

GENERAL ISSUES OF ENGINEERING SCIENCES

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-388-0-22>

APPROACH TO CALCULATION THE PRODUCTIVITY OF REPAIR AND RESTORATION UNITS IN COMBAT CONDITIONS

ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ БЕЗВІДМОВНОСТІ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ БОЙОВИХ ДІЙ

Shlusarenko M. O.

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher,
Senior Research Scientist,
Central Research Institute
of the Armed Forces of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Слюсаренко М. О.

*кандидат технічних наук,
старший дослідник,
старший науковий співробітник,
Центральний науково-дослідний
інститут Збройних Сил України
м. Київ, Україна*

Solomitsky O. I.

*Doctor of Military Sciences,
Senior Researcher,
Head of Division,
Central Research Institute
of the Armed Forces of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Соломицький О. І.

*доктор військових наук,
старший дослідник,
начальник відділу,
Центральний науково-дослідний
інститут Збройних Сил України
м. Київ, Україна*

У мирний час у Збройних Силах будь-якої держави вихід озброєння та військової техніки (ОВТ) з ладу значною мірою обумовлений тривалістю перебування її в експлуатації, оскільки на зразках спостерігаються процеси погіршення технічного стану елементів та матеріалів через їх старіння та зношення. У воєнний час до цього додаються пошкодження техніки в умовах бойової обстановки. Аналіз сучасного технічного стану ОВТ показав, що відбуваються досить часті відмови через обмежену технічну надійність. Задача відповідних ремонтно-відновлювальних органів буде зводитись до своєчасного відновлення технічної готовності виведених з ладу ОВТ, причому складніше ця задача буде розв'язуватися стосовно техніки, що відмовила внаслідок вогневого впливу з боку противника, у зв'язку з чим ремонтно-відновлювальні органи будуть зайняті, здебільшого, відновленням саме цієї техніки. Україна має зараз унікальний досвід

ведення бойових дій, тому актуальною задачею у заданих умовах є визначення безвідмовності військової техніки протягом часу її безперервної роботи, оскільки невиконання поставлених завдань може призвести до фатальних наслідків.

Оскільки безвідмовність є складовою надійності, дослідники часто об'єднують ці поняття. Наприклад, у [1] автори вирішують задачу оцінювання наявного та забезпечення заданого рівня надійності автобронетанкової техніки за допомогою дослідження процесу зміни ймовірності безвідмовної роботи. Методику оцінювання надійності кулькових опор башти бойової машини піхоти розробили науковці у [2]. Автори у [3] пропонують підхід до прогнозування ефективності маршу військового формування за надійністю зразка ОБТ з використання коефіцієнту оперативної готовності. Але у даних роботах не враховуються умови бойових дій.

Військова техніка може виходити з ладу через різні причини: внаслідок обмеженої технічної надійності, через вогневий вплив з боку противника під час ведення бойових дій або за сумісного впливу обох цих факторів. Імовірність повної групи несумісних подій буде обчислюватися наступним чином, [4]:

$$P(t) = P(t)_1 + P(t)_2 + P(t)_3 + P(t)_4, \quad (1)$$

де $P(t)_1$ – стан зразка техніки з урахуванням тільки технічної складової;

$P(t)_2$ – стан зразка техніки з урахуванням тільки вогневого впливу противника;

$P(t)_3$ – стан зразка техніки за сумісного впливу обох цих факторів;

$P(t)_4$ – стан зразка техніки якщо ніякі фактори не впливають.

У свою чергу можна записати, що

$$P(t)_1 = P(t)_H \cdot (1 - P(t)_B), \quad (2)$$

$$P(t)_2 = P(t)_B \cdot (1 - P(t)_H), \quad (3)$$

$$P(t)_3 = P(t)_H \cdot P(t)_B, \quad (4)$$

$$P(t)_4 = (1 - P(t)_H) \cdot (1 - P(t)_B), \quad (5)$$

де $P(t)_H$ – імовірність безвідмовної роботи СВУ за рахунок тільки обмеженої технічної надійності;

$P(t)_\beta$ – імовірність безвідмовної роботи СВУ за рахунок тільки вогневого впливу противника

Підставляючи вирази (2)–(5) у (1) отримаємо:

$$\begin{aligned} P(t) &= P(t)_H \cdot (1 - P(t)_\beta) + P(t)_\beta \cdot (1 - P(t)_H) + P(t)_H \cdot P(t)_\beta + (1 - P(t)_H) \cdot (1 - P(t)_\beta) = \\ &= P(t)_H - P(t)_H \cdot P(t)_\beta + P(t)_\beta - P(t)_\beta \cdot P(t)_H + P(t)_H \cdot P(t)_\beta + 1 - P(t)_\beta - P(t)_H + \\ &\quad + P(t)_H \cdot P(t)_\beta = 1 \end{aligned}$$

Отже, результат свідчить, що усі стани СВУ враховані, оскільки імовірність повної групи несумісних подій дорівнює одиниці.

