

УДК 629.076:623.426



О. В. Іванченко



А. В. Ковтун



А. О. Іванченко

## ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ЖИВУЧОСТІ БРОНЕТРАНСПОРТЕРІВ НА ВОДІ ЗА НАЯВНОСТІ БОЙОВИХ ПОШКОДЖЕНЬ

*Розглянуто поняття живучості як складової боєздатності військової техніки під час форсування водних перешкод. Визначено водохідні властивості бронетранспортера та умови його плавучості. Запропоновано математичну модель процесу руху бронетранспортера вплав за наявності бойових пошкоджень. Запропоновано формулу для визначення шляху, який може подолати бронетранспортер з бойовими пошкодженнями по воді, та показник подолання водної перешкоди бронетранспортером з бойовими пошкодженнями.*

*К л ю ч о в і с л о в а:* бронетранспортер, показник, живучість, водна перешкода, плавучість, остійність, маневреність, бойові пошкодження, сумарний тиск води, статистичний напір.

**Постановка проблеми.** Досвід проведення операції Об'єднаних сил показав, що частини і підрозділи НГУ мають бути готовими до стримування збройного конфлікту, а в разі його ескалації – до відсічі збройної агресії і участі в заходах територіальної оборони.

Велике значення у відсічі збройної агресії проти України має воєнно-географічний чинник [1]. Аналізуючи фізико-географічні умови геопростору, значну увагу необхідно приділяти вивченню і оцінюванню таких природних і штучних перешкод, як ріки, озера, канали, водосховища і болота, через те що вони суттєво впливають на бойові дії військ.

Найпоширенішими водними перешкодами є ріки. Вони можуть прикривати або роз'єднувати фланги військ, утруднювати маневр, знижувати темпи просування чи навпаки, створювати сприятливі умови для побудови в короткі строки обмеженими силами і засобами стійкої оборони. Факторами, що визначають оперативно-тактичні властивості рік, є їх ширина і глибина, швидкість течії, характер ґрунту (дна, берегів), водний (льодовий) режим сезонів року, наявність мостів, гідроспоруд, бродів, зручних ділянок для переправ, а також характер прилеглої місцевості.

На підставі аналізу гідрографічних умов формулюють висновки про позитивний чи негативний вплив гідрографії на бойові дії військ, визначають найбільш зручні ділянки для форсування водних перешкод.

В Україні є велика кількість річок шириною від 200 м до 300 м, відстань між якими складає від 80 км до 100 км, та річок шириною від 50 м до 100 м і відстанню між ними від 30 км до 50 км. Військові частини за добу в наступі можуть зустріти від 5 до 20 водних перешкод. Причому 20 % водних перешкод мають ширину більше 20 м і потребують для їх подолання обладнання спеціальних переправ [1].

Все це дозволяє стверджувати, що форсування водних перешкод займатиме значне місце у пересуванні військ. Способи форсування водних перешкод поділяються на форсування з планомірною підготовкою та форсування з ходу.

Форсування з планомірною підготовкою проводиться в тих випадках, коли війська до початку наступу знаходились у безпосередньому зіткненні з противником біля водної перешкоди або коли форсування водної перешкоди з ходу не вдалося.

Форсування з ходу є основним способом подолання водних перешкод. Для цього використовуються плаваючі бойові машини, серед них і бронетранспортери [2].

Бронетранспортер (БТР) – бойова броньована колісна машина підвищеної прохідності, призначена для транспортування піхоти зі складу механізованих підрозділів на полі бою, ведення ними бою з

машини та вогневої підтримки їх в період та після спішування. Бронетранспортери використовуються також для ведення розвідки, охорони, патрулювання, зв'язку, а спеціально обладнані БТР – для доставляння на поле бою зброї, боєприпасів, інших військових вантажів, а також евакуації поранених.

