

УДК 629.07.54

**Карачун Володимир Володимирович**

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри біотехніки та інженерії  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Карачун Владимир Владимирович**

доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры биотехники и инженерии  
Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

**Karachun V.**

doctor of technical science, professor  
National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

**ФОРМУВАННЯ ШТУЧНОЇ ПЕРЕШКОДИ ВИЯВЛЕННЯ  
ВОГНЕВИХ ЗАСОБІВ В РАЙОНІ БОЙОВИХ ДІЙ  
ФОРМИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ПРЕПЯТСТВИЯ  
ОБНАРУЖЕНИЯ ОГНЕВЫХ СРЕДСТВ В РАЙОНЕ БОЕВЫХ  
ДЕЙСТВИЙ**

**FORMING OF ARTIFICIAL OBSTACLE OF EXPOSURE OF FIRE  
WEAPONS IS IN DISTRICT OF BATTLE ACTIONS**

***Анотація:** Аналізується можливість технічної реалізації маскування вогневих засобів польової фортифікації відкритого типу від повітряної розвідки. Доведено, що скритність і обмежена примітність бойової техніки може бути забезпечена шляхом штучного формування поверхні перешкоди засобам пошуку у вигляді зон каустики в рідинній*

частині циліндричного модуля маскувального тунелю. Окреслені умови формування поверхні захисту від локаційного променя на резонансному рівні хвильового співпадання та значного хвильового розміру оболонки модуля.

**Ключові слова:** хвильовий розмір, аберація, зона каустики, хвильове співпадання.

**Аннотація:** *Анализируется возможность технической реализации маскировки огневых средств полевой фортификации открытого типа от воздушной разведки. Доказано, что скрытность и ограниченная примечательность боевой техники может быть обеспечена путем искусственного формирования поверхности препятствия средствам поиска в виде зон каустики в жидкостной части цилиндрического модуля маскировочного тоннеля. Очерченные условия формирования поверхности защиты от локационного луча на резонансном уровне волнового совпадения и значительного волнового размера оболочки модуля.*

**Ключевые слова:** волновой размер, абберация, зона каустики, волновое совпадение.

**Summary:** *Possibility of technical realization of disguise of fire weapons of the field fortification of open type is analysed from an airspionage. It is well-proven that secrecy and limit notability of military equipment can be provided by the artificial forming of surface of obstacle to query facilities as zones of каустики in liquid part of the cylindrical module camouflage to the tunnel. Outlined terms of forming of surface of protecting from a location ray at resonant level of wave coincidence and considerable wave size of shell of the module.*

**Keywords:** wave size, абберация, zone of каустики, wave coincidence.

## **1. Вступ**

Значення маскуванню у підвищенні бойової ефективності фортифікаційних споруд достатньо велике. Певним чином, визначальне. Живучість укріплених позицій після артилерійської підготовки буде в цілому залежати від ступеня вогневої дії супротивника на позиції. Результативність вогневої дії у своїй більшості залежить від повноти даних повітряної розвідки супротивника. Найбільшого збитку позиціям і військам приносить прицільний вогонь, коли супротивник має точну дислокацію позиції, військової техніки, живої сили, а також чітко означені габаритні ознаки і примітність польової фортифікації.

Особливо небезпечним являється вогонь прямою наводкою гармат та протитанкових управляємих ракет (ПТУР) по виразно окресленим видимим цілям.

Звідси окреслюється головна задача – максимально ускладнити для розвідки виявлення і окреслення примітності засобів оборони. Це, в свою чергу, забезпечить неочікуваність супротивником застосування вогневої зброї на позиції. Наслідую відомому твердженню "... Здивувати – значить перемогти ...", буде закладено надійний фундамент перемоги.

Маскування – це вирішальний засіб для введення в оману супротивника і головний чинник звитяжної ходи.

