

М. О. ШИШАНОВ, доктор технічних наук,
професор, провідний науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0002-7121-3666>

А. О. ВЕРЕТНОВ, ад'юнкт науково-
організаційного відділу

<https://orcid.org/0000-0003-0160-7325>

(Центральний науково-дослідний інститут
озброєння та військової техніки
Збройних Сил України, м. Київ)

Методичні основи дослідження ремонтпридатності військової автомобільної техніки

У статті проведено дослідження ремонтпридатності військової автомобільної техніки. Запропонована методика визначення ймовірності ураження зразка військової автомобільної техніки від уражаючих дій противника та її вплив на ремонтпридатність ВАТ. Надана оцінка уражаючих дій противника на ремонтпридатність ВАТ. Розглянуті випадки ймовірності ураження ВАТ при контакті засобів ураження зі зразком ВАТ та ймовірність ураження від ударної хвилі великої потужності. Результати оцінки уражаючих дій противника можуть надати можливість розробити організаційно-технічні заходи з удосконалення ремонтної технологічності конструкції зразка та нормативної документації з експлуатації та ремонту військової автомобільної техніки.

Ключові слова: ремонтпридатність; військова автомобільна техніка (ВАТ); технічне обслуговування і ремонт (ТО і Р); випробування; експериментальне дослідження; ймовірність ураження; зовнішні фактори; працездатний стан; ресурс.

В статье проведено исследование ремонтпригодности военной автомобильной техники. Предложена методика определения вероятности поражения образца военной автомобильной техники от поражающих действий противника и его влияние на ремонтпригодность ВАТ. Дана оценка поражающих действий противника на ремонтпригодность ВАТ. Рассмотрены случаи вероятности поражения ВАТ при контакте средств поражения с образцом ВАТ и вероятность поражения от ударной волны большой мощности. Результаты оценки поражающих действий противника могут предоставить возможность разработать организационно-технические мероприятия по совершенствованию ремонтной технологичности конструкции образца и нормативной документации по эксплуатации и ремонту военной автомобильной техники.

Ключевые слова: ремонтпригодность; военная автомобильная техника (ВАТ); техническое обслуживание и ремонт (ТО и Р); испытания; экспериментальное исследование; вероятность поражения; внешние факторы; работоспособное состояние; ресурс.

ВСТУП

Важливою характеристикою якості та надійності машин є витрати на їх експлуатацію і ремонт, тобто витрати на підтримку і відновлення їх працездатного стану і ресурсу в процесі використання за призначенням [1]. У технічній літературі вказується, що витрати праці і коштів на технічне обслуговування і ремонт машин за час їх експлуатації в 5-10 разів і більше перевищують відповідні витрати на виготовлення. У такому ж приблизно співвідношенні знаходиться і кількість фахівців, зайнятих виготовленням машин, їх обслуговуванням і ремонтом. Наприклад, витрати коштів на технічне обслуговування і ремонт військової автомобільної техніки за 8 років їх експлуатації в 4-5 разів перевищують витрати на їх виготовлення.

При розробці конструкцій машин та їх виготовленні передбачається підтримувати їх працездатний стан і ресурс шляхом проведення певного комплексу робіт, що входять до складу технічного обслуговування і ремонту і, отже, конструкції машин повинні бути пристосовані до цих робіт, причому періодичність останніх і витрати на них треба встановлювати за умови забезпечення оптимального значення ефективності використання машин. Іншими словами, конструкції машин повинні бути ремонтпридатними.

Під ремонтпридатністю [2] розуміють властивість об'єкта, що полягає в пристосованості до попередження і виявлення причин виникнення відмов, пошкоджень і усунення їх наслідків шляхом проведення технічного обслуговування і ремонтів.

Ведення сучасних бойових дій та досвід проведення операцій об'єднаних сил на територіях Донецької та Луганської областей свідчить, що використання справної військової автомобільної техніки є важливим елементом виконання бойових завдань Збройних Сил України.

В умовах бойових дій військ військова автомобільна техніка (ВАТ) може виходити з ладу не тільки з експлуатаційних причин, а й від різних уражаючих дій противника.

Для своєчасного та якісного повернення в стрій пошкодженого зразка ВАТ велике значення має тривалість ремонту, трудомісткість робіт, ступінь уніфікації та стандартизації [3, 4].

