

УДК 623.365

О.В. Стаховський

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків

## ДЖЕРЕЛА ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ БРОНЕОБ'ЄКТУ

Проведено аналіз потужності джерел інфрачервоного випромінювання зовнішніх вузлів броньованих об'єктів. Виявлено, що основними місцями, які підвищують тепловий контраст машини за різними умовами є силова установка, танкова гармата, та зовнішнє обладнання, що розігрівається під дією природних факторів.

**Ключові слова:** інфрачервоне випромінювання, тепловий контраст, тепловтрати танкового пострілу, бронетанкова техніка.

### Вступ

**Аналіз літератури.** Маскування є важливим засобом протидії високоточної зброї. Вочевидь, високоточна зброя є високо вартісною, тому її застосування буде відбуватися в першу чергу по найбільш важливішим цілям (переважно стратегічного рівня). Але з розвитком техніки спостерігається суттєве здешевлення систем розвідки та високоточного наведення, що сприяє їх все більшому застосуванню для інформаційного забезпечення бойових дій та ураження техніки танкових (механізованих) підрозділів. Під час грузинсько-осетинського конфлікту з обох сторін активно здійснювалася авіаційна розвідка з залученням бойових літаків та безпілотних літальних апаратів. В роботі [1] відмічається, що під час ведення бойових дій у якості засобів розвідки все більше залучаються космічні засоби, доля яких серед інших досягає 70 %. У останніх збройних конфліктах з'явилася тенденція щодо застосування космічних систем в інтересах видів збройних сил, зокрема здійснення розвідки в інтересах тактичної ланки. На теперішній час космічні засоби розвідки використовуються переважно для виконання задач виявлення, загального розпізнавання та визначення кількісних характеристик. Тобто, отримана інформація використовується перед підготовкою здійснення бойових дій. Вочевидь, подальший розвиток техніки призведе до широкого застосування космічної розвідки для тактичної ланки в оперативному часі.

Існуючі штатні системи димового маскування броньованих об'єктів є малоефективними для протидії сучасним засобам розвідки та системам самонаведення у інфрачервоному та радіолокаційному діапазонах [2]. Тому виникає потреба у вирішенні цього питання. Високі вимоги до швидкості проведення перегрупвань, передислокації з забезпеченням скритності дій, швидкості маскування на позиції, вимагають в свою чергу удосконалення штатних засобів маскування та способів їх використання. Роздільна здатність засобів виявлення у інфрачервоному діапазоні досягла нижче, ніж 1 К. Для аналізу

термографічних зображень застосовуються електронні засоби оброблювання інформації, з відповідним зменшенням впливу чутливості людського ока на вірогідність розпізнавання цілі. Слід враховувати, що контраст об'єкту виникає на фоні оточуючого середовища [3, 4].

Для виявлення та нейтралізації найбільш "яскравих" агрегатів бронетанкової техніки доцільно провести аналіз окремих вузлів техніки, яка розжарюється в процесі роботи.

**Метою** статті є аналіз потужностей джерел інфрачервоного випромінювання броньованого об'єкту.

### Основна частина

Тепловий контраст броньованого об'єкту з тепловим фоном місцевості [1, 2], обумовлений як зовнішніми, так і внутрішніми, по відношенню до об'єкта, факторами. Зовнішні фактори пов'язані з наявністю природного джерела розігрівання – сонця, та низькою теплопровідністю повітря. Внутрішні фактори викликані наявністю джерел у броньованому об'єкті, що призводять до підвищення температури зовнішніх елементів танку, високою теплопровідністю переважної більшості елементів конструкції, та високою їх теплоємністю.

Підвищення температури броньованого об'єкту відбувається в результаті теплових втрат від двигуна, втрат механічної енергії в результаті тертя, що виникає, наприклад, в гусеничному русії, втрат енергії порохового заряду під час пострілу та інше (рис. 1). Відомо, що у тепловому балансі поршневого двигуна від 5 % до 10 % втрат пов'язані з механічними втратами, від 15 % до 30 % втрат пов'язані з системою охолодження, від 30 % до 45 % енергії згорання виводиться з відпрацьованими газами [5]. Теплові втрати також мають місце у виконавчих пристроях. Наприклад, в результаті джоулевого виділення тепла відбуваються втрати електричної енергії в стартер-генераторі, електромашинному підсилювачі, електромагнітних приводів фільтровентиляційної установки, електромагнітних контакторів, електродвигунів приводу насосів, дротах та інше. Мають місце втрати, або перетворення гідравлічної енергії

