

Збройна боротьба: теорія, забезпечення, досвід

УДК 623.4:544.032.65

О.В. Галак

Національний технічний університет "ХПИ", Харків

БОЙОВІ ЛАЗЕРНІ УСТАНОВКИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ТА ІНШИХ ВІЙСЬКОВИХ ФОРМУВАНЬ

У сучасних умовах бою, бойові лазери, відіграють суттєве значення для ураження легко броньованої техніки, безпілотних літальних апаратів, головок самонаведення. У створенні сучасних лазерних комплексів може виникнути гонка між світовими лідерами, де важливим питанням буде компактність, потужність і енергоефективність лазерних систем, які розміщуються на броньованих об'єктах. Використання детонаційних технологій дозволяє створити компактну силову установку та вирішити питання про збільшення потужності за рахунок більш високої температури.

Ключові слова: бойові лазери, детонація.

Вступ

Постановка проблеми. Детонаційні технології можуть бути реалізовані в тому числі і у потужних імпульсних детонаційних лазерах. На основі пульсуючих детонаційних систем можуть бути створені бойові компактні лазери із середньою потужністю 100 кВт і вищою, вони можуть розміщуватися на легкоброньованих об'єктах. За такої потужності лазери забезпечують високоточне знищення живої сили противника та виведення з ладу легкоброньованих об'єктів. За рахунок формування випромінювання в далекій інфрачервоній зоні (довжина хвилі 10,6 мкм) у діапазоні вікна прозорості повітря досягається ураження цілей на відстані 1500 м і більшій.

Установлено, що газодинамічні лазери найбільш прийнятні з існуючих видів бойових лазерів і перспективних зразків у військових цілях, які мають низькі масо-габаритні параметри за високої середньої вихідної потужності. Недоліком газодинамічного лазера є потреба використання нагнітача для безперервного прокачування суміші, а також висока теплова напруженість матеріалів із-за безперервного згоряння палива. Тому масо-габаритні показники не повною мірою задовольняють вимоги до бойових лазерів, що можуть розміщуватися на броньованих об'єктах. Коефіцієнт корисної дії (ККД) цих лазерів не може бути збільшений за рахунок підвищення температури.

Проблема енергоефективного періодичного ініціювання детонації потребує вирішення для практичної реалізації детонаційного лазера. Існують протиріччя у визначенні критичної (мінімальної) енергії ініціювання детонації іскровим розрядом. Це проти-

річчя спричинене складністю визначення кількості енергії іскрового розряду, яка безпосередньо забезпечує ініціювання детонації, у зв'язку з наявністю втрат енергії розряду на внутрішньому опорі джерела та зовнішньому електричному колі, втратах на електродах, поглинанню енергії розряду в результаті перебігу процесів дисоціації та іонізації. Велика вихідна потужність досягається збільшенням ККД кількості енергії, що виділяється за цикл, і частотою циклів.

Мета статті: на основі існуючих лазерних установок довести відмінності детонаційних лазерів, та визначити напрямки розвитку цього типу зброї для Збройних Сил України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З 60-х років у радянському союзі розпочалися дослідження зі створення лазерних систем та комплексів. У 1962 році ЦК КПСС затверджена програма робіт [5] зі створення лазерної установки ПРО. Разом із ОКБ "Вымпел", ФІАН і ВНШЕФ до роботи приєднався Державний оптичний інститут, програма дістала назву "Терра-3". У 1967 році з ВФДЛ здобуто енергію в імпульсі 20 кДж, а в 1968 році енергію в імпульсі 300 кДж. У 1968 році розпочалися дослідні роботи зі створення HF, CO₂, СО лазерів високої енергії (ФІАН, "Луч", "Астрофизика", ВНШЕФ, ДОІ тощо), роботи завершилися у 1976 році. У 1978 році створено НПО "Астрофизика", а в 1982 році на озброєння Радянської Армії був поданий лазерний комплекс ІК11 "Стилет". Швидкими темпами в 1983 році на озброєння запропонований СЛК "Сангвин". У грудні 1990 року був зібраний дослідний зразок лазерного комплексу ІК17 "Сжатие". У 1991 році установка відправлена на випробування, а у 1992 році комплекс рекомендований до взяття на озброєння.