Мета статті – дослідити вплив уражаючих дій противника на ремонтпридатність військової автомобільної техніки та надати оцінку ймовірності ураження ВАТ.

Будь-які властивості машин проявляються в певних умовах їх використання, тобто в умовах впливу на них деякої сукупності факторів. Значення показників, які оцінюють ті чи інші властивості машин, визначаються не тільки їх конструктивними особливостями, а й зовнішніми факторами, тобто факторами, що характеризують зовнішній вплив. Такими зовнішніми чинниками (їх часто називають експлуатаційними) перш за все є: зміст системи технічного обслуговування і ремонту – види, періодичність, характер і обсяг виконуваних профілактичних робіт; організація і технічна оснащеність служб, які здійснюють технічне обслуговування та

ремонт машин; технологія виконання робіт при технічному обслуговуванні та ремонті.

При розгляді властивостей ремонтпридатності машин доводиться мати справу з великою кількістю факторів різного характеру. Одні з них впливають більше на окремі властивості машин, інші менше.

При дослідженні впливу різних чинників на властивості машини виникають два типи задач:

1) коли необхідно встановити факт суттєвості впливу деякої сукупності факторів на певну властивість машин і розташувати фактори за ступенем їх впливу;

2) коли необхідно встановити вид рівняння зв'язку між характеристиками чинників або їх взаємодій і характеристиками даної властивості машини.

Слід зазначити, що для техніки військового призначення в бойових умовах окрім експлуатаційних факторів характерно і уражаючі дії противника різними засобами боротьби.

Одним з найважливіших факторів, що визначають тривалість бойового використання БАТ, є її стійкість до вражаючих факторів різних засобів боротьби. У свою чергу, стійкість БАТ може характеризуватися цілим рядом кількісних характеристик, найважливішою з яких є ураження. Ураження визначає можливість виходу об'єкта з ладу, і побічно – можливість його відновлення і повернення в стрій.

Факт ураження БАТ означає, що впливом засобів ураження порушена працездатність однієї або декількох складальних одиниць зразка БАТ, внаслідок чого він припиняє виконання поставленого завдання.

Військова автомобільна техніка може вийти з ладу в результаті пошкодження основних складальних одиниць, пожежі, загибелі екіпажу тощо. Отже, завдання оцінки ураження полягає у визначенні ймовірності переходу зразка БАТ зі справного стану в один з можливих станів, що виключають його подальше бойове використання.

В умовах бойової діяльності військ військова автомобільна техніка може виходити з ладу від різних засобів боротьби [5]:

- вогню зброї;
- вогню керованих реактивних снарядів;
- вибуху мін, фугасів, бомб;
- впливу ударної хвилі великої потужності тощо.

Майже всі засоби боротьби з БАТ вимагають безпосереднього контакту засобів ураження зі зразком БАТ. Винятком може бути ударна хвиля великої потужності, яка володіє великою руйнівною силою. Тому для більшої частини випадків методика визначення ймовірності ураження БАТ матиме багато спільного. Розглянемо ці випадки:

ймовірність ураження БАТ при контакті засобів ураження зі зразком БАТ;

ймовірність ураження БАТ від ударної хвилі великої потужності.

Ймовірність ураження БАТ в першому випадку залежить від багатьох факторів, найважливішими з яких є вражаючі властивості застосованих боєприпасів і здатність зразка БАТ протистояти цим вражаючим

властивостями. Остання обставина дає можливість використовувати в оцінці ураження зразків БАТ звичайні критерії оцінки ефективності стрільби.

Відомо, що критерієм ефективності стрільби може служити ймовірність ураження цілі, що характеризує, з одного боку, ефективність елементу ураження; з іншого – стійкість, а разом з тим і живучість об'єкта.

Формула для визначення ймовірності ураження цілі $W_{\text{пор}}$ була запропонована академіком А. Н. Колмогоровим [6]:

$$W_{\text{пор}} = P_{\text{mn}} G_{\text{m}}, \quad (1)$$

де P_{mn} — ймовірність попадання в ціль m елементів ураження з n пострілів, зроблених по вказаному об'єкту;

G_{m} — умовний закон ураження, тобто ймовірність ураження цілі за умови, що в неї потрапило m елементів ураження.