Далі потрібно дослідити як зміниться стан ОВТ, коли фактори будуть діяти у різних комбінаціях. Якщо виключити стан зрзка техніки коли ніякі фактори не впливають, імовірність безвідмовної роботи ОВТ, згідно з теоремою додавання ймовірностей можна записати:

$$P^0(t) = P(t)_1 + P(t)_2 + P(t)_3, \quad (6)$$

Підставляючи вирази (2)–(4) у (6) отримаємо:

$$\begin{aligned} P^0(t) &= P(t)_H \cdot (1 - P(t)_\beta) + P(t)_\beta \cdot (1 - P(t)_H) + P(t)_H \cdot P(t)_\beta = \\ &= P(t)_H - P(t)_H \cdot P(t)_\beta + P(t)_\beta - P(t)_H \cdot P(t)_\beta + P(t)_H \cdot P(t)_\beta = \\ &= P(t)_H + P(t)_\beta - P(t)_H \cdot P(t)_\beta \end{aligned} \quad (7)$$

Моделювання безвідмовності ОВТ без урахування умов бойової обстановки доцільно здійснювати з використанням розподілу Вейбулла-Гнеденко, що дозволяє більш коректно урахувати старіння та зношення її комплектуючих [5]:

$$P(t)_H = e^{-\theta \cdot t^\alpha}, \quad (8)$$

де t – час безперервної роботи ОВТ (год);

θ – параметр розподілу Вейбулла, який у даному випадку визначає інтенсивність λ ($\lambda = \frac{1}{T}$, 1/год) відмов СВУ за рахунок обмеженої технічної надійності;

T – величина середнього часу наробітку до відмови ОВТ з урахуванням усіх факторів, які впливають на її стан (год);

α – параметр, який враховує старіння та зношення ОВТ у процесі експлуатації у військах.

Ймовірність відмови ОВТ за рахунок вогневого впливу з боку противника, наприклад, за експоненціального розподілу випадкової величини часу безвідмовної роботи становитиме:

$$P(t)_\beta = e^{-\varepsilon \cdot t}, \quad (9)$$

де ε – узагальнена (вислідна) величина відносних погодинних бойових втрат техніки у результаті вогневого впливу з боку противника.

Підставляючи (8) та (9) у (7) отримаємо вираз для обчислення ймовірності безвідмовної роботи ОВТ протягом часу її безперервної роботи з урахуванням обох факторів:

$$P^0(t) = e^{-(0 \cdot t^{\alpha-1} + \varepsilon) \cdot t} = e^{-\left(\frac{1}{T} \cdot t^{\alpha-1} + \varepsilon\right) \cdot t} \geq P_{\text{ПОТР}}, \quad (10)$$

де $P_{\text{ПОТР}}$ – необхідне (потрібне) значення ймовірності безвідмовної роботи СВУ в умовах урахування як обмеженої технічної надійності, так і вогневого впливу з боку противника.

Якщо величина ε відома, можна визначити кількість ΔN_β виведених з ладу ОВТ тільки за рахунок вогневого впливу з боку противника протягом часу безперервної роботи техніки для майбутнього планування роботи ремонтно-відновлювальних органів. У той же час техніка у ході бойових дій можуть виходити з ладу і внаслідок тільки обмеженої технічної надійності ΔN_H .

Далі важливим стає питання, стосовно моделювання виробничої діяльності ремонтно-відновлювальних органів. При цьому, необхідно визначити до якого ступеню можна прогнозувати цю продуктивність залежно від характеру пошкоджень військової техніки. Або інакше, як вплине досягнута величина середнього часу безвідмовної роботи техніки на підтримання її у технічно готовому стані, як зміниться величина T з урахуванням втрат (відмов) у результаті обмеженої технічної надійності порівняно з величиною відносних втрат за рахунок вогневого впливу з боку противника. Якщо прийняти, що $\frac{\Delta N_H}{\Delta N_\beta} \leq \sigma$, то можна знайти

значення наробітку до відмови за якого буде виконуватися дана умова.

Таким чином, знаючі очікувану величину ремонтного фонду можна визначити виробничу діяльність ремонтно-відновлюваних органів з урахуванням бойової обстановки. Запропонований підхід дає змогу більш коректно визначати реальний час наробітку на відмову техніки при проектуванні.

Література:

1. Ковтун А. В., Кужелович В. І., Лукашенко С. С. Оцінювання зміни надійності автобронетанкової техніки військової частини під час експлуатації. *Зб. наук. пр. Національної академії Національної гвардії України*. 2019. Вип. № 2 (34). С. 5–13. URL: <https://znp.nandu.edu.ua>.
2. Акімов О. О., Бояров В. Т., Жданюк М. М. та ін. Розроблення методики оцінювання надійності кулькових опор башти бойової машини піхоти. *Зб. наук. пр. Державного наук.-досл. Інституту випробувань та сертифікації озброєння та військової техніки*. 2021. Том 9 № 3. С. 4–9. URL: <https://dndivsovt.com>.
3. Чорний М. В., Степанов С. С. Прогнозування ефективності маршу військового формування за надійністю зразків озброєння та військової техніки аналітичним моделюванням. 2014. *Військово-технічний збірник Академії сухопутних військ, Львів*. № 2(11). С. 64–69. URL: <https://vtz.asv.gov.ua>.
4. Кузнецов В. М., Бусарова Т. М., Звонарьова О. В., Агошкова Т. А. Теорія ймовірностей. Ч. 1. Випадкові події: методичні вказівки. Дніпропетровськ: Національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна, 2013. 48 с.
5. Розподіл Вейбулла (модель слабкої ланки). URL: <http://1vik.ru>.