## **2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми**

Час неминуче окреслив певні пріоритети у створенні засобів оборони та зовнішньої розвідки. Поряд з балістичними ракетами набувають ходи проекти крилатих ракет, суборбітальні та атмосферні гіперзвукові технології, різного функціонального призначення тощо [1]. Разом з тим, не втратили своїх позицій наземні засоби оборони – бойові машини (танки), зенітки, зенітно-мінометні засоби різного способу базування, самохідної артилерії, роботи-камікадзе і таке інше. Маючи досить протяжний сухопутний кордон, Україна традиційно приділяє велику увагу розвитку та

вдосконаленню бронетанкових військ, як одного з найбільш ефективних засобів оборони [2]. Тому, значення цього виду озброєння для держави важко переоцінити. Разом з тим, слід зазначити, що з появою сучасних засобів знищення, самотній танк став в певному сенсі уразливою мішенню. Особливо цей аспект уявляється за умов дальнього бою – завдовжки 3 км, коли бойова машина не має змоги своєчасно виявити протитанкові засоби супротивника, з одного боку, витрачає неприпустимо велику кількість часу на збирання, обробку і трансляцію навігаційної інформації в систему керування – з іншого. Ефективність ураження супротивника суттєво збільшується сполученням двох операцій – маневру вогнем і маневру рухом (вздовж фронту і вглиб). Перший полягає в зосередженні вогню декількох машин на бойовій цілі, другий – в керуванні рухом бойових одиниць, або підрозділів в цілому, на основі вичерпної, повної інформації про цілевказування танкам, які виконують бойову задачу. Це має на меті виявлення і класифікацію цілі оператором-командиром, трансляцію цієї інформації на підлеглу машину і, нарешті, пошук і виявлення бойової цілі оператором-виконавцем. Рівень небезпеки сучасних протитанкових засобів такий, що вони повинні бути нейтралізовані не більш як за 10-20 секунд з моменту їх виявлення [3]. Таким чином, проблема абсолютного маскуванню бронетанкових засобів уявляється однією з найбільш важливих складових бойового забезпечення і вирішення її постає надзвичайно актуальним [4-7].

Поява і розвиток бронетехніки, здатної захистити екіпаж і підтримати вогнем дружні підрозділу, призвело до створенню та вдосконаленню протитанкових засобів і іншого подібного озброєння. Така «гонка» захисту і зброї триває досі і, мабуть, ніколи не закінчиться. Як наслідок, за минулі десятиліття з'явилася маса нових засобів захисту. Так, раніше танкам було достатньо лише броні, яка захищала від куль і

осколків, а сучасна військова техніка далеко не завжди може обійтися тільки броньовим корпусом і потребує додаткових засобів захисту.

Науковці створили простий мімікуючий камуфляж. Вони розробили еластичний полімер, який повторює здатності шкіри кальмара і восьминога: міняє свій колір і текстуру поверхні. Камуфляж з такого еластомеру зможе сховати солдата або бронемашину в будь-якій обстановці. Команда вчених з МІТ та з Університету Дюка розробила новий еластичний електроактивний полімер з унікальними властивостями. Під впливом електричного струму матеріал змінює свій колір і текстуру, тобто є ідеальним камуфляжем, здатним приховати силует бійця на різному фоні. Крім камуфляжу, полімер можна використовувати для захисту бойової техніки від озброєння і у відеоекранах нового типу. На відміну від аналогічних камуфляжних технологій, еластомерний камуфляж не використовує дорогі тендітні екрани і може проводитися масово з доступної сировини та за допомогою стандартних виробничих процесів. Нинішній варіант полімеру може відтворювати обмежений діапазон кольорів і текстур, але, за заявою розробників, кількість варіантів розмальовки можна збільшити. "Принцип дії камуфляжу заснований на явищі деформації полімеру під впливом електричного струму. Це явище було виявлено ще в 2011 році. Деформація еластомеру активує особливі механічно чутливі молекули, впроваджені в полімер. Вони змушують камуфляж світитися або змінювати свій колір. Поки еластомерний камуфляж має один недолік: кожен тип еластомеру може відтворювати лише один шаблон текстури і кольору. Іншими словами, для створення повноцінного камуфляжу-хамелеона необхідно "зшивати" різні типи еластомеру. В даний час учені працюють над більш дешевим і простим рішенням цієї проблеми [8].

Досить давно фахівці промисловості та військові зрозуміли, що одна тільки броня навряд чи зможе забезпечити захист від усіх загроз.