Величина P_{mn} у формулі (1) розраховується за основними теоремами теорії ймовірності, частіше за теоремою множення ймовірностей. При розрахунку проводиться порівняння площі проекції цілі і площі розсіювання влучень при стрільбі. Крім того, при цьому враховуються умови ураження.

Попадання в ціль P_{mn} є необхідною, але недостатньою умовою ураження цілі. Достатньою умовою є виникнення пошкодження в зразку БАТ при попаданні. Ймовірність виникнення пошкодження описується умовним законом ураження [7]. Для визначення умовного закону ураження цілі може бути використана наступна методика.

Вона передбачає, що елемент ураження вже потрапив в зразок БАТ. Завдання полягає у визначенні характеру пошкоджень і величини завданих збитків. Розглянемо, які можуть бути наслідки події при попаданні елементу ураження в зразок БАТ і які їхні ймовірності [8-10].

При попаданні елементу ураження в зразок БАТ можливі наступні результати: елемент ураження потрапив в кабінку автомобіля; елемент ураження потрапив в кузов або змонтоване на автомобіль озброєння; елемент ураження потрапив в моторний відсік автомобіля.

Зазначимо, що величину G_i (ймовірність ураження одним пострілом) можна представити як величину, яка має відношення площі проекції зразка БАТ, потрапляння в яку виводить його з ладу $F_{\text{пор}}$, до всієї площі проекції БАТ на площину розсіювання $F_{\text{обц}}$:

$$G_i = \frac{F_{\text{пор}}}{F_{\text{обц}}}. \quad (2)$$

Звідси видно, що для оцінки $F_{\text{пор}}$ необхідно знати конструкцію зразка БАТ, характеристику елемента ураження і, спираючись на експериментальні дані, можна завжди на площі проекції цілі провести межі, які визначають $F_{\text{пор}}$, тобто межі площі, при попаданні в яку уражається якась важлива складальна одиниця зразка БАТ.

Розглянувши таким чином зразок БАТ, можна для даного напрямку вогню противника оцінити всі його складові. За сумою складових оцінюється стійкість БАТ

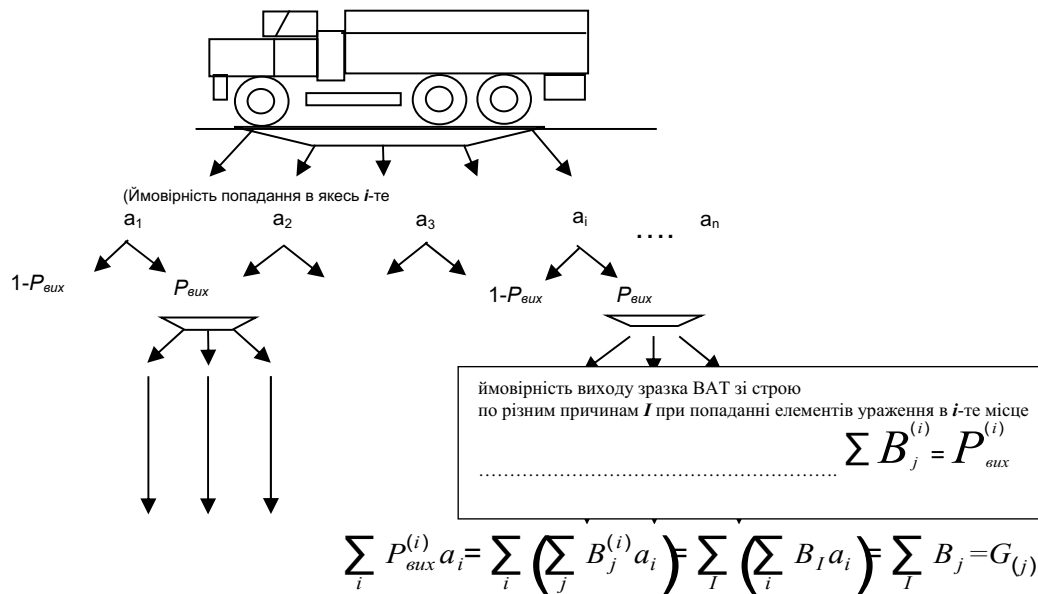


Рис. 1. Схема можливих результатів подій при попаданні елемента ураження в зразок БАТ

в цілому, а по величині окремих складових судять про важливість тієї чи іншої причини і стійкості його окремих складальних одиниць [11].