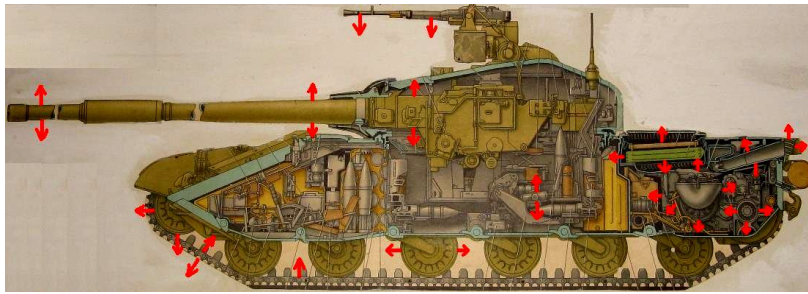


Рис. 1. Вузли та пристрої танку Т-64, з яких відбувається теплове випромінювання

у тепло, що відбувається у гідроприводах, гідромортизаторах машини, наприклад, у гідравлічній системі механізму заряджання, привід вертикального наведення танкової гармати та інше. Під час підготовки до холодного пуску силової установки броньованих об'єктів застосовується підігрівач силової установки, за допомогою якого відбувається підігрівання охолоджуючої рідини та масла. Крім цього, здійснюється підігрівання масла у додатковому бачку, що розташований над гусеничною полицею, тобто зовні. Під час стиснення повітря у повітряному компресорі АК-150СВ відбувається адиабатичне стиснення повітря, що призводить до підвищення температури, з послідуємим їй випромінюванням.

За рахунок застосування ежекційної системи охолодження на танках типу Т-64, Т-80УД, БМ «Оплот» та інших підвищено долю тепла, що виноситься з повітрям, з відповідним зниженням температури зовнішніх елементів броньованих об'єктів. Під час роботи силової установки на цих танках конструктивно передбачено примусове охолодження даху силового відділення шляхом його вентиляції повітрям [6]. Але таке охолодження здійснюється лише за умови роботи двигуна, а після його зупинення відбувається швидке розповсюдження тепла від розігрітих елементів силової установки до даху силового відділення. Таким чином, після зупинки двигуна відбувається збільшення помітності об'єкту.

Під дією сонячного випромінювання відбувається збільшення температури елементів броньованого об'єкту. Як правило, теплоємність елементів місцевості (рослинність, ґрунт) є значно меншою теплоємності броньованих об'єктів, бо останні складаються переважно з більш щільного матеріалу – металу [1]. Тому у ясну сонячну погоду зранку температура об'єкту є нижчою від температури оточуючого середовища, а вдень та ввечері – навпаки. Різниця у температурі також виникає у похмуру погоду за умови швидкої зміни температури повітря. Штатних засобів зменшення виникаючого теплового контрасту на броньованих об'єктах не передбачено.

Для визначення потужності сонячного випромінювання, що потрапляє на броньований об'єкт, використовуємо наступні відомості. На земну кулю від сонця потрапляє потік випромінювання, потужність якого

на вході до земної атмосфери дорівнює близько  $1367 \text{ Вт/м}^2$ . Цю величину називають сонячною сталою. Під час проходження через атмосферу Землі відбувається зниження потужності, яка досягає земної поверхні. У широтах, де розташована Україна, у сонячний день потужність випромінювання може досягати  $800 \text{ Вт/м}^2$ . Площа фронтальної проекції танка типу Т-64 дорівнює  $6,01 \text{ м}^2$ , площа бокової проекції –  $10,5 \text{ м}^2$ , площа проекції зверху –  $21,4 \text{ м}^2$ . Враховуючи те, що інтенсивне сонячне випромінювання відбувається, коли сонце знаходиться у зеніті, середня площа проекції танка буде лежати у діапазоні  $15 \div 20 \text{ м}^2$ . Таким чином, загальна потужність випромінювання, що потрапляє на танк типу Т-64 складе  $P_v \approx 12 \div 18 \text{ кВт}$ .

Поверхня броньованого об'єкту не є абсолютно чорним тілом, тому частка випромінювання буде віддзеркалюватися. Практично всі елементи об'єктів покриті шаром фарби. У цьому випадку коефіцієнт поглинання випромінювання складе близько  $a \approx 0,9 \div 0,95$ . В результаті, потужність випромінювання, що поглинається танком типу Т-64 у ясну літню сонячну погоду складе  $10 \div 16 \text{ кВт}$ . Напрямок зменшення коефіцієнту поглинання поверхні, що покриває об'єкт, не є раціональним, бо це обумовить підвищення випромінювання від об'єкту в результаті процесу віддзеркалення. Тобто, у цьому випадку зниження помітності броньованих об'єктів не досягається. Це явище пов'язане з законами випромінювання та поглинання, за яким взаємозв'язок між коефіцієнтом поглинання та коефіцієнтом випромінювання  $\rho$  для непрозорих тіл, яким в даному випадку є танк, має вигляд:

$$\rho + a = 1. \quad (1)$$

З виразу (1) витікає, що зниження коефіцієнту поглинання призведе до зростання коефіцієнту випромінювання.