Наслідком цього стала поява нових додаткових систем. В останні десятиліття проводились численні теоретичні дослідження. В якості останніх прикладів можна навести деякі результати американської програми FCS (Future Combat Systems – «Бойові системи майбутнього»). Результатом одного з досліджень в рамках програми FCS стала концепція Survivability Onion («Виживання лука») або Onion Skin («цибулиння»). Ця концепція передбачає поділ захисту бронемашини на шість умовних «шарів»: Avoid Encounter («Уникнути зустрічі»), Avoid Detection («Уникнути виявлення»), Avoid Acquisition («Уникнути супроводу»), Avoid Hit («Уникнути попадання»), Avoid Penetration («Уникнути пробиття») і Avoid Kill («Уникнути загибелі»). Кожен з них стосується різних моментів атаки противника і пов'язаний з використанням певних систем, призначених для запобігання тих чи інших ворожих дій. Концепція «Цибульного лушпиння» передбачає уникнення зустрічі з противником, запобігання виявлення ним своєї техніки і, якщо знадобиться, зрив його атаки, як до стрільби, так і в момент потрапляння ворожого боєприпасу. Нарешті, передбачаються заходи, спрямовані на підвищення живучості бронетехніки навіть у разі поразки. Запропонований поділ захисту на шість рівнів шарів представляє великий інтерес, оскільки розглядає різні процеси, з якими доводиться стикатися бронетехніці, а також може пропонувати вирішення поставлених завдань [9-11]

### **3. Мета та задачі дослідження**

За мету обрано пошук шляхів штучного маскуванню бронетанкової техніки в умовах бойових дій локальних військових конфліктів від засобів локації повітряної розвідки.

Задача досліджень полягає у штучному формуванні поверхні-перешкоди для засобів ехолокації повітряної розвідки при пошуку дислокації бойової техніки лінії оборони, зокрема, танків в окопах польової фортифікації відкритого типу.

Для досягнення поставленої мети слід:

Використовувати передові технології, зокрема, ультразвукові, віддаючи перевагу резонансним складовим взаємодії об'єкта і ультразвукового променя.

#### **4. Об'єкт досліджень**

За об'єкт досліджень слугує процес пружної взаємодії ультразвукового променя з циліндричним модулем у вигляді двох колових оболонок однакової довжини співвісно з'єднаних своїми торцями, герметичний проміжок між ними заповнений рідиною.

Опромінювання ззовні ультразвуковим променем впливає на властивості модуля, зокрема, на виникнення локальних особливостей зовнішньої оболонки, а також на зміну енергетичного стану рідинно-статичного проміжку між оболонками.

Являє неабиякий прикладний інтерес використання цих змін для задач ехолокації в плані штучного формування ситуації "акустичної прозорості".

Розрахункова модель вивчаємого явища відноситься до технічних засобів маскуванню вогневої бойової техніки, а саме до маскуванню польової фортифікації відкритого типу у вигляді окопа для танка з обмеженим сектором обстрілу і має на меті провести оцінку ступеня скритності та обмеженої примітності вогневих засобів позиції лінії оборони від повітряної розвідки супротивника.

#### **5. Опис конструкції випробувального стенду, методика досліджень і аналіз результатів**

Вивчаєма конструкція належить до галузі озброєння, зокрема до технічних засобів маскуванню вогневої бойової техніки, а саме до маскуванню польової фортифікації відкритого типу у вигляді окопів для танків з обмеженим сектором обстрілу, і може бути використана для



відтворення вимагаємої скритності та обмеженої примітності вогневих засобів позиції лінії оборони від повітряної розвідки супротивника.

Вивчаєма конструкція окопу для танка з обмеженим сектором обстрілу містить котлован, апарель (від фр. *appareil*) та бруствер [12] (рис. 1). Котлован охоплюється циліндричним тунелем з окремих, жорстко