Величина G_1 , як основний параметр оцінки ураження, може бути прийнятна для всіх засобів ураження, що вимагають безпосереднього контакту засобів ураження зі зразком БАТ. Цілком природньо, що цей показник оцінки ураження не може бути прийнятним як оціночний параметр до ударної хвилі великої потужності. В даному випадку необхідний інший показник, що визначає ураження об'єкта без контакту з ним засобів ураження. Таким показником може бути величина вражаючого імпульсу у фронті ударної (вибухової) хвилі.

Відомо, що зразки військової автомобільної техніки можуть виходити з ладу при вибухах потужних бомб, фугасів в безпосередній близькості від них. При цьому від одного вибуху може вийти з ладу кілька машин, оскільки основним вражаючим фактором в даному випадку є вибухова хвиля. Вона завдає пошкодження зовнішній укладці, руйнує прилади спостереження, зв'язку, змонтованого озброєння, а при великому і надмірному тиску перевертає і деформує БАТ. Отже, в даному випадку основним параметром оцінки ураження є величина вражаючого імпульсу у фронті ударної (вибухової) хвилі. Вона визначає радіус ураження, а разом з ним і ураження БАТ.

Визначення можливості ураження даними засобом боротьби також може бути здійснено теоретичним шляхом.

Якщо машини розташовані групою і противник, завдаючи удару, може відразу вразити кілька машин, то за умови рівномірного розміщення зразків БАТ (з площею горизонтальної проекції F_n) на деякій площі F ймовірність ураження кожної з них дорівнює математичному очікуванню відносної площини ураження:

$$W_{\text{пор}} = \frac{F_n}{F}. \quad (3)$$

При малому розсіюванні боєприпасів противника $R_{\text{пор}}$ (в порівнянні з розмірами розміщення F) математичне сподівання вражаючої площі дорівнює максимальному перекриттю, яке може бути визначено з рівняння:

$$\mu = \frac{\pi R_{\text{пор}}^2}{F}. \quad (4)$$

Тоді середня ймовірність ураження кожної машини може бути виражена в залежності від щільності їх розміщення:

$$W_{\text{пор}} = \frac{\pi R_{\text{пор}}^2 L}{N}, \quad (5)$$

де N — загальна кількість машин;

L — щільність їх розміщення, тобто питома площа, яка припадає на одну машину.

Знаючи кількість машин, розміщених на місцевості, щільність їх розміщення, а також радіус ураження для даної марки машин даними засобом ураження, можна визначити ймовірність ураження для одиничного випадку.

Зауважимо, що якщо противник буде діяти індивідуально по кожному зразку БАТ (тобто машини розосереджені настільки, що противник змушений діяти по кожному з них), то ймовірність ураження БАТ не буде залежати від загальної кількості машин.

У цьому випадку ймовірність ураження кожного зразка БАТ визначається з урахуванням величини радіусу ураження і значень координат розсіювання застосованих засобів ураження. Математично це може бути представлено так [12]:

$$W_{\text{пор}} = 1 - e^{-\frac{R_{\text{пор}}^2 h^2}{E^2}}, \quad (6)$$

де $E = E_x = E_y$ — координати розсіювання;

h — постійний коефіцієнт, що враховує рельєф місцевості і точку застосування засобів ураження (0,3 – 0,5).

В сучасних умовах досить часто можна зустріти таке поєднання потужності уражаючої дії засобів ураження і стійкості БАТ, коли закон ураження цілі набуває ступінчастого вигляду, тобто в межах певної дальності вибуху від цілі ймовірність ураження зразка БАТ можна вважати рівною одиниці, а за межами цієї дальності – нулю (рис. 2).

