

## ВІДТВОРЕННЯ СКРИТНОСТІ ТА ОБМЕЖЕНОЇ ПРИМІТНОСТІ ВОГНЕВИХ ЗАСОБІВ ЛІНІЇ ОБОРОНИ ВІД ПОВІТРЯНОЇ РОЗВІДКИ

Карачун В. В.

### 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 є вогонь з 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. Наслідуючи відоме твердження «... Здивувати – значить перемогти ...», буде закладено надійний фундамент перемоги.

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

Звертається особлива увага на вирішення проблеми скритності бронетанкової техніки від засобів прямої і ехолокації в зоні бойових дій. Розв'язання цієї проблеми на передньому краю фронту дає можливість забезпечити таку дислокацію бойової техніки, коли породжуюча несподіваність виверження вогневої міці і ударної сили атакуючих дій завдяки своїй раптовості надасть можливість ефективно використовувати для перемоги вогневу міць, броню та ударну силу вогневих засобів. Дана задача є актуальною при бойових конфліктах, особливо при асиметричних війнах.

### 2. Об'єкт досліджень та його технологічний аудит

Об'єктом 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 двох колових оболонок 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 явища, що вивчається, 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. Необхідно провести оцінку ступеня скритності та обмеженої примітності вогневих засобів позиції лінії оборони від повітряної розвідки супротивника.

### **3. Мета та задачі дослідження**

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

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

1. Обчислити звукопроникність зовнішньої оболонки тунелю і виявити можливість прояву хвильового співпадання між акустичним променем і вібрацією поверхні циліндричного модуля.
2. Проаналізувати можливість виникнення в оболонці хвильового співпадання для колових звукових хвиль.

### **4. Аналіз літературних даних**

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 цільовказування 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 підрозділи, призвело до створенню та вдосконаленню протитанкових засобів і іншого подібного озброєння. 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.

Було створено простий мімікуючий камуфляж – 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 [8]. 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 обростання 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 [8]. 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].

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 («цибуління»). 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].

## 5. Матеріали та методи дослідження

Для дослідження були використані дані наукових праць [12–17].

При дослідженні були використані наступні наукові методи: методи побудови огорожувальних конструкцій, методи променевої акустики та методи гідроакустики.

Конструкція, що вивчається, належить до галузі озброєння, зокрема до технічних засобів маскування вогневої бойової техніки, а саме до маскування польової фортифікації відкритого типу у вигляді окопів для танків з обмеженим сектором обстрілу. Дана конструкція може бути використана для відтворення скритності, що вимагається, та обмеженої примітності вогневих засобів позиції лінії оборони від повітряної розвідки супротивника.

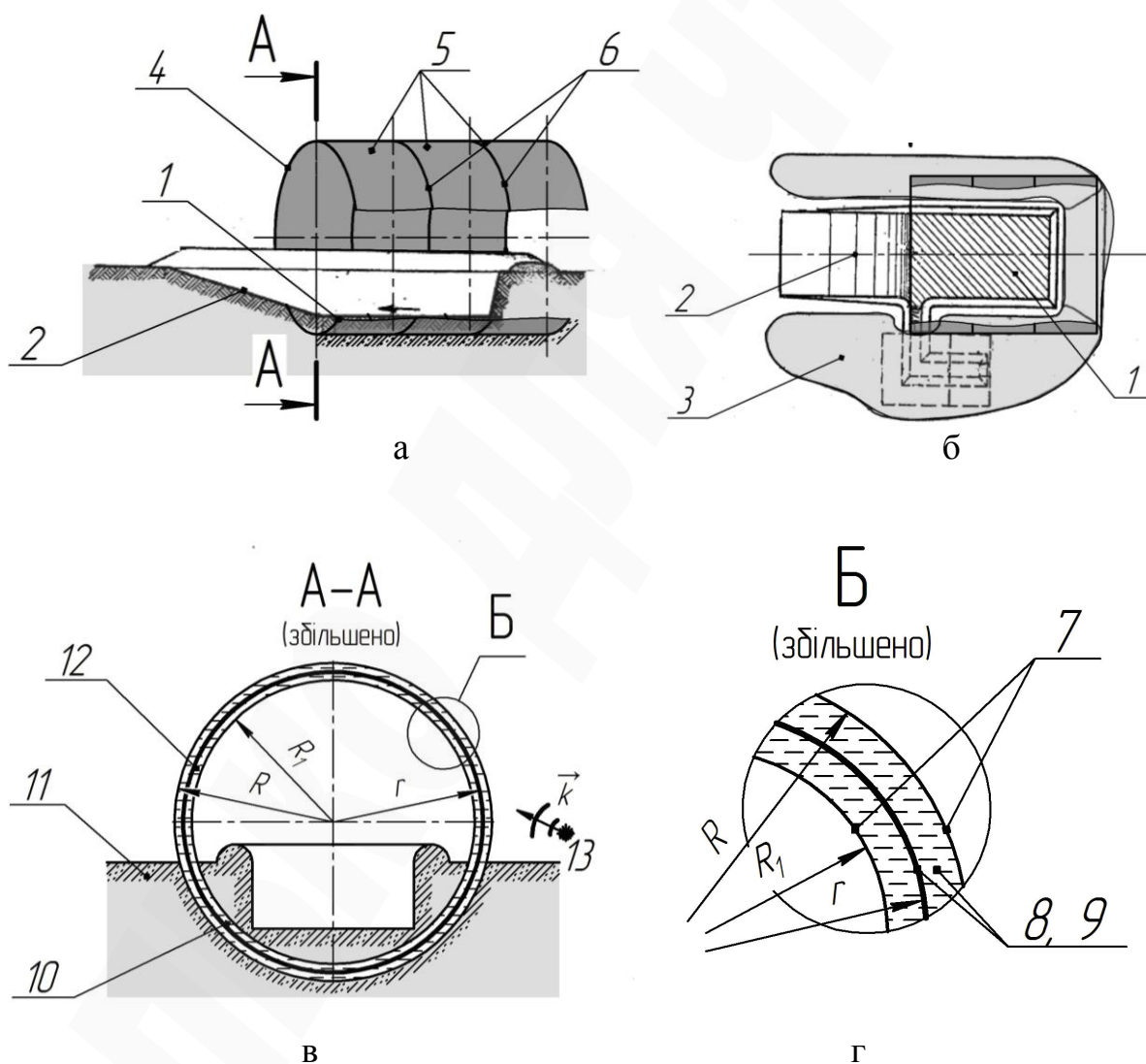
Конструкція окопу, що вивчається, для танка з обмеженим сектором обстрілу містить котлован, апарель (від фр. *appareil*) та бруствер [15] (рис. 1). Котлован охоплюється циліндричним тунелем з окремих, жорстко з'єднаних між собою торцями, однакових циліндричних модулів у вигляді двох оболонок співвісно з'єднаних на своїх торцях плоскими кільцями, а герметичний проміжок між оболонками заповнений рідиною. Нижня частина поверхні тунелю занурюється у ґрунт під котлованом. Верхня частина поверхні тунелю захищається бруствером і опромінюється ультразвуковим променем заданої частоти. Надалі, штучно створювати в звукопровідній поверхні зовнішньої оболонки колові хвилі на частотах, нижчих за граничну  $f_{gr}$  [16].

Якщо сформувати 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) звукових хвиль, що випромінюються зовнішньою оболонкою у рідину [17]. 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 поверхню 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. Ультразвуковий промінь буде проходити крізь оболонку без дисипації енергії звукових хвиль [16] і надходити в рідину практично без втрат енергії. Таким чином, зовнішня оболонка стане «акустично прозорою».



**Рис. 1.** Окоп для танка з обмеженим сектором обстрілу:  
а – у поздовжньому перерізі, під маскувальним тунелем;  
б – у поздовжньому перерізі, з маскувальним тунелем; в – поперечний переріз, у маскувальному тунелі; г – герметичний, заповнений рідиною проміжок між зовнішньою і внутрішньою оболонками тунелю, збільшено

На рис. 1: 1 – котлован; 2 – бруствер; 3 – аппарель; 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.

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

Для зручності сприйняття явища, що вивчається, оболонки обрані із скла (рис. 2) (швидкість звуку ( $c_0=1497 \text{ мс}^{-1}$ ), а рідиною в міжоболонковому просторі являється звичайна питна вода ( $V=5370 \text{ мс}^{-1}$ ).



**Рис. 2.** Зовнішній вигляд Випробувального стенду без впливу ультразвуку

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

Хвильовий розмір становить:

$$kR = \frac{\omega}{c_{II}R} = 35,41 \cdot 10^3, \quad (1)$$

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

## 6. Результати дослідження

Отже, внутрішня поверхня зовнішньої оболонки буде випромінювати в рідину під кутом  $\alpha$  звукові хвилі. Аберация звукових хвиль, яка спостерігається в рідині здійснюється під кутом [17]:

$$\sin \alpha = \frac{c_R}{V} = 0,278,$$

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 промінням засобів ехолокації і на екрані сенсорів буде зображення у вигляді розмитої плями (рис. 3). Підвищенням потужності ультразвукового випромінювання можна регулювати ступінь зникнення чітких контурів об'єкта, що знаходиться в середині внутрішньої оболонки (рис. 3).



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

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.

## **7. SWOT-аналіз результатів досліджень**

*Strengths.* Потужність зони каустики значно зросте, якщо штучне опромінювання установкою УЗП-6-1 (Україна) проводити під кутом 6 град 30 хв, тобто під кутом хвильового співпадання падаючих хвиль і колової хвилі зовнішньої оболонки [16]. За цих умов поверхня зовнішньої оболонки стає «акустично прозорою» і опромінювання здійснюється без дисипації енергії.

Завдяки цьому створюються переваги скритності та обмеженої примітності бойової техніки.

*Weaknesses.* Недолік дослідження полягає у складності монтажу складових модулів маскувального тунелю.

*Opportunities.* Перспективою подальшого дослідження є аналіз оптимального комплектування твердотільних оболонок з рідинно-фазним проміжком між ними.

*Threats.* Відомі технічні засоби виробників зводяться до певного ступеня маскування на місцевості за допомогою різних засобів і технічних рішень, які в основному вирішують питання оптичної обмеженості класифікації і визначення бронетанкової техніки. У відкритих засобах інформації не висвітлюється аналог запропонованого технічного рішення проблем маскування вогневих засобів польової фортифікації відкритого типу.

## 8. Висновки

1. Виконано чисельний аналіз звукопроникності оболонки для лабораторного дослідження макету. Виявлені умови прояву «акустичної прозорості» зовнішньої оболонки, які дали задовільне співпадання з умовами лабораторних досліджень макету.

2. Доведена можливість штучного створення в двооболонковій системі резонансного явища у вигляді хвильового співпадання та виникнення аберації випромінюємих зовнішніх оболонок в рідину звукових хвиль. Аберація породжує формування зони підвищеного енергетичного стану рідини – зони каустики.

Зона каустики, яка формується штучно ультразвуком, стане на заваді засобам ехолокації і зробить невидимою для розвідки бойову техніку фортифікаційних споруд відкритого типу.

У ході дослідження виявлено, що потужність зони каустики зростає, якщо штучне опромінювання установкою УЗП-6-1 (Україна) проводити під кутом 6 град 30 хв, тобто під кутом хвильового співпадання падаючих хвиль і колової хвилі зовнішньої оболонки [16]. За цих умов поверхня зовнішньої оболонки стає «акустично прозорою» і опромінювання здійснюється без дисипації енергії.

## Література

1. Karachun, V. The Additional Error of Inertial Sensors Induced by Hypersonic Flight Conditions [Text] / V. Karachun, V. Mel'nick, I. Korobiichuk, M. Nowicki, R. Szewczyk, S. Kobzar // Sensors. – 2016. – Vol. 16, № 3. – P. 299. doi:[10.3390/s16030299](https://doi.org/10.3390/s16030299)

2. Bondariev, I. H. Evoliutsiia vitchyznianskykh system aktyvnoho zakhystu bronetankovoi tekhniky. Napriamy udoskonalennia y rozvytku [Text] / I. H. Bondariev, M. V. Kolomiets // Perspektyvy rozvytku ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky Sukhoputnykh viisk. Zbirnyk tez dopovidei Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii (Lviv, 18-20 travnia 2016 r.). – Lviv: NASV, 2016. – P. 16.

3. Kazan, P. I. Osnovni napriamy udoskonalennia systemy otsiniuvannia operatyvnykh (boiovykh) spromozhnostei viiskovykh chastyn (pidrozdiliv)



Sukhoputnykh viisk zbroinykh syl Ukrainy [Text] / P. I. Kazan, M. H. Ivanytskyi // Perspektyvy rozvytku ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky Sukhoputnykh viisk. Zbirnyk tez dopovidei Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii (Lviv, 18-20 travnia 2016 r.). – Lviv: NASV, 2016. – P. 37–38.

4. Mel'nick, V. N. Acoustic impedance of inercial navigator and mistakes outside target-determination manoeuvre on march [Text] / V. N. Mel'nick, V. V. Karachun, G. V. Boiko // Aviatsionno-kosmicheskaia tehnika i tehnologiiia. – 2013. – № 5. – P. 50–60.

5. Mel'nick, V. Volnovye zadachi v akusticheskikh sredah [Text]: Monograph / V. Mel'nick, N. Ladogubets; National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», National Aviation University. – Kyiv: Korneichuk, 2016. – 432 p.

6. Karachun, V. V. Zadachi suprovodu ta maskuvannia rukhomykh obiektiv [Text]: Monograph / V. V. Karachun, V. N. Mel'nick; National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute». – Kyiv: Korniiichuk, 2011. – 264 p.

7. Mel'nick, V. Additional errors of autonomous azimuthal positioning of fighting machines [Text] / V. Mel'nick, V. Karachun // Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies. – 2012. – № 2/7 (56). – P. 4–7. – Available at: \www/URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/3749>

8. Uchenye sozdali prostoi mimikriuiushchii kamufliazh [Electronic resource] // ZOOM.CNews. – 17.09.2014. – Available at: \www/URL: [http://zoom.cnews.ru/rnd/article/item/uchenye\\_sozdali\\_prostoj\\_mimikriruyushchij](http://zoom.cnews.ru/rnd/article/item/uchenye_sozdali_prostoj_mimikriruyushchij). – 19.01.2016.

9. Brone Sait [Electronic resource]. – 1999. – Available at: \www/URL: <http://armor.kiev.ua/>. – 19.01.2016.

10. GlobalSecurity.org [Electronic resource]. – 2000. – Available at: \www/URL: <http://globalsecurity.org/>. – 19.01.2016.

11. Defense-Update [Electronic resource]. – 2002. – Available at: \www/URL: <http://defense-update.com/>. – 19.01.2016.

12. Gitin, A. V. Legendre transformation: Connection between transverse aberration of an optical system and its caustic [Text] / A. V. Gitin // Optics Communications. – 2008. – Vol. 281, № 11. – P. 3062–3066. doi:[10.1016/j.optcom.2008.02.003](https://doi.org/10.1016/j.optcom.2008.02.003)

13. Rose, H. Outline of an ultracorrector compensating for all primary chromatic and geometrical aberrations of charged-particle lenses [Text] / H. Rose // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2004. – Vol. 519, № 1–2. – P. 12–27. doi:[10.1016/j.nima.2003.11.115](https://doi.org/10.1016/j.nima.2003.11.115)

14. Kimoto, K. Practical procedure for coma-free alignment using caustic figure [Text] / K. Kimoto, K. Ishizuka, N. Tanaka, Y. Matsui // Ultramicroscopy. – 2003. – Vol. 96, № 2. – P. 219–227. doi:[10.1016/s0304-3991\(03\)00020-2](https://doi.org/10.1016/s0304-3991(03)00020-2)

15. Ermolaev, A. A. Voiskovye fortifikatsionnye sooruzheniia [Text]: Practical Guide / A. A. Ermolaev. – Moscow: Voennoe izdatel'stvo, 1984. – 375 p.

16. Zaborov, V. I. Teoriia zvukoizoliatsii ogradhdaiushchih konstruktsii [Text]: Monograph / V. I. Zaborov. – Moscow: Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu, 1969. – 187 p.

17. Shenderov, E. L. Volnovye zadachi gidroakustiki [Text]: Monograph / E. L. Shenderov. – Leningrad: Sudostroenie, 1972. – 352 p.