Виконуючи зазначені задачі, бронетранспортери можуть отримувати бойові пошкодження від зброї противника. Тому пошук нових способів підвищення живучості бронетранспортерів, зокрема при подоланні водних перешкод, є актуальним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Науковим підґрунтям досліджень з оцінювання рівня живучості БТР є теорія ефективності застосування озброєння та військової техніки, експлуатація автобронетанкової техніки, основи теорії надійності автобронетанкової техніки, теорія ймовірностей та математична статистика. Основні залежності, які використовуються у визначенні рівня живучості військової техніки, наведені у статті [3]. Принципи проектування плаваючих бойових машин наведені у праці [4].

Натурні випробування БТР потребують значних організаційних і економічних витрат, пов'язані з ризиком для життя випробувачів, з ризиком затоплення машини і не можуть застосовуватися на стадії проектування зразка [5]. Тому для оцінювання непотоплюваності БТР існують достатньо добре відпрацьовані розрахункові методики [6].

Проте розрахункових методик визначення можливості подолання водної перешкоди плаваючою машиною з бойовими пошкодженнями, якими можна було б користуватися у практичній діяльності, поки немає.

Однак є праці, в яких наведені спроби отримати теоретичні відомості, що стосуються руху на воді плаваючих машин з бойовими пошкодженнями. Так, у статті [7] наведена математична модель процесу подолання водної перешкоди плаваючою машиною з бойовими пошкодженнями. У статті [8] розглянута непотоплюваність БТР-82А за наявності бойових пошкоджень.

Разом з тим у відомих працях не наведені показники живучості бронетранспортерів на воді за наявності бойових пошкоджень при виконанні завдань за призначенням з форсуванням водних перешкод.

**Мета статті** – отримати показник живучості БТР під час подолання водних перешкод за наявності бойових пошкоджень.

**Виклад основного матеріалу.** Плаваючими називають машини, що здатні долати водні перешкоди на плаву. Такі машини можуть довгий час триматися на воді, самостійно рухатися, маневрувати, а також в'їжджати у воду та виїжджати з неї. Плаваючі машини повинні забезпечувати визначені водохідні властивості, до яких відносять плавучість, остійність, рухливість та маневреність на воді [4].

Плавучість – здатність машини триматися на поверхні води, не занурюючись нижче ватерлінії.

Остійність – здатність плаваючої машини, що відхилена від положення рівноваги, повертатися в початкове положення після закінчення дії відхиляючих сил і моментів.

Рухливість – здатність плаваючої машини переміщуватися по воді з потрібною швидкістю та визначеними витратами потужності.

Маневреність – здатність плаваючої машини швидко та на малій площі водної поверхні змінювати напрямок руху.

Здатність в'їжджати у воду та виїжджати з неї без підготовки є принциповою відмінністю плаваючих машин від інших водохідних засобів.

При зануренні машини у воду на її підводну частину діє сила плавучості [4]

$$Q = \gamma \cdot W_{\text{ОВ}}, \quad (1)$$

де  $\gamma$  – об'ємна вага води,  $\text{н/м}^3$ ;

$W_{\text{ОВ}}$  – об'ємна водотоннажність машини,  $\text{м}^3$ .

Сила плавучості прикладається у центрі ваги об'єму води (точка  $P$  на рис. 1).