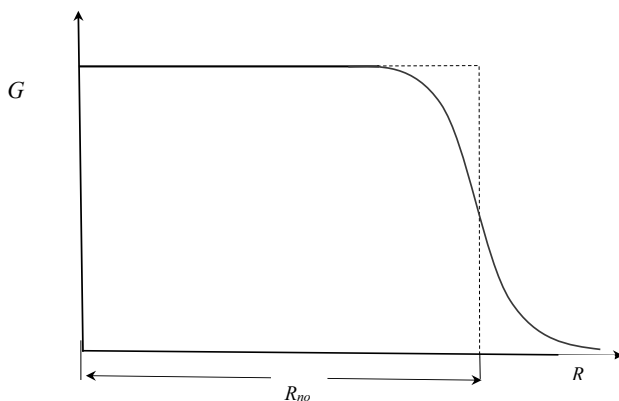


Рис. 2. Ймовірність ураження об'єкта (зразка БАТ) G при впливі потужного вибуху; R – радіус вибуху

Таку картину можна спостерігати, наприклад, при дії потужного вибуху по точковій цілі. В цьому випадку умови ураження цілі будуть задовольняти всі відхилення точок вибуху, що не перевищують значення $R_{\text{пор}}$. Ймовірність поразки в цьому випадку визначається також за рівнянням (6) зі своїми значеннями $R_{\text{пор}}$, E і h . Радіус ураження цілі конкретними боєприпасами (бойовою частиною ракети, бомбою, міною або фугасом тощо) визначається зазвичай експериментально.

Ймовірність ураження цілі визначається ймовірністю нанесення ураження по частинах машини пробойн, вм'ятин та інших пошкоджень, які викликають вихід з ладу її життєво важливих складових одиниць, що визначають рухливість, захищеність, бойову ефективність озброєння тощо.

Отже, ймовірність ураження військової автомобільної техніки рівнозначна в даному випадку ймовірності виходу з ладу будь-якого агрегату, вузла або системи. На основі ймовірностей пошкодження визначається можлива трудомісткість відновлення машин, розраховуються нормативи і номенклатура возимих запасів автомобільного майна, комплекти ремонтно-технологічної оснастки, розробляються типові технологічні процеси, рухомі засоби технічного обслуговування і ремонту.

ВИСНОВКИ

Таким чином, запропонована методика визначення ймовірності ураження зразка БАТ повинна обов'язково

враховуватися при обґрунтуванні тактико-технічних вимог до розробки новітніх зразків БАТ, при дослідженнях ремонтпридатності військової автомобільної техніки, а також при визначенні можливої трудомісткості відновлення машин, розрахунку номенклатури возимих запасів автомобільного майна, розроблення типових технологічних процесів ремонту БАТ та розробки новітніх рухомих засобів технічного обслуговування і ремонту.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Волков Н. П. Ремонтпригодность машин. М.: Машиностроение, 1975. С. 3-8.
2. Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860-94. Введ. в дію 28 грудня 1994 р. Київ: Держстандарт України, 1994. – 92 с.
3. Шишанов М. А., Мельник Б. А., Кобяков Л. И. Обеспечение восстанавливаемости и ремонтпригодности машин военного назначения. Озброєння та військова техніка. Київ: ЦНДІ ОВТ ЗСУ 2015. №4 (8). С. 67-71.
4. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения Т. 4. Методология исследования сложных систем военного назначения / Шишанов М. А. и др.: монография. Киев: Издательский дом Дмитрия Бурого, 2013. 350 с.
5. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения. Т. 10. Система полигонных испытаний вооружения и военной техники: методологические основы / Шишанов М.А. и др.: монография. Киев: Издательский дом Дмитрия Бурого, 2016. 39 с.
6. Кофман А., Крюон Ф. Массовое обслуживание. Теория и приложение / пер. с фран. М.: Наука, 1975. 120 с.
7. Надежность и эффективность в технике: справочник / под. ред. В. И. Кузнецова и Е. Ю. Барзиловича. Т.8. Эксплуатация и ремонт. М.: Машиностроение, 1990. 320 с.
8. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория случайных процессов и её инженерные приложения. М.: Наука, 1991. С. 145.
9. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения. Т. 9. Прикладные аспекты испытаний и теоретико-экспериментальных исследований вооружения и военной техники / Шишанов М. А. и др.: монография. Киев: Издательский дом Дмитрия Бурого, 2015. 433 с.
10. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. С. 124-127.
11. Половко А. М. Основы теории надежности. М.: Наука, 1964. 206 с.
12. Саати Т. Л. Элементы теории массового обслуживания и ее применения. М.: Сов. радио, 1974. 233 с.

