки наземных подвижных объектов (НПО). Приведены сравнительные характеристики предложенных методов повышения помехозащищенности СРНС. Предложены варианты построения автономных навигационных систем (АНС). Рассмотрены сравнительные характеристики СРНС и АНС. Приведены результаты экспериментальных оценок определения направления и скорости движения с помощью микромеханического гироскопа и доплеровской радионавигационной системы (ДРНС), как составных частей АНС, так и с помощью СРНС при движении НРО по пересеченной местности. Определена целесообразность комплексирования СРНС и АНС.

Ключевые слова: спутниковая радионавигационная система, автономная навигационная система, инерциальная навигационная система, комплексированная навигационная система.

Krivoviyaz A.T., Budaretsky Yu.I., Bakhmat M.V. Some Methods of Construction of Obstacle Secure Navigation Systems for Tracking Ground Moving Objects

Some methods to increase obstacle security of satellite radio navigation systems (SRNS) for navigation and surveying of ground moving objects (GMOs) are analysed. Comparative characteristics of the proposed methods of improving obstacle security of satellite radio navigation systems are defined. Some variants of construction of the autonomous navigation systems (ANS) are proposed. Comparative characteristics of SRNS and ANS are studied. The results of experimental evaluations of movement direction and speed with the help of a micromechanical gyroscope and Doppler radio navigation system (DRNS) as components of the ANS and using SRNS when driving on rough terrain GMO are proposed. The feasibility of interconnecting the SRNS and ANS are determined.

Keywords: satellite radio navigation system, autonomous navigation system, inertial navigation system, complex navigation system.

УДК 355.343.22:303.022

Доц. Р.В. Кузьменко, канд. техн. наук;
викл. І.Б. Дуфанець – Академія сухопутних військ
ім. гетьмана Петра Сагайдачного

ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ "АВТОМОБІЛЬНА ТЕХНІКА, В ТОМУ ЧИСЛІ АВТОМОБІЛЬНА ПІДГОТОВКА"

Перевірка та оцінювання отриманих знань військовослужбовцями з дисципліни "Автомобільна техніка, в тому числі автомобільна підготовка" є вкрай важливою і необхідною компонентою навчального процесу військового навчального закладу, зокрема в час його функціонування в особливий період. Розглянуто систему оцінювання, наведено приклад застосування методики, отримано результати, що підтверджують високий рівень внутрішньотестової та регестової надійності системи оцінювань знань, що спрямована на перевірку теоретичних знань навчальних підрозділів Академії сухопутних військ зі зазначеної вище навчальної дисципліни.

Ключові слова: надійність тесту, тестові технології, автомобільна підготовка, водіння автомобіля.

Актуальність та постановка проблеми. Відомо, що система бойової підготовки військ (сил) включає предмети підготовки, основними серед яких є