У США велика увага приділяється створенню сучасних мобільних лазерних комплексів, у тому числі й для Сухопутних військ. Компанія Boeing на розвиток цих проектів витрачає великі кошти, так у 2010 році розроблено газодинамічний лазер HEL MD на базі вантажного автофургона потужністю від 10 до 100 кВт, спроможний уразити літальні апарати, легкоброньовані об'єкти. Для легкоброньованих машин на шасі автомобіля Humvee Avenger компанією Boeing встановлений кіловатний лазер, у межах військової програми JHPSSL (Joint High Power Solid-State Laser). Система складається з ланцюга лазерних підсилювачів загальною кількістю сім і кожна потужністю 15 кВт, що в сумі становить 105,5 кВт. У безперервному режимі установка може працювати протягом п'яти хвилин.

Найбільш перспективним комплексом міністерства оборони США вважається система на парах щільних металів із діодною накачкою (Diode Pumped Alkaline Gas Laser System). Одним із напрямів досліджень у галузі високоенергетичних лазерів джерело накачки з "вузькою" частотною смугою випромінювання, яка відповідає ширині спектральної лінії робочого тіла (пари цезію, рубідію, калію тощо).

Таблиця 1
Характеристики бойових лазерів

Маркування лазера	Тип лазера	Носій	Довжина хвилі	Вихідна потужність
HELEX	газодинамічний на основі CO ₂	Leopard 2	10,6 мкм	
MTU	газодинамічний на основі CO ₂	БТР LVTP-7	10,6 мкм	30 кВт
Gamma Joint High	твердотільний	Humvee Avenger	694,3 нм	10,5 кВт
1K17 "Сжатие"	рубіновий твердотільний	T-72	1064 нм	
Boeing HEL MD	газодинамічний на основі CO ₂	HEL MD	10,6 мкм	від 10 до 100 кВт

Одна з найбільш перспективних систем китайської машини [6] яка є модернізацією танка Т-72, у якій застосовується лазерна система активного захисту JD-3. Ця система складається з системи попередження про лазерне опромінення та квантового генератора. Під час надходження сигналу про опромінення танка лазерним променем противника, система попередження видає сигнал про поворот башти машини в бік отриманого опромінення, після чого вмикається лазерний промінь малої потужності, знаходиться місцезнаходження установки, у наслідок цього потужність збільшується до критичної і виводить з ладу оптичні засоби або органи зору оператора противника.

В наш час компанії Німеччини та Франції, ЛФК-МБДА завершує дослідження в яких стоїть завдання сформулювати вимоги до перспективних лазер-

них установок і приступити до їх створення. На мовлення німецької фірми ЛФК-МБДА реалізується проект з розроблення наземної лазерної установки для знищення крилатих ракет, головок самонаведення та безпілотних літальних апаратів. Були проведені дослідження киснево-йодного лазера по різних цілях. Вихідна потужність лазерної установки може досягти 100 кВт, а дальність декілька кілометрів.

У Франції ведуться роботи зі створення високоенергетичних лазерів фірмою "Талес", яка, у свою чергу, має суттєвий досвід, на відміну від компанії ЛФК-МБДА [8]. Дану установку планується оснащувати твердотільним лазером. Запропонована потужність може досягти на бронеоб'єкті – 50 кВт, на кораблі – 100 кВт, а на шасі вантажної машини – 200 кВт. Заплановано до 2015 року надати демонстраційні установки бойових лазерів із проведенням показових випробувань із стрільбою.