REFERENCES

1. Volkov, N. P. (1975), "Remontprygodnost' mashyn" [Maintenance of machines], Mashinostroenie, M. P. 3-10.

2. State Standart of Ukraine (1994), “2860-94 Nadiynist' tekhniky. Terminy ta vyznachennya” [2860-94 Reliability of technology. Terms and definitions], K., 92 p.
3. Shishanov, M. A., Melnik, B. A. and Kobayakov, L. I. (2015), “Obespecheniye vosstanavlivayemosti i remontoprigrigodnosti mashin voyennogo naznacheniya” [Providing recoverability and maintainability of military machines], Arms and military equipment, No. 4(8), pp. 67-71.
4. Shishanov, M. A., etc. (2013), “Osnovy voyenno-tekhnicheskikh issledovaniy. Teoriya i prilozheniya T. 4. Metodologiya issledovaniya slozhnykh sistem voyennogo naznacheniya” [Fundamentals of military technical research. Theory and Applications T. 4. Methodology for the study of complex military systems], Dmitry Burago Publ., K., 350 p.
5. Shishanov, M. A., etc. (2016), “Osnovy voyenno-tekhnicheskikh issledovaniy. Teoriya i prilozheniya. T. 10. Sistema poligonnykh ispytaniy vooruzheniya i voyennoy tekhniki: metodologicheskoye osnovy” [Fundamentals of military technical research. Theory and applications. T. 10. The system of field tests of weapons and military equipment: a methodological basis], Dmitry Burago Publ., K., 39 p.
6. Kofman, A. M. and Kruon, F. P. (1975), “Massovoye obsluzhivaniye. Teoriya i prilozheniy” [Mass service. Theory and Application], Science, M., 120 p.
7. Kuznetsova, I. D. and Barzilovich, E. Y. (1990), “Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike / Spravochnik” [Reliability and efficiency in technology / Handbook], Mashinostroenie, M., 320 p.
8. Wentzel, E. S. and Ovcharov, L. A. (1991), “Teoriya sluchaynykh protsessov i yeye inzhenernyye prilozheniya” [Theory of random processes and its engineering applications], Science, M., 145 p.
9. Shishanov, M. A., etc. (2015), “Osnovy voyenno-tekhnicheskikh issledovaniy. Teoriya i prilozheniya. T. 9. Prikladnyye aspekty ispytaniy i teoretiko-eksperimental'nykh issledovaniy vooruzheniya i voyennoy tekhniki” [Basics of military-technical research. Theory and applications. V. 9. Applied Aspects of Testing and Theoretical Experimental Studies of Weapons and Military Equipment], Dmitry Burago Publ., K., 433 p.
10. Wentzel, E. S. (1969), “Teoriya veroyatnostey” [Probability theory], Science, M., pp. 124-127.
11. Polovko, A. M. (1964), “Osnovy teorii nadezhnosti” [Fundamentals of the theory of reliability], Science, M., 206 p.
12. Saaty, T. L. (1974), “Elementy teorii massovogo obsluzhivaniya i yeye primeneniya” [Elements of queuing theory and its applications], Sow. Radio, M., 233 p.

Відомості про авторів

Шишанов Михайло Олексійович

доктор технічних наук, професор
провідний науковий співробітник
Центрального науково-дослідного інституту озброєння та
військової техніки Збройних Сил України,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7121-3666>

Веретнов Андрій Олександрович

ад'юнкт (штатний) науково-організаційного відділу
Центрального науково-дослідного інституту озброєння та
військової техніки Збройних Сил України,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-0160-7325>
e-mail: andreiveretnov777.7@gmail.com

Information about the authors

Mychailo Shishanov

Doctor of Technical Sciences, Professor
Lead Researcher
Central scientific research institute of armaments and military
equipment of Armed Forces of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7121-3666>

Andrei Veretnov

ad'yunkt (state) of science-organizational activity
Central scientific research institute of armaments and military
equipment of Armed Forces of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-0160-7325>
e-mail: andreiveretnov777.7@gmail.com

Стаття надійшла до редколегії 10.07.2019 р.

Рецензент А. В. Гурнович д-р техн. наук (Цен-
тральний науково-дослідний інститут озброєння та вій-
ськової техніки Збройних Сил України, м. Київ)
<https://orcid.org/0000-0002-2041-4978>

Рецензент О. М. Купрінченко д-р техн. наук
(Національна академія сухопутних військ
ім. гетьмана Петра Сагайдачного)
<https://orcid.org/0000-0001-6692-0959>