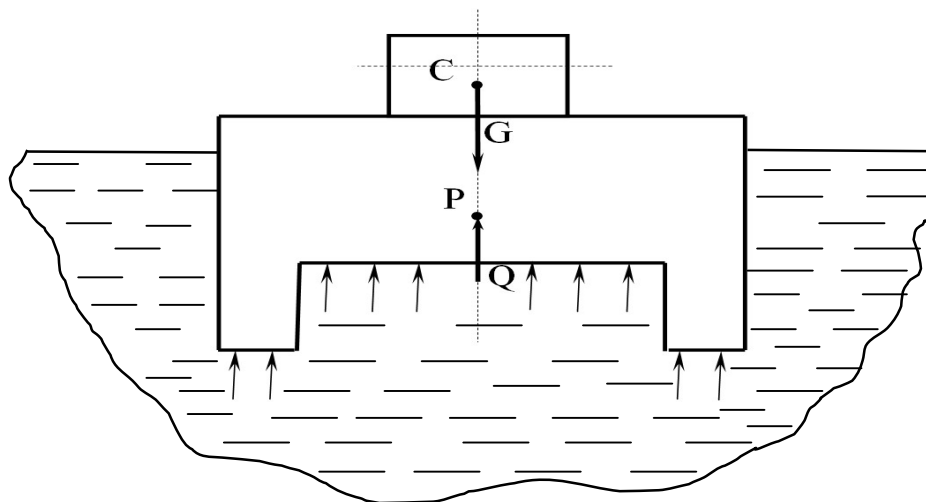


Рисунок 1 – Сили, що діють на бронетранспортер на воді

Сила ваги повинна врівноважуватися силою плавучості  $Q = G$  (перша умова плавучості). Сила ваги прикладається у центрі ваги (точка  $C$  на рис. 2).

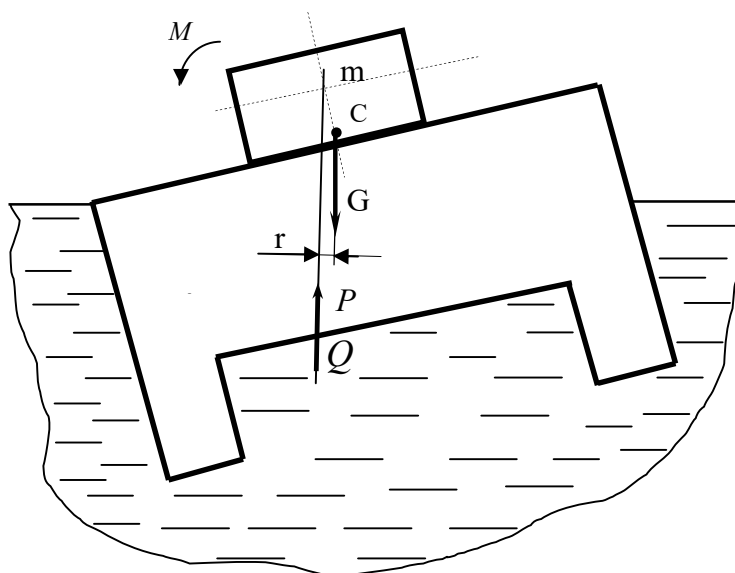


Рисунок 2 – Сили та моменти, що діють на бронетранспортер на воді

Друга умова плавучості – лінії дії сил ваги та плавучості повинні співпадати. Плаваюча машина буде знаходитися у рівновазі, якщо її сила ваги та сила плавучості розташовані на одній лінії (вертикалі). Якщо до плаваючої машини прикласти момент  $M$  (рис. 2), то машина нахилиться та прийме деяке нове положення. При цьому зміниться форма підводної частини, а центр водотоннажності зміститься на величину  $r$  від лінії дії сили  $G$ . Якщо припинити дію моменту  $M$ , то під дією відновлюючого моменту  $M_f = Q \cdot r$  машина повернеться у положення рівноваги. Така здатність машини називається остійністю. Точка перетину вертикальної осі машини з лінією дії сили плавучості називається метацентром (точка  $m$  на рис. 2). Машина має остійність, якщо метацентр знаходиться вище центра мас.

При русі машини по воді на неї крім гідростатичних сил діють гідродинамічні сили. Спротив руху машини на воді  $R$  визначається за формулою [4]

$$R = [600 \cdot (F_r)^2 - 300 \cdot F_r + 63,5] \cdot S \cdot V_{\text{маш}}^2, \quad (2)$$

де  $F_r$  – число Фруда;

$S$  – поперечна площа підводної частини машини,  $\text{м}^2$ ;

$V_{\text{маш}}$  – швидкість руху машини,  $\text{км/год}$ .

Сила, що рухає машину на плаву, утворюється водохідним рушієм.