В Ізраїлі організації військового спрямування вивчають проект "Скайгарт" фірми "Нортроп-Грумман" і мають на меті орієнтуватися на американо-ізраїльські дослідження зі створення комплексу THEL [9] тактичного напрямку, який має за мету перехоплення артилерійських боєприпасів. Заплановано, що даний комплекс буде мати кругову зону обстрілу на відстані до 5 км. Запропонований комплекс має потужність 200 – 300 кВт на базі хімічного фтор-дейтерієвого лазера, довжина хвилі становить 3,8 мкм.

В подальшому для потреб Сухопутних військ планується перехід на стрілецьку зброю, що базується на лазерному випромінюванні (рис. 1).



Рис. 1. Лазерна стрілецька зброя: США – а; Китаю – б

У 2008 році стартували випробування бойової лазерної установки створеної концерном "MBDA" у Німеччині (рис. 2). Потужність становила 10кВт. Випробування показали високу дальність застосування нового виду зброї (табл. 2).

Таблиця 2
Результати випробувань лазерної установки

Відстань відстеження та вплив на об'єкти	до 2,3 км
Висота відстеження та вплив на об'єкти	до 1 км

Результати першої фази випробувань мали важливе значення вони продемонстрували можливість успішної протидії боєприпасів, що призводить до успішному застосуванню БЛУ для забезпечення захисту піхотних підрозділів в польових умовах.



Рис. 2. Бойова лазерна установка Німеччини

У вересні 2012 року закінчилися випробування нового виду перспективної лазерної зброї, потужність якої збільшилась, і становить 40кВт.

Крім США, Росії, Ізраїлю, Китаю, Німеччини та Франції, також ведуться розроблення лазерної зброї у Японії, Південній Кореї.

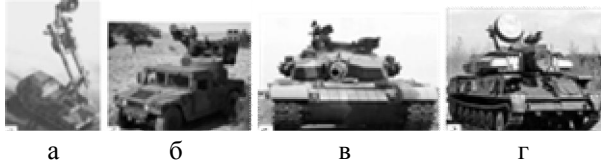


Рис. 3. Бойові лазери на броньованому шасі: Німеччині – а; США – б; Китаю – в; Росії – г

У наш час в багатьох наукових центрах провідних країн світу ведеться розроблення лазерів, зокрема ASMD (Anti-Ship Missile Defense), "Нортроп-Грумман", "Талес", ЛФК-МБДА, Energy and Electric Weapon Systems), "Х'юз Эйркрафт", TRW, HELSTF (High Energy Laser System Test Facility), NSWC, NAVSEA, програмах DE&EWS (Directed LATEX (Laser Associe a une Tourelle Experimentale) та багатьох інших (табл. 1).

Наприклад, у Німеччині створений бойовий лазер на шасі Leopard 2 (рис. 3, а), у США на шасі позашляховика Humvee Avenger (рис. 3, б), у Китаї на шасі танку типу Z 99 (рис. 3, в), у Росії на основі танка Т-72 (рис. 3, г).

Викладення основного матеріалу

Основні положення матеріалу статті. Запропоновано варіант реалізації бойового лазера на основі пульсуючих детонаційних систем [2, 3]. Зменшення масо-габаритних показників системи відбувається за рахунок використання для накачування енергії хімічних реакцій, а також відсутністю додаткової системи прокачування робочого середовища, збільшення коефіцієнта корисної дії за рахунок виключення витрат енергії на прокачування робочого середовища, що випромінює, та підвищення робочої температури в середовищі. Забезпечення середньої вихідної потужності випромінювання більшої ніж 100 кВт у сукупності зі зменшеннями масо-габаритними показниками, використання вуглеводного палива як джерела енергії накачування та лазерне випромінювання у вікнах прозорості повітря – усе це дає можливість зарахувати цей лазер до класу бойових. Будова детонаційної системи, що працює як лазер, показана на рис. 3.

Детонаційний лазер [4] працює наступним чином. Детонаційна труба 1, що має відкритий отвір з одного боку, через систему клапанів 2 заповнюється вуглеводно-повітряною або вуглеводно-кисневою сумішшю 3, здатною до детонації. За допомогою джерела розряду 4 біля закритого торця труби здійