

В.М. Петренко, В.С. Житник. – Суми: СумДУ, 2008. – 160 с.

6. Лисенко В.М. Теорія польоту / В.М. Лисенко, В.І. Грабчак, Д.А. Новак. – Суми: СумДУ, 2006. – 203 с.

7. Лысенко Л.Н. Баллистика ствольных систем. Справочная библиотека разработчика-исследователя / Л.Н. Лысенко, В.В. Грабин. – М.: Машиностроение, 2006. – 461 с.

8. Равдин И.Ф. Внешняя баллистика неуправляемых ракет и снарядов / И.Ф. Равдин. – М.: МО

СССР, 1976. – 184 с.

9. Makeev V.I. Математична модель просторового руху літального апарату на твердому паливі в атмосфері / В.І. Makeєв, М.М. Ляпа, Л.Д. Назаренко // Вісник СумДУ. – Суми: СумДУ. – 2008. – Вип. 2. – С. 5-12.

Надійшла до редакції 10.02 2010 р.

Рецензент: доктор технічних наук, старший науковий співробітник А.М. Зубков, Академія сухопутних військ, Львів.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НУТАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ СНАРЯДОВ (МИН) НА ДАЛЬНОСТЬ ИХ ПОЛЕТА

Makeev V.I., Hrabchak V.I., Prokopenko V.V., Kucheryavenko I.V.

В статье исследуется влияние нутационных колебаний снарядов (мин) на траекторию движения их центра масс. Приведены результаты расчетов значений ошибок в дальности, вызванные нутационными колебаниями при различных уровнях воздействия возмущающих факторов для 203-мм СП 2С7, 152-мм СП 2С5 и 240-мм СМ 2С4. Представлены результаты расчетов определения расстояния затухания нутационных колебаний и приведен характер изменения составляющих и суммарного угла нутации для различных типов снарядов (мин) в зависимости от времени полета.

Ключевые слова: баллистическая подготовка стрельбы, нутационные колебания снарядов (мин), угол и угловая скорость нутации.

RESEARCH OF IMPACT OF NUTATIONAL FLUCTUATIONS OF SHELLS (MINES) ON THEIR FLIGHT RANGE

Makeev V.I., Hrabchak V.I., Prokopenko V.V., Kucheryavenko I.V.

The article contains the research of impact of nutational fluctuations of shells (mines) on their weight centre move trajectory. There are results of calculations of range errors caused by nutational fluctuations under various levels of impact of disturbing factors for 203-mm SPG 2S7, 152-mm SPG 2S5 and 240-mm SPM 2S4. There are results of calculations of distance of nutational fluctuations fading and the character of change of forming components and total angle of nutation for different types of shells (mines) depending on flight period is given.

Keywords: ballistic preparation of shooting, nutational fluctuations of shells (mines), angle and angular velocity of nutation.

УДК 621.81: 621.753.2

О. М. Сотніков¹, А.Б. Гаврилов²

¹Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

²Метрологічний центр військових еталонів Збройних Сил України, Харків

ПІДВИЩЕННЯ БОЙОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ

У даній статті запропонований механізм оцінки впливу конфігурації бронетанкової техніки (БТТ) на її радіометричну помітність з огляду на необхідність підвищення ступеня захищеності перспективних зразків БТТ. Запропонований підхід може бути використаний при обґрунтуванні тактико-технічних вимог до перспективних засобів пасивного захисту, а також при оцінці показників помітності БТТ при використанні існуючих засобів пасивного захисту.

Ключові слова: радіояскравісна температура, засіб пасивного захисту, радіометрична система самонаведення

Вступ

Аналіз останніх досліджень і публікацій.
Постановка проблеми. Аналіз світових тенденцій

розвитку звичайних озброєнь показує, що розвиток як засобів ураження, так і засобів захисту від них вийшов на новий якісний рівень [1]. За цих обставин стає зрозумілим, що реальні перспективи не тільки

вирішення бойових завдань, а і захищеності особового складу в сучасному бою без відповідних властивостей озброєння та військової техніки практично нівелюється. Таким чином, необхідність комплексного підвищення бойових можливостей та технічних характеристик бронетанкової техніки (БТТ) не викликає сумніву.

Відомо, що одним із напрямків розвитку БТТ наряду з підвищенням потужності вогневого ураження та поліпшенням показників мобільності є підвищення ступеня її захищеності [2].

Одним із заходів підвищення ступеня захищеності БТТ є удосконалення засобів пасивного захисту, які використовуються для зниження помітності БТТ системами та засобами виявлення та наведення високоточної зброї [3].

На цей час відомі високоточні боеприпаси та бойові елементи, такі як SMART, BONUS, SADARM, які оснащені системами самонаведення, що укомплектовані активними радіолокаційними та пасивними інфрачервоними і радіометричними давачами [4-7]. Останні працюють на частоті близько 94 ГГц.

Одним із засобів зниження радіояскравісного контрасту БТТ та іншої колісної техніки є прийнятий на озброєння маскувальний комплект «Контраст-КМС», який знижує помітність від радіолокаційних і радіометричних систем наведення високоточної зброї в діапазоні частот до 37 ГГц [8].

Відомий метод зниження помітності малорозмірних наземних об'єктів від радіометричних систем самонаведення [9] полягає у зниженні контрасту радіояскравісних температур об'єкта на фонах, що його оточують, та передбачає здійснення відповідних розрахунків.

Виходячи з того, що контраст радіояскравісної температури, що уявляється, об'єктів та фонів залежить від конфігурації об'єкта та довжини хвилі, застосування засобів маскування, таких як «Контраст-КМС», від кореляційно-екстремальних радіометричних систем самонаведення (РМ ССН), вимагає враховувати конфігурацію об'єкта, що захищається [10].

Таким чином, метою статті є визначення механізму оцінки впливу конфігурації об'єкта на його уявлену радіояскравісну температуру.

Основна частина

На підставі моделі протидії РМ ССН [3] та з огляду на те, що окремі частини поверхні малорозмірних об'єктів антеною радіометричної системи не розрізняються [10], радіояскравісну температуру неплоских об'єктів, що уявляється, можна описати виразом

$$T_{яоб\ эф} = \frac{T_0 \sum \chi_i S_{i(\chi)} + T_{амм} \sum \kappa_j S_{j(\kappa)}}{S_{об}}, \quad (1)$$

де T_0 – термодинамічна температура;

χ_i – випромінююча здатність засобу пасивного захисту;

$S_{i(\chi)}$ – площа видимих захищених частин поверхні об'єкта;

$T_{амм}$ – радіояскравісна температура атмосфери;

κ_j – коефіцієнт відбиття незахищених частин поверхні об'єкта;

$S_{j(\kappa)}$ – площа видимих незахищених частин поверхні об'єкта;

$S_{іа} = \sum S_{i(\chi)} + \sum S_{j(\kappa)}$ – площа видимої поверхні об'єкта.

Для визначення радіояскравісної температури об'єкта, що характеризується радіояскравісною температурою атмосфери $T_{амм}$, потрібно знати діаграму розсіяння об'єкта в напрямі лінії візування РМ системи, що на практиці викликає певні труднощі. Тому для визначення радіояскравісної температури об'єкта пропонується використовувати спрощену модель ізотропного розсіяння плоского дзеркала, яка використовується в оптиці [11].

Металеві об'єкти складної форми з урахуванням елементів, які роблять основний внесок у формування їх радіояскравісної температури, можливо уявити як композицію з тіл, що мають прості форми.

Виходячи з того, що металеві конструкції є ідеальними відбивачами, їх радіояскравісні температури, що уявляються, визначаються радіояскравісною температурою підсвічуючого випромінювання атмосфери та залежать від кутів візування РМ ССН. При цьому слід враховувати, що для довжин хвиль ($\lambda=8,6$ мм, $\lambda=3,2$ мм), на яких працюють відомі типи РМ ССН [5, 6] плоскі металеві поверхні є ламбертові. І, таким чином, для визначення радіояскравісної температури металевих об'єктів можна використовувати відому в оптиці модель ламбертового розсіяння [12]. За допомогою цієї моделі $T_{яоб}$, можна уявити, як усереднену за тілесним кутом 4π , радіояскравісну температуру випромінювання атмосфери. При цьому будемо вважати, що у діапазоні зенітних кутів $\theta \approx 0 \dots 80^\circ$ атмосфера, що випромінює горизонтально, однорідна. Також слід враховувати часові варіації значень атмосферного фону в міліметровому діапазоні хвиль.

Експериментальні дані значень радіояскравісних температур атмосферного фону та їх часових варіацій для міліметрового діапазону довжин хвиль, усереднених за рік [12], наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Середньорічні значення радіояскравісних температур випромінювання чистої атмосфери та їх середньоквадратичні відхилення

λ , мм		Статистичні характеристики
3,3	8,0	
50	30	$T_{я}$, К
8	1,5	$\sigma_{T_{я}}$, К

За цими даними можуть бути отримані оцінки радіояскравісних температур, що уявляються, металевих об'єктів та їх варіацій, виникаючих за рахунок нестабільності умов у чистій, горизонтально однорідній атмосфері.

Суттєво впливає на формування радіояскравісної температури відбиваючої площини її орієнтація відносно небесної напівсфери та кута візування РМ ССН [13]. Це означає, що горизонтально та вертикально орієнтовані частки відбиваючих поверхонь випромінюють по-різному.

Нехай плоский елементарний відбивач розташований у центрі просторової прямокутної системи координат O, x, y, z , як це показано на рис. 1.

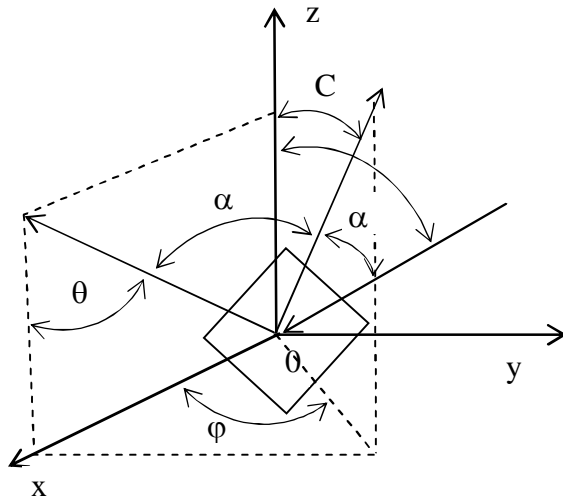


Рис. 1. Випромінювання атмосфери з напрямку BO , що відбито елементарною плоскою поверхнею з нормаллю OP у бік антени РМ ССН

Орієнтація елементарного відбивача задана азимутальним φ та зенітним C кутами його нормалі P . Антена радіометричного приймача знаходиться у точці A в площині xOz та орієнтована під кутом візування θ .

Радіотеплове випромінювання атмосфери, що падає під зенітним кутом β з напрямку OB , відбивається в напрямі OA під кутом α . Зенітний кут випромінювання атмосфери β , кути падіння та віддзеркалювання α , кути орієнтації відбиваючої площадки C й φ та кут візування РМ ССН зв'язані виразом

$$\cos \alpha = \cos \varphi \sin C \sin \theta + \cos \theta \cos C,$$

$$\cos \beta = 2 \cos \alpha \cos C - \cos \theta. \quad (2)$$

Аналіз цих співвідношень показує, що у горизонтально орієнтованій плоскій металевій поверхні $T_{я} = T_{яa}(\theta)$, а вертикально орієнтований плоский відбивач, незалежно від азимутального кута φ , у напрямку РМ ССН не віддзеркалює.

Таким чином, можливо визначати радіояскравісні температури металевих об'єктів різної конфігурації, розбивши їх на елементарні відбивачі.

Розглянемо задачу визначення радіояскравісної температури танка, представленого у вигляді двох паралелепіпедів.

При спостереженні об'єктів, у яких їх тілесний кут набагато більше поля зору антени РМ ССН у головному пелюстку її діаграми спрямованості, ефективна температура об'єкта, що усереднена за усім контуром, визначається виразом (1), яким за умов урахування варіацій випромінювальних здатностей елементарних площадок поверхні трансформується у вигляді

$$T_{я\varphi} = \frac{\sum_{i=1}^n (\chi_i + \delta\chi_i) T_0 \cdot S_{Bi} + \sum_{j=1}^m \kappa_j (T_{я_{атм}} + \delta T_{я_{атм}}) \cdot S_{Bj}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (S_{Bi} + S_{Bj})}, \quad (3)$$

де підсумовування здійснюється за всіма $i = 1, 2, \dots, n$ елементарними площадками його поверхні, що закриті засобами пасивного захисту з ефективними радіояскравісними температурами $T_{\varphi i}$ (причому $T_{\varphi i} = (\chi_i + \delta\chi_i) \cdot T_0$) і видимими площадками S_{Bi} , а також за всіма $j = 1, 2, \dots, m$ елементарними площадками його «незакритої» металевій поверхні з ефективними радіояскравісними температурами, що визначаються радіояскравісною температурою атмосфери $T_{я_{атм}}$ з урахуванням варіацій $\delta T_{я_{атм}}$ та видимих площадок S_{Bj} .

У розміщеного горизонтально паралелепіпеда зі сторонами a, b, c , при орієнтації відносно системи координат, як це показано на рис. 2, одночасно будуть видимими не більше трьох плоскостей.

Його видима поверхня буде мати площу:

$$S_B = \sum_{i=1}^{n=3} S_i \cos \theta_i, \quad (4)$$

де $S_1 = S_4 = ab$, $S_2 = S_5 = ac$, $S_3 = S_6 = bc$.

Ефективна радіояскравісна температура паралелепіпеда, яка визначається ваговими співвідношеннями $T_{\varphi i}$ його видимих площин, описується виразом:

$$T_{я\varphi}^{np} = \frac{T_{\varphi 1} S_1 \cos \theta + T_{\varphi 2} S_2 \cos \varphi \sin \theta + T_{\varphi 3} S_3 \sin \varphi \cos \theta}{S_1 \cos \theta + S_2 \cos \varphi \sin \theta + S_3 \sin \varphi \cos \theta}. \quad (5)$$

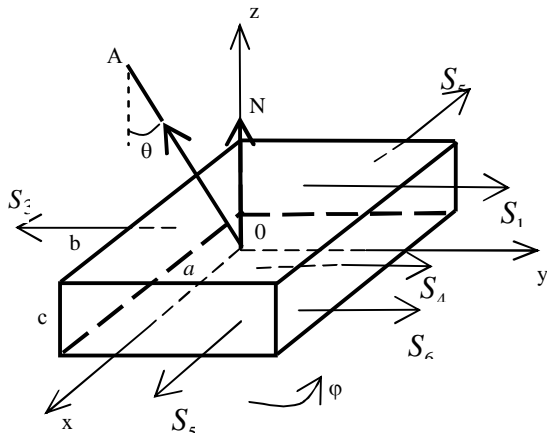


Рис. 2. Еталонна металева фігура

Розглянемо залежність ефективної радіоєскравісної температури танка, уявленого у вигляді двох паралелепіпедів, від кута візування РМ ССН, під час її функціонування на етапі виявлення об'єкта [4,7].

При цьому будемо враховувати, що візований танк повністю заповнює елемент розрізнення антенної системи. Тобто коефіцієнт заповнення головного пелюстка діаграми спрямованості антени наближається до одиниці.

Схематично процес візування танка РМ ССН на етапі його виявлення наведений на рис. 3.

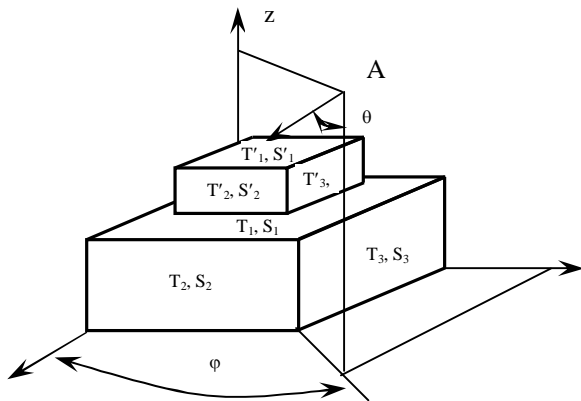


Рис. 3. Геометрична схема візування танка РМ ССН

На рис. 3 T_1, T_2, T_3 – значення ефективних радіоєскравісних температур видимих сторін нижнього паралелепіпеда з відповідними площами сторін S_1, S_2, S_3 . T_1', T_2', T_3' – значення ефективних радіоєскравісних температур видимих сторін верхнього паралелепіпеда з відповідними площами сторін S_1', S_2', S_3' .

Відповідно до виразу (5) ефективна радіоєскравісна температура танка буде визначатися:

$$T_{эф.танка} = \frac{(T_1(S_1 - S_1' - S_3' \sin \varphi) \cos \theta - S_2 \cos \varphi \sin \theta)}{S_1 \cos \theta + S_2 \cos \varphi \sin \theta + S_3 \cos \theta \sin \varphi} + \frac{(T_2 S_2 + T_2' S_2') \cos \varphi \sin \theta}{S_1 \cos \theta + S_2 \cos \varphi \sin \theta + S_3 \cos \theta \sin \varphi} + \frac{(T_3 S_3 + T_3' S_3') \cos \theta \sin \varphi}{S_1 \cos \theta + S_2 \cos \varphi \sin \theta + S_3 \cos \theta \sin \varphi} + \frac{T_1' S_1' \cos \theta}{S_1 \cos \theta + S_2 \cos \varphi \sin \theta + S_3 \cos \theta \sin \varphi}.$$

Аналогічно можна визначити ефективну радіоєскравісну температуру танка, який «розбитий» на паралелепіпеди, сторони кожного з яких попадають у площину основного пелюстка діаграми спрямованості антени РМ ССН з коефіцієнтом заповнення близько одиниці, як це зображено на рис. 4.

Відповідно до рис.4 значення кутів візування, що виражені через висоту візування ССН – H_1 , та висоту (ширину) площадки візування H_2 приблизно можна визначити за формулами

$$\theta_2 = \text{argctg} \left(\frac{H_1 - H_2}{R' + \frac{H_2}{2}} \right),$$

$$\theta_3 = \text{argctg} \left(\frac{H_1 - 1,5H_2}{R' + H_2} \right),$$

$$\theta_4 = \text{argctg} \left(\frac{H_1 - 2H_2}{R' + 1,5H_2} \right),$$

де $R' \approx (H_1 - \frac{H_2}{2}) \text{tg}(\theta_1)$.

Формула для визначення контрасту радіоєскравісної температури паралелепіпеда з урахуванням виразу (2) має вигляд

$$\Delta T_{я}^{np} = \frac{\Delta T_{я \text{ гор пл.}}}{1 + c \left[\frac{\cos \varphi}{b} + \frac{\sin \varphi}{a} \right] \text{tg} \theta}, \quad (6)$$

де $\Delta T_{я,гор,пл}$ – радіоєскравісний контраст горизонтальної площини, який визначається радіоєскравісною температурою підсвічуючого випромінювання атмосфери та радіоєскравісною температурою фону.

Аналіз цього виразу показує, що $\Delta T_{я}$ паралелепіпеда завжди менше $\Delta T_{я}$ горизонтальної площини у стільки разів, у скільки видима поверхня верхньої площини менше видимої поверхні всього паралелепіпеда. Таким чином, малорозмірні об'єкти ОБТ, які можна представити паралелепіпедом (автомобілі, танки, бронетранспортери тощо), зі збільшенням кута візування мають менший радіотепловий контраст на типових фонах, ніж плоский металевий відбивач. При цьому потрібно урахувати варіації $T_{я}$, що визначаються, наприклад, для металевих об'єктів, середньоквадратичними

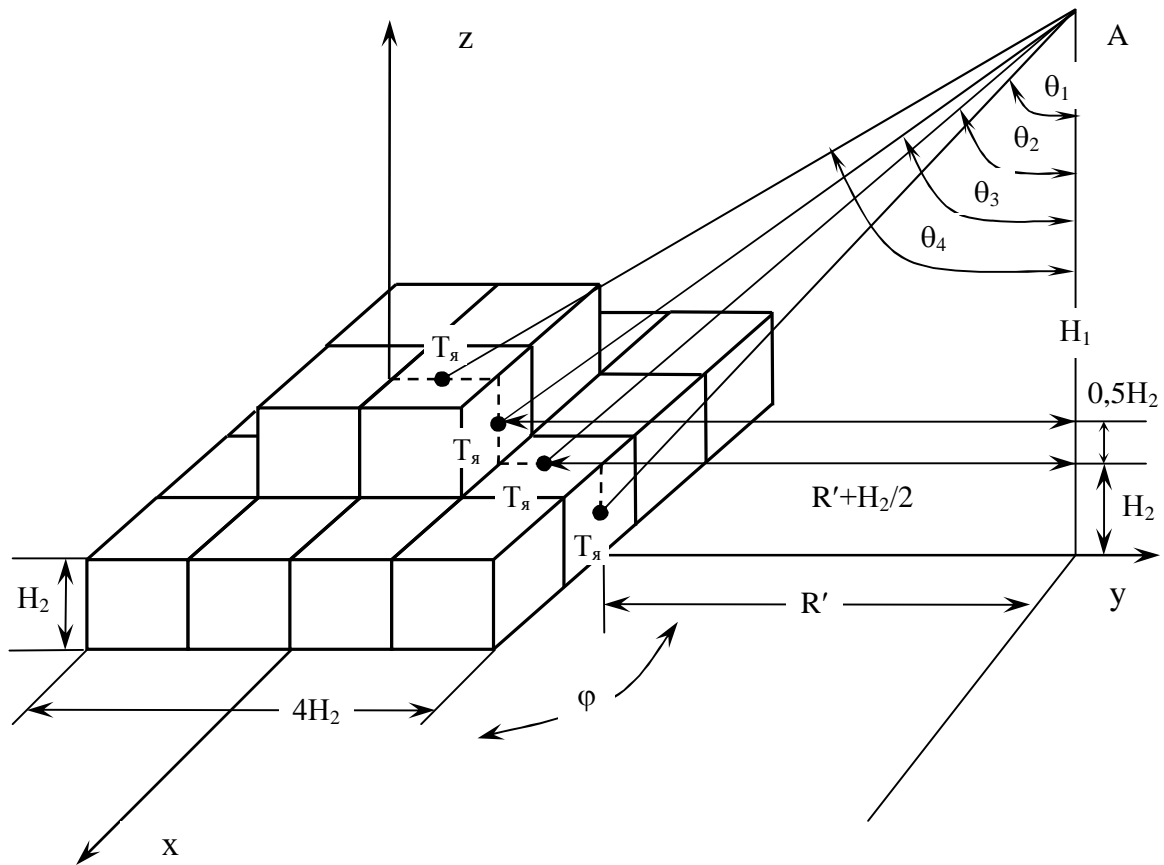


Рис.4. Геометрія візування танка при його ідентифікації РМ ССН

відхиленнями середньорічних значень радіо-яскравісних температур випромінювання чистої атмосфери (див. табл. 1).

Графік залежності радіо-яскравісного контрасту танка на бетоні [14] представлено у формі паралелепіпеда зі сторонами $a=4\text{м}$, $b=9\text{м}$, $c=1\text{м}$, від кута візування θ та азимутального кута φ при коефіцієнті заповнення променя антени, близького до одиниці ($\lambda=3,2\text{ мм}$, $\lambda=8,6\text{ мм}$), наведений на рисунку 5.

Аналіз наведених залежностей показує, що у діапазоні кутів візування $\theta = 0^\circ \dots 60^\circ$ і $\varphi = 0^\circ \dots 90^\circ$ радіо-яскравісний контраст танка, представленого у формі паралелепіпеда зі сторонами $a=4\text{м}$, $b=9\text{м}$, $c=1\text{м}$, при довжині хвилі $\lambda=3,2\text{ мм}$ монотонно зменшується з 222 К до 100 К, а при $\lambda=8,6\text{ мм}$ с 191 К до 70 К, що потрібно враховувати як при оцінюванні ефективності протидії (ефективності засобів пасивного захисту) РМ ССН, так і при моделюванні процесів виявлення та ідентифікації

БТГ радіометричними ССН, а також при формуванні вимог до перспективних зразків БТГ.

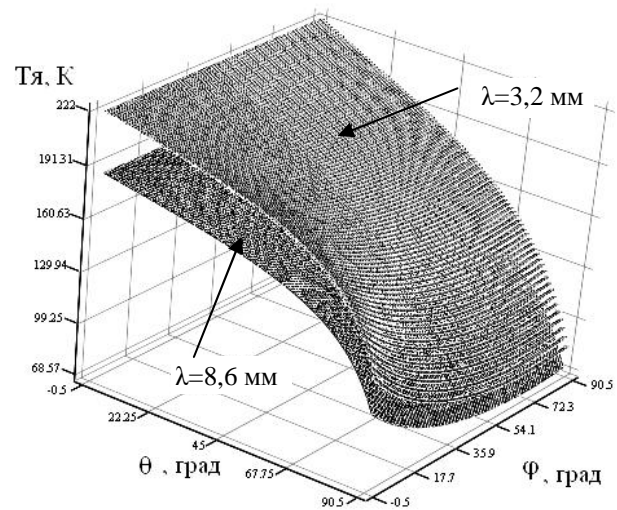


Рис.5. Залежність радіо-яскравісного контрасту танка на бетоні від кута візування θ та азимутального кута φ при $\lambda=3,2\text{ мм}$, $\lambda=8,6\text{ мм}$

Висновки

Таким чином, запропонований механізм оцінки впливу конфігурації БТТ на її радіометричну помітність, з огляду на необхідність підвищення ступеня захищеності перспективних зразків БТТ, може бути використаний при обґрунтуванні тактико-технічних вимог до перспективних засобів пасивного захисту, а також при оцінці показників помітності БТТ під час застосування існуючих засобів пасивного захисту та при моделюванні процесів функціонування РМ ССН.

Список літератури

1. Слипченко В.И. Войны шестого поколения. Оружие и военное искусство будущего / В.И. Слипченко. – М.: Вече, 2002. – 384 с.
2. Иванов О.И. Пути повышения уровня защищенности зарубежной бронетанковой техники / Иванов О. И. // Зарубежное военное обозрение. – 2003. – №10. – С. 37–42.
3. Сотников А.М. Модель противодействия управляемым средствам поражения с радиометрическими головками самонаведения / А.М. Сотников, А.Б. Гаврилов // Системы обработки информации. Збірник наукових праць. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вып. 11(39). – С. 185–190.
4. Строев В.О. Кассетные боеприпасы с самоприцеливающимися боевыми элементами / В.О. Строев // Зарубежное военное обозрение. – 2000. – №8. – С. 20–25.
5. XM898 SADARM (Sense and Destroy Armor). [Электронный ресурс]. – режим доступа: www.fas.org/man/dod101/sys/land/sadarm.htm.
6. The new Era for Artillery Ammunition: SMARt[®] 155 [Электронный ресурс]. – режим доступа: www.fas.org/man/dod101/sys/land/smart.htm.
7. М. М. Растопшин. Артиллерийские высокоточные боеприпасы / Растопшин М. М. // Техника и вооружение. – 1999. – №8. – С. 4–8.
8. Ткаліч М.В. Під українським маскувальним покриттям – танка не видно / М.В.Ткаліч, М.Д.Топчев, В.О.Комаров, В.В.Глебов, В.П.Ващенко // Винахідник і раціоналізатор. – 2002. – № 2–3. – С. 5–6.
9. Сотников А.М. Метод снижения радиометрической наблюдаемости наземных малоразмерных объектов / А.М. Сотников, И.В. Красношапка, А.Б. Гаврилов // Системы обработки информации. Збірник наукових праць. – Х.: ХУПС. – 2005. – Вып. 1(41). – С. 169–172.
10. Быков В.Н. Обнаружение малоразмерных объектов на радиометрическом изображении / В.Н.Быков // Радиотехника. – 1997. – Вып. №101. – С. 28–33.
11. Волосяк В.К., Кравченко В.Ф. Математические методы моделирования физических процессов в задачах дистанционного зондирования Земли / В.К. Волосяк, В.Ф. Кравченко // Успехи зарубежной радиоэлектроники. Сер.: Зарубежная радиоэлектроника. – 2000. – №8. – С. 3–30.
12. Вопросы перспективной радиолокации. Коллективная монография / Под ред. А.В.Соколова. – М.: Радиотехника, 2003. – 512 с.: ил. (Сер. Радиолокация).
13. Zweibaum F. Radiometry and military // Photomics Spectra. – 1986. – V.20. – №8. – P. 113–116.
14. Сотников А.М. Оценка влияния условий визирования на характеристики излучательной способности различных поверхностей и покровов / А.М. Сотников, А.Б. Гаврилов // Системы обработки информации. – Збірн. наук. пр. – Х.: ХУПС, 2005. – Вып. 2(42) – С. 177–182.

Надійшла до редакції 27.08.2009 р.

Рецензент: доктор технічних наук, професор І.Ф. Купченко, ХУПС ім. І. Кожедуба.

ПОВЫШЕНИЕ БОЕВЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БРОНЕТАНКОВОЙ ТЕХНИКИ

А.М. Сотников, А.Б. Гаврилов

В статье предложен механизм оценки влияния конфигурации бронетанковой техники (БТТ) на ее радиометрическую заметность с позиции необходимости повышения степени защищенности перспективных образцов БТТ. Предложенный подход может быть использован при обосновании тактико-технических требований к перспективным средствам пассивной защиты, а также при оценке показателей заметности БТТ при использовании существующих средств пассивной защиты.

Ключевые слова: радиояркость, температура, средство пассивной защиты, радиометрическая система самонаведения.

FIGHTING CAPABILITIES AND TECHNICAL MATERIEL

A.M. Sotnikov, A.B. Gavrillov

In the article the influence estimation mechanism of armored materiel (AM) configuration on its radiometric perceptibility from a position of perspective AM samples security degree increase necessity is offered. The suggested approach can be used by substantiation of performance requirements to perspective means of passive protection as well as for estimating of AM perceptibility parameters when using the existing means of passive protection.

Keywords: brightness temperature, means of passive protection, radiometric system of homing guidance.