Математична модель процесу руху БТР на плаву за наявності бойових пошкоджень (при потраплянні води в корпус) базується на рівнянні непотопляємості [7]

$$K_{\text{дзи}} = \tau \cdot n_{\text{сзп}} \geq t \cdot (Q_{\text{потр}} - Q_{\text{відкач}}), \quad (3)$$

де  $K_{\text{дзи}}$  – динамічний запас плавучості,  $\text{м}^3$ ;

$n_{\text{сзп}}$  – статичний запас плавучості,  $\text{м}^3$ ;

$\tau$  – емпіричний коефіцієнт, що регламентує гранично допустиму кількість води в корпусі БТР за умови збереження остійності (для БТР його значення знаходиться в межах від 0,7 до 0,9);

$t$  – час, протягом якого в БТР потрапляла забортна вода, с;

$Q_{\text{потр}}$  – сумарна витрата води, що потрапляє через пробоїну всередину БТР,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$Q_{\text{відкач}}$  – сумарна продуктивність засобів відкачування води з корпусу БТР,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Під запасом плавучості розуміється кількість води, яку машина може прийняти в корпус без втрати плавучості, зберігаючи при цьому здатність до самопересування.

Сумарна витрата води, що надходить через пошкодження в корпус БТР, визначається за формулою

$$Q_{\text{потр}} = \mu \cdot F_{\text{пошк}} \cdot \sqrt{2g \cdot h}, \quad (4)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт витрати, що залежить від форми пошкодження (для бойових пошкоджень БТР його значення знаходиться в межах від 0,6 до 0,65) [8];

$F_{\text{пошк}}$  – сумарна площа пошкоджень корпусу машини,  $\text{м}^2$ ;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;

$h$  – сумарний напір, під яким у корпус плаваючої машини надходить вода, м.

Сумарний напір води в районі пошкодження (без урахування протитиску води і повітря в корпусі БТР) визначається за формулою

$$h = h_{\text{ст}0} + c \cdot \frac{V_{\text{маш}}^2}{2g}, \quad (5)$$

де  $h_{\text{ст}0}$  – початковий статичний напір, що дорівнює відстані від ватерлінії до центра пошкодження, м;

$c$  – безрозмірний коефіцієнт, що характеризує місце розташування пробоїни; його значення знаходиться в межах від 1,1 до 1,2 [8].

Швидкість руху плаваючої машини внаслідок накопичення води в корпусі також змінюється і обчислюється за такою формулою [8]:

$$V_{\text{внв}} = V_{\text{маш}} \cdot \left[ 1 - d \cdot \left( \frac{W_{\text{нак.вод}}}{W_{\text{об}}} \right)^2 \right], \quad (6)$$

де  $W_{\text{нак.вод}}$  – обсяг накопиченої в корпусі води,  $\text{м}^3$ ;

$d$  – емпіричний коефіцієнт, що характеризує вплив води в корпусі на швидкість машини (для БТР його значення знаходиться в межах від 11 до 13 [8]).

Якщо сумарна витрата води, що надходить через пошкодження в корпус БТР (3), менша або дорівнює сумарній продуктивності засобів водовідкачування  $Q_{\text{відкач}}$ , то час руху плаваючої машини і відстань, яку вона долає в пошкодженому стані, не обмежені, і машина досягне берега. Якщо сумарна витрата води більше продуктивності засобів водовідкачування, то відбуватиметься поступове накопичення води в корпусі БТР. У міру її накопичення будуть збільшуватися статичний напір і сумарна витрата води через пошкодження, а швидкість руху машини зменшуватиметься.

Заданося яким-небудь інтервалом часу руху, наприклад одна секунда, через який будемо перераховувати значення  $t$ ,  $h$ ,  $q$  та  $V_b$ , підставляючи їх у рівняння непотоплюваності (1) доти, поки машина не втратить плавучість або остійність. Сума тимчасових інтервалів  $t_i$  складе загальний час руху машини в пошкодженому стані, а сума відрізків шляху  $S_i$ , отриманих як добуток тривалості часового інтервалу  $t$  і швидкості машини на плаву  $V_i$  у цьому інтервалі, складе відстань  $S_{\text{сум}}$ , що долає машина на плаву в пошкодженому стані у разі надходження води в корпус.

Шлях, який може подолати БТР з бойовими пошкодженнями по воді, визначається залежністю

$$S_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n (V_{\text{маш}} \cdot t_i), \quad (7)$$

де  $n$  – кількість інтервалів руху машини.