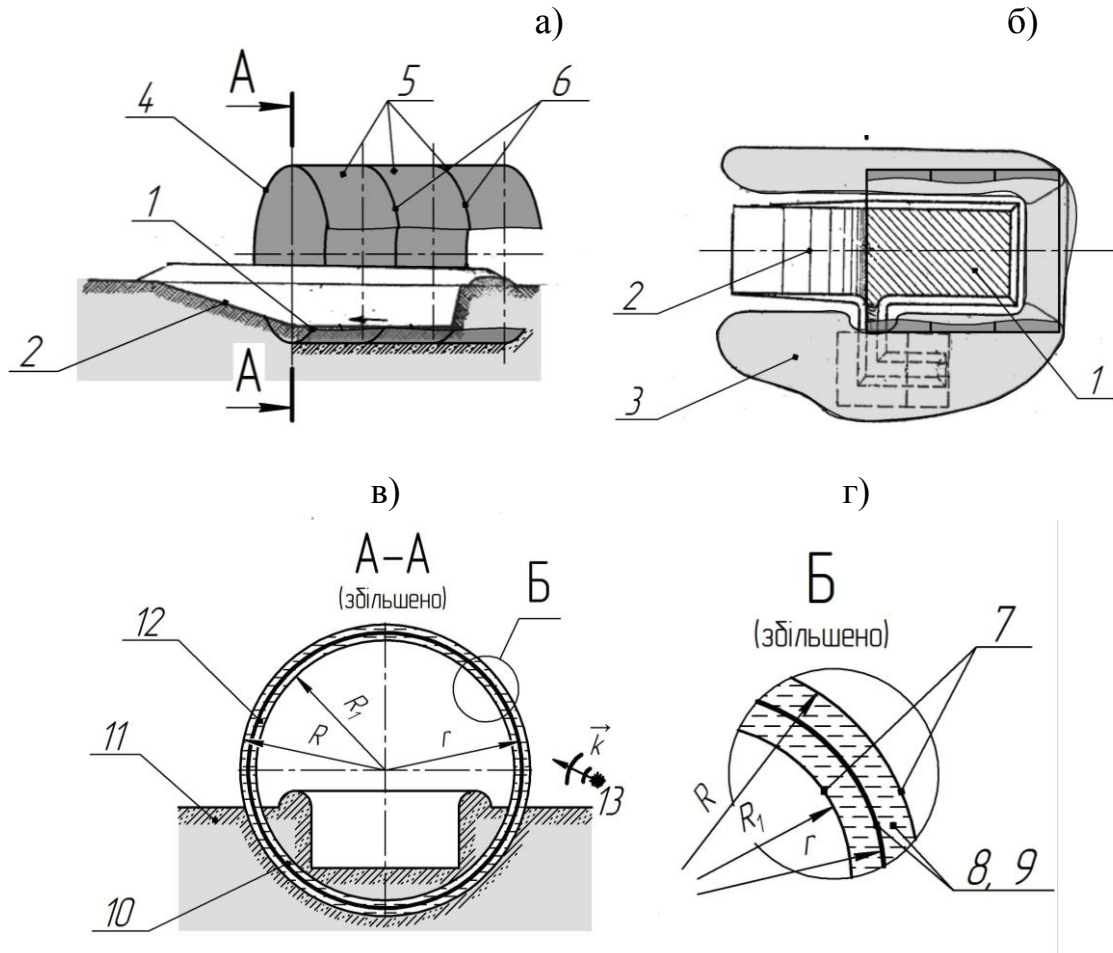


Рис. 1. Окоп для танка з обмеженим сектором обстрілу:

а – у поздовжньому перерізі загальний вид окопа для танка з обмеженим сектором обстрілу, схованим під маскувальним тунелем;

б - показаний в плані поздовжній переріз окопа для танка з обмеженим сектором обстрілу з маскувальним тунелем;

в - показаний поперечний переріз окопа для танка з обмеженим сектором обстрілу у маскувальному тунелю;

г - показаний герметичний, заповнений рідиною проміжок між зовнішньою і внутрішньою оболонками тунелю, збільшено

1- котлован; 2 – бруствер; 3 – апарель; 4 – циліндричний тунель; 5 – модуль циліндричного тунеля; 6 - жорстко з'єднані між собою торці модуля; 7 – дві, однакової довжини оболонки кожний радіусів  $R$  та  $R_1$ ; 8 – герметичний проміжок між оболонками; 9 – рідина; 10 - нижня частина поверхні тунелю; 11 – ґрунт; 12 – верхня частина поверхні тунелю; 13 – ультразвуковий промінь;  $\vec{k}$  - хвильовий вектор заданої частоти



з'єднаних між собою торцями, однакових циліндричних модулів у вигляді двох оболонок співвісно з'єднаних на своїх торцях плоскими кільцями, а герметичний проміжок між оболонками заповнений рідиною. Нижня частина поверхні тунелю занурюється у ґрунт під котлованом, а верхня частина поверхні тунелю захищається бруствером і опромінюється ультразвуковим променем заданої частоти, штучно генеруючи в звукопровідній поверхні зовнішньої оболонки колові хвилі на частотах, нижчих за граничну  $f_{гр}$  [13].