Надамо оцінку потужності пристроїв, в яких здійснюється розсіювання тепла всередині машини.

У бойовому відділенні та у відділенні управління джерелом тепла переважно є електроприлади з виконавчими елементами. Максимальна потужність споживачів електричної енергії не перевищує потужність генератора. Коефіцієнт корисної дії електричних пристроїв, як правило, складає від 80% до 95%. Щодо гідравлічних пристроїв, то їх коефіцієнт корисної дії, як правило, дорівнює  $50 \div 60 \%$ . На танках Т-64Б потужність генератора складає  $18 \text{ кВт}$ . Припускаючи, що близько 30 % енергії в кінцевому випадку розсіюються у тепло, отримуємо потужність теплового джерела від електроспоживачів у бойовому відділенні та у відділенні управління танка більше  $P_{\text{сл}} \approx 5 \text{ кВт}$ .

Окремо слід розглянути теплову потужність, що випромінюється вогневими засобами під час пострілу. Вочевидь, потужність тепловиділення буде залежати від швидкострільності гармати та параметрів заряду (табл. 1). Питома теплота згоряння порохового заряду складає від 4 до 5 МДж/кг. Враховуючи вагу порохового заряду танкової гармати, отримуємо, що за один постріл виділяється енергії у кумулятивному та осколково-фугасного пострілу близько 20÷25 МДж, а бронебійно-підкаліберному – 33÷42 МДж. Енергія заряду використовується для прискорення снаряду, частина енергії витрачається на тертя, частина енергії витрачається в результаті теплопровідності, частина енергії виноситься з теплом порохових газів та частина енергії поглинається відкотним пристроєм. В тепло, яке потім підвищує температуру елементів танка, переходить лише енергія тертя, енергія, що передається за рахунок теплопровідності та енергія, що поглинається відкатником.

В роботі [5] визначається, що під час згоряння порохового заряду приблизно 25÷35% енергії, що виділяється, витрачається на придання кулі поступального руху (основна робота); 15÷25% цієї енергії витрачається на подолання сили тертя під час руху кулі по каналу ствола, нагрівання стінок ствола, гільзи та кулі, пересування рухомих частин зброї, газоподібної та частини пороху, що не згоріло; біля 40% енергії втрачається з газами після вильоту кулі з каналу ствола. Деяко інший розподіл енергії наведено в роботі [4], де вважається, що 20 – 40% перетворюється в кінетичну енергію снаряду, 15÷25% витрачається на нагрівання снаряду і ствола в ре-

зультаті їх взаємного тертя, 5% витрачається на механічну енергію відкату гармати та до 60% енергії розсіюється у атмосфері.

Точне визначення розподілу енергії пострілу являє достатньо складну задачу. Але оцінку можливо зробити з наступних міркувань. Величина енергії снаряду на дульному зрізі є відомою. Також виміряна динаміка зміни тиску у каналі ствола під час пострілу, що дозволяє визначити стан продуктів згоряння на момент вильоту снаряду з каналу ствола. За цим станом визначається енергія, що зосереджена у продуктах згоряння на цей момент часу. Звідси, різниця між повною енергією  $Q_{пз}$  порохового заряду та сумою енергії  $Q_c$  снаряду та енергією  $Q_g$  газів, що знаходяться у каналі ствола на момент вильоту снаряду, з відніманням енергії  $Q_v$  відкату, надасть енергію  $Q_t$ , що перетворюється у тепло:

$$Q_t = Q_{пз} - (Q_c + Q_g - Q_v). \quad (2)$$

Енергія  $Q_g$  порохових газів буде складатись з потенційної  $Q_{гп}$  та кінетичної  $Q_{гк}$  енергії.

Практична швидкострільність танкової гармати під час ведення бою складає 5÷6 постр./хв. Результати розрахунку потужності теплового джерела, що виділяється за даною швидкострільністю наведено (табл. 1). Дані результати свідчать про те, що в умовах ведення вогню з танкової гармати основним тепловим джерелом танка буде танкова гармата. Виконати заходи щодо теплового маскуванню за цих умов є досить важко, бо потребує створення теплового екрану поверх гармати. Слід враховувати, що під час пострілу відбувається інтенсивний рух газових потоків зовні ствола, який буде діяти на тепловий екран.

Таблиця 1

Розподіл тепловтрат танкового пострілу

Тип пострілу	Енергія порохового заряду, МДж	Втрачена енергія порохових газів, МДж/постр.	Теплова енергія відкату, МДж/постр.	Теплова потужність гармати при 5 постр./хв., кВт
Кумулятивний та осколково-фугасний	20÷25	1,7÷2,7	0,1	800÷1300
Бронебійно-підкаліберний	33÷42	5,5÷6,5	0,1	1380÷2215

Ще одним потужним джерелом тепла служить силова установка. Максимальна потужність двигуна 5ТДФ дорівнюється близько 515 кВт. Втрати енергії, що у кінцевому випадку перетворюються у тепло, уявлять собою відсоток від поточної потужності навантаження. Найбільше навантаження на силову установку виникає у разі руху танка по важких ґрунтах, русі на підйомах, або на вищій передачі зі включеною системою керування вогнем. Але такі умови експлуатації машини виникають рідко, тому, як правило, навантаження на силову установку на марші та у бойових умовах у середньому не перевищує 70%. Якщо припустити, що 10÷20% з частки навантаження пов'язано зі втратами, що перетворюються у тепло, то отримуємо середню теплову потужність силової установки  $P_c \approx 36\div72$  кВт.

Баланс теплових джерел, що призводять до підвищення температури елементів бронеоб'єкту приймає вигляд (рис. 2).

Аналізуючи конструктивні особливості танку типу Т-64 з урахуванням вищенаведених розрахунків, можливо виділити місця, які підвищують тепловий контраст машини за різними умовами: робота силової установки, ведення вогню, сонячне випромінювання, за умови швидкої зміни зовнішньої температури. Отримані результати притаманні усім сучасним танкам.

## Висновки

Аналіз теплового стану зовнішніх елементів танку свідчить про те, що танк в практичних умовах його застосування буде мати суттєвий тепловий

контраст з оточуючою місцевістю, що різко збільшує його помітність у інфрачервоному діапазоні. Зниження теплового контрасту машини потребує розробки спеціальних засобів.

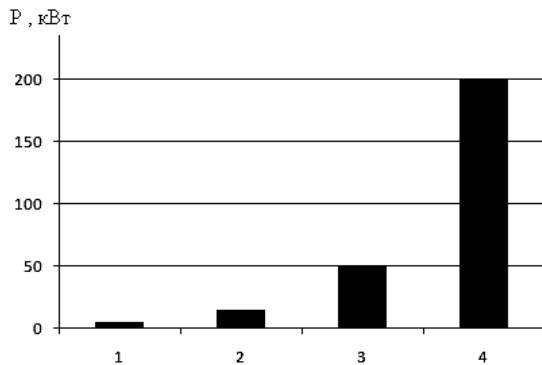


Рис. 2. Усереднений баланс джерел тепла, що діє на танк: 1 – електричні втрати, 2 – зовнішнє випромінювання, 3 – силова установка, 4 – втрати під час пострілу за швидкострільності 1 постріл за хвилину

## Список літератури

1. Орлов В.А. Приборы наблюдения ночью и при ограниченной видимости / В.А. Орлов, В.И. Петров. – М.: Воениздат, 1989. – 254 с.
2. Жуков А.Г. Тепловизионные приборы и их применение / А.Г. Жуков, А.М. Горюнов, А.А. Кальфа. – М.: Радио и связь, 1983. – 157 с.
3. Бронетанковое вооружение / Ю.Е. Еретин, А.П. Меланчик, С.П. Шаврин, В.С. Дорогин, В.С. Вознюк, С.В. Дорогин. – М.: Воениздат, 1991. – 575 с.
4. Учебник сержанта ракетных войск и артиллерии (для командиров вычислительных отделений) – М.: Воениздат, 1989. – 271 с.
5. Толочков А. А. Теория лафетов артиллерийских установок / А. А. Толочков. - М. : Оборонгиз, 1960. - 345 с.
6. Суворов С. Танк Т-64 / С. Суворов // Техника и вооружение. – 2003. – №№ 9 – 12.

Надійшла до редколегії 21.05.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. О.М. Фоменко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ИСТОЧНИКИ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ БРОНЕОБЪЕКТА

О.В. Стаховский

*Проведен анализ мощности источников инфракрасного излучения внешних узлов бронеектов. Установлено, что основными местами, которые повышают тепловой контраст машины при различных условиях, являются силовая установка, танковая пушка, внешнее оборудование, разогреваемое под действием природных факторов.*

**Ключевые слова:** инфракрасное излучение, тепловой контраст, тепло потери танкового выстрела, бронетанковая техника.

## SOURCES OF INFRARED OF ARMoured OBJECT

O.V. Stakhovskiy

*The analysis of power of sources of infrared of external knots of Armoured object is conducted. It is set that basic places which promote the thermal contrast of machine at different terms are a power-plant, tank cannon, external equipment, warmed up under the action of natural factors.*

**Keywords:** infrared, thermal contrast, warmly losses of tank shot, armoured tank technique.