Як показник живучості БТР з бойовими пошкодженнями у випадку подолання водної перешкоди використаємо коефіцієнт можливості подолання водної перешкоди  $K_{\text{мпвп}}$ , який визначається за формулою

$$K_{\text{мпвп}} = \frac{S_{\text{сум.мож}}}{S_{\text{необ}}} > 1, \quad (8)$$

де  $S_{\text{сум.мож}}$  – сумарна можлива відстань, яку може подолати БТР з бойовими пошкодженнями по воді, м;

$S_{\text{необ}}$  – необхідна відстань, яку потрібно подолати БТР з бойовими пошкодженнями по воді, м.

Цей показник є комплексним оцінним показником непотоплюваності БТР. Якщо значення комплексного показника менше 1, то можна вважати, що машина не здатна в даних умовах подолати (форсувати) водну перешкоду.

Розглянемо приклад визначення можливості подолання водної перешкоди шириною  $S_{\text{необ}} = 200$  м плаваючою машиною (БТР) для вихідних даних, наведених у таблиці 1.

Таблиця 1

$W_{\text{ОВ}} = 17,5 \text{ м}^3$	$Q_{\text{відкач}} = 0,008 \text{ м}^3/\text{с}$	$h_{\text{ст0}} = 0,5 \text{ м}$	$r = 0,7$	$c = 1,1$
$n_{\text{сзп}} = 3,7 \text{ м}^3$	$V_{\text{маш}} = 2,5 \text{ м/с}$	$F_{\text{пошк}} = 0,01 \text{ м}^2$	$\mu = 0,6$	$d = 11$

Розрахунки за формулами (3)–(7) дозволили отримати такі результати:

$$K_{\text{дзп}} = \tau \cdot n_{\text{сзп}} = 0,7 \cdot 3,7 = 2,6 \text{ м}^3;$$

$$h = 0,5 + 1,1 \cdot \frac{2,5^2}{2 \cdot 9,81} = 0,85 \text{ м};$$

$$Q_{\text{потр}} = 0,6 \cdot 0,01 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,85} = 0,024 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$t = \frac{2,6}{0,016} = 157 \text{ с};$$

$$S_{\text{сум}} = 2,5 \cdot 157 = 392,5 \text{ м}; \quad K_{\text{мпвп}} = \frac{392,5}{200} = 1,96 > 1.$$

Таким чином, за наведених вихідних даних БТР може подолати водну перешкоду шириною 200 м.

### Висновок

Запропоновані показник живучості бронетранспортерів на воді за наявності бойових пошкоджень та математичну модель непотоплюваності машин можна використовувати для прогнозування можливих втрат бойових машин при підготовці до ведення бойових дій з подоланням (форсуванням) водних перешкод, а також у навчальному процесі військових навчальних закладів для вирішення

теоретичних і практичних завдань з визначення можливості застосування БТР при подоланні (форсуванні) водних перешкод.

Подальші дослідження в даному напрямку пов'язані з розробленням показників непотоплюваності інших сучасних зразків бойових машин.

#### **Перелік джерел посилання**

1. Примаченко К. В., Шевченко О. В. Оперативне обладнання території у топогеодезичному відношенні. *Застосування космічних та геоінформаційних систем в інтересах національної безпеки та оборони* : зб. тез доп. IV міжнарод. наук.-практ. конф. (Київ, 10 квіт. 2019 р.). Київ, 2019. С. 72.
2. Жук О. В. Особливості комплектування СВ ЗСУ сучасними броньованими автомобілями. *Перспективи розвитку ОВТ СВ* : зб. тез доп. міжнар. НТК, Львів 17, 18 трав. 2018 р. Львів, 2018. С. 32, 33.
3. Бонин А. С. Боевые свойства и эффективность вооружения и военной техники. *Военная Мысль*. 2005. № 1. С. 65–68.
4. Степанов А. П. Проектирование амфибийных машин. Москва : Мегалион, 2007. 420 с.
5. Плавающие машины гусеничные и колесные: типовая методика испытаний на плаву / ФГУ «38 НИИИ МО РФ». Москва : Кубинка, 2010. 67 с.
6. Расчет плавучести и статической остойчивости / БТР-4Е В1318.03РР-01. Харьков : ГПХКБМ, 2010. 16 с.
7. Серяков О. А. Математическое моделирование процесса преодоления водной преграды плавающей машиной с боевыми повреждениями. *Вестник Сибирского отделения Академии военных наук*. 2010. № 3. С. 27–33.
8. Непотопляемость БТР-82А при наличии боевых повреждений / О. А. Серяков и др. *Наука и военная безопасность*. № 4(15). 2018. С. 48–55.