Якщо сформувавши хвильовий розмір зовнішньої оболонки набагато більшим за одиницю, тобто виконати нерівність

$$1 \ll kR,$$

де  $k = \frac{\omega}{c}$  - хвильове число;  $R$  - радіус зовнішньої оболонки;  $c$  - швидкість звуку в рідині;  $\omega$  - кутова частота ультразвукового випромінювання, тоді елемент оболонки можна вважати за плоский, який буде випромінювати у рідину звукову хвилю під кутом  $\alpha$  до швидкості  $V$  колової хвилі зовнішньої оболонки -  $\sin\alpha = \frac{c_0}{V}$  [4]. Застосовуючи методи променевої акустики, можна виявити причину формування поверхні каустики в рідині внаслідок наявної аберації (від лат. *aberratio*) випромінюваних зовнішньою оболонкою в рідину звукових хвиль, що випромінюються зовнішньою оболонкою у рідину [14]. Таке явище призведе до концентрації звукової енергії в рідині і утворить поверхню каустики циліндричної форми, конфокальної до внутрішньої поверхні зовнішньої оболонки. Це штучно створює в рідині поверхні підвищеної енергетики. Залишається напрям променя ультразвукового випромінювання спрямувати до поверхні зовнішньої оболонки під кутом співпадання, і сформувати резонансну ситуацію, коли настане просторовий (геометричний резонанс, або хвильове співпадання) резонанс, тобто ультразвуковий промінь буде проходити крізь оболонку без дисипації

енергії звукових хвиль [13] і надходити в рідину практично без втрат енергії, отже зовнішня оболонка стане "акустично прозорою".

Джерелом акустичного випромінювання випробувального стенду слугує ультразвукова промислова установка класу УЗП-6-1 потужністю 300 Вт і частотою випромінювання 42 кГц.

Для зручності сприйняття вивчаємого явища оболонки обрані із скла (рис. 2) (швидкість звуку ( $c_o = 1497 \text{ мс}^{-1}$ ), а рідиною в міжоболонковому просторі являється звичайна питна вода ( $V = 5370 \text{ мс}^{-1}$ ).

Радіус зовнішньої оболонки дорівнює  $R = 22,5 \text{ мм}$ , а радіус внутрішньої оболонки дорівнює  $R_1 = 18,5 \text{ мм}$ .

Хвильовий розмір становить:

$$kR = \frac{\omega}{c_{\text{п}}R} = 35.41 \cdot 10^3, \quad (1)$$

де  $c_{\text{п}} = 331 \text{ м/с}$  – швидкість звуку в повітрі. Таким чином, виконується вимога  $1 \ll kR$  для величини хвильового розміру зовнішньої оболонки.

Отже, внутрішня поверхня зовнішньої оболонки буде випромінювати в рідину під кутом  $\alpha$  звукові хвилі. Спостерігаєма аберація звукових хвиль в рідині здійснюється під кутом [14]  $\sin\alpha = \frac{c_R}{V} = 0,278$ , тобто  $\alpha = 16^\circ 10'$ .

Таким чином, радіус поверхні каустики у формі циліндричної поверхні співвісної з внутрішньою поверхнею зовнішньої оболонки буде дорівнювати

$$r = R \cos\alpha = 21,53 \text{ (мм)}. \quad (2)$$

Штучно сформована поверхня каустики являє собою просторовий розподіл зони підвищеної енергетики рідини, значної турбулентності. Ця зона стане на перешкоді променям засобів ехолокації і на екрані сенсорів буде зображення у вигляді розмиті плями (рис. 3). Підвищенням потужності ультразвукового випромінювання можна регулювати ступінь зникнення чітких контурів об'єкта, що знаходиться в середині внутрішньої оболонки (рис. 3). Цей ефект можна підсилити також, змінюючи

властивості рідини у міжоболонковому просторі, шляхом корекції структури рідини, таким чином, щоб звести до максимального значення поглинання (або відбиття) променів ехолокації.



Рис.2. Зовнішній вигляд Випробувального стенду без впливу ультразвуку



Рис. 3. Штучне формування скритності та обмеженої примітності об'єкта у середині внутрішньої оболонки

## 6. Висновок

Потужність зони каустики значно зростає, якщо штучне опромінювання установкою УЗП-6-1 проводити під кутом 6 град 30 хв, тобто під кутом хвильового співпадання падаючих хвиль і колової хвилі зовнішньої оболонки [13]. За цих умов поверхня зовнішньої оболонки стає "акустично прозорою" і опромінювання здійснюється без дисипації енергії.

1. Проведені лабораторні дослідження механічної системи з двох коаксіальних колових оболонок розділених рідиною надають можливість оцінки ступіня впливу зовнішнього звукового променя на динамічні властивості поліагрегатної системи, які спрогнозовані на розрахункових моделях.

2. Доведена можливість штучного створення в двооболонковій системі резонансного явища у вигляді хвильового співпадання та виникнення аберації випромінюємих зовнішньої оболонки в рідину

звукових хвиль, що породжує формування зони підвищеного енергетичного стану рідини, зони каустики.

3. Доведена можливість штучного створення перешкоди локаційним засобам повітряної розвідки для виявлення та класифікації вогневих засобів лінії оборони.

4. Окреслені можливості використання ультразвукових технологій на резонансному рівні з метою вирішення задач маскуванню боєвих засобів на фортифікаційних спорудах відкритого типу, таких як окоп для танка з обмеженим сектором обстрілу.

5. В лабораторних умовах доведена можливість реалізації скритності та обмеженої примітності вогневої техніки. Кількісний аналіз надає можливість з'ясування специфічних умов ультразвукових технологій для технічної реалізації маскувального тунелю над окопом для вогневої техніки – танка з обмеженим сектором обстрілу, БТР, бронетранспортеру, боєвих машин на відкритих позиціях лінії оборони.

6. Окреслені перспективи застосування резонансних явищ в системах ультразвукового захисту об'єктів.

### *Література*

1. V.V. Karachun, V.N.Mel'nick, I. Korobiichuk, M. Nowicki, R. Szewczyk, S. Kobzar The Additional Error of Inertial Sensors Induced by Hypersonic Flight Conditions // Sensors – 2016, 16 (3), 299; doi: 10.3390/916030299;

2. Бондарев, І.Г. Еволюція вітчизняних систем активного захисту бронетанкової техніки. напрями удосконалення й розвитку [Текст]/ І.Г. Бондарев, М.В. Коломієць // ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції (Львів, 18 – 20 травня 2016 р.). - С.16.

3. Казан, П.І. Основні напрями удосконалення системи оцінювання оперативних (бойових) спроможностей військових частин (підрозділів) сухопутних військ збройних сил України [Текст]/ П.І. Казан, М.Г. Іваницький// ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції (Львів, 18 – 20 травня 2016 р.). - С. 37.

4. Мельник, В.Н. Акустический импеданс инерциального навигатора и погрешности внешнего целеуказания при маневрировании на марше [Текст] / В.Н. Мельник, В.В. Карачун, Г.В. Бойко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2013. - № 5/102. – С. 50-60.

5. Мельник, В. Волновые задачи в акустических средах [Текст]: моногр./ В. Мельник, Н. Ладогубец; Нац. техн. ун-т Украины "КПИ", Нац. авиац. ун-т. – К.: "Корнейчук", 2016. – 432 с.

6. Карачун В.В., Мельник В.М. Задачі супроводу та маскування рухомих об'єктів: моногр./ Нац. техн. ун- т України "КПІ". - Київ; "Корнійчук", 2011. - 264 с.

7. Мельник В.М., Карачун В.В. Дополнительные погрешности автономного азимутального позиционирования боевых машин // Восточно-европейский журнал передовых технологий. - 2012. - №2/7 (56). - С. 4-7

8. [http://zoom.cnews.ru/rnd/article/item/uchenye\\_sozdali\\_prostoj\\_mimikri\\_ruyushchij](http://zoom.cnews.ru/rnd/article/item/uchenye_sozdali_prostoj_mimikri_ruyushchij)

9. <http://armor.kiev.ua/>

10. <http://globalsecurity.org/>

11. <http://defense-update.com/>

12. Войсковые фортификационные сооружения. Практическое руководство. – М.: Военное издательство, 1984. Раздел "Окопы для танков, боевых машин пехоты и бронетранспортеров". – С. 35.

13. Заборов, В.И. Теория звукоизоляции ограждающих конструкций [Текст]: моногр./ В.И. Заборов. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1969. – С. 44-48.

14. Шендеров, Е.Л. Волновые задачи гидроакустики [Текст]: моногр./ Е.Л. Шендеров. - Л.: Судостроение, 1972. – С. 315-317.