*Стаття надійшла до редакції 22.09.2021 р.*

**УДК 629.076: 623.426**

**О. В. Іванченко, А. В. Ковтун, А. О. Іванченко**

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ЖИВУЧЕСТИ БРОНЕТРАНСПОРТЕРОВ НА ВОДЕ ПРИ НАЛИЧИИ БОЕВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ**

*Рассмотрено понятие живучести как составляющей боеспособности военной техники во время форсирования водных преград. Определены водоходные свойства бронетранспортера и условия его плавучести. Предложена математическая модель процесса движения бронетранспортера на плаву при наличии боевых повреждений. Предложена формула для определения пути, который может преодолеть БТР с боевыми повреждениями по воде, и показатель преодоления водной преграды бронетранспортером с боевыми повреждениями.*

*К л ю ч е в ы е с л о в а:* бронетранспортер, показатель, живучесть, водная преграда, плавучесть, остойчивость, маневренность, боевые повреждения, суммарное давление воды, статистический напор.

UDC 629.076: 623.426

**О. Ivanchenko, A. Kovtun, A. Ivanchenko**

### **DETERMINATION OF THE SURVIVABILITY RATE OF ARMORED PERSONNEL CARRIER ON WATER WITH COMBAT DAMAGE**

*The main direction of increasing the combat readiness of units and subdivisions of the NGU is to solve the problems of their technical equipment. Sufficient quantity and high quality of military equipment form the basis of the necessary combat readiness of troops. Units and subdivisions of the NGU must be ready to contain the armed conflict, and in case of its escalation - to repel armed aggression and participate in territorial defense measures. The military-geographical factor has a significant impact in repelling armed aggression against Ukraine. Based on the analysis of hydrographic conditions, conclusions are made about the positive or negative impact of hydrography on military operations, the most convenient areas for forcing water obstacles are determined. This suggests that the forcing of the water barrier is the basis of combat operations of units, and will be characteristic of the development of the offensive in operational depth. Methods of forcing water barriers are considered and it is proposed to divide into forcing with systematic preparation and forcing from the course. The concept of survivability as a component of combat capability of military equipment during the forcing of water obstacles is studied. The problem is related to the search for new ways to increase the survivability of combat vehicles while overcoming water obstacles. The scientific basis for research to assess the survivability of the armored personnel carrier is the theory of the effectiveness of weapons and military equipment, operation of armored vehicles, the basics of the theory of reliability of armored vehicles, probability theory and mathematical statistics. The water properties of the armored personnel carrier and its buoyancy conditions are determined. A mathematical model of the process of moving an armored personnel carrier afloat in the presence of combat damage is proposed. An expression for determining the path that can overcome the armored personnel carrier with combat damage on the water, and the rate of overcoming the water barrier armored personnel carrier with combat damage.*

*Key words: armored personnel carrier, indicator, survivability, water barrier, buoyancy, stability, maneuverability, combat damage, total water pressure, statistical pressure.*

**Іванченко Олег Васильович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автобронетанкової техніки Національної академії Національної гвардії України.  
<http://orcid.org.0002-0002-4973-0501>

**Ковтун Анатолій Васильович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри оперативного та логістичного забезпечення Національної академії Національної гвардії України.  
<http://orcid.org.0000-0002-8427-1005>

**Іванченко Артем Олегович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри тактики Національної академії Національної гвардії України.  
<http://orcid.org.0000-0001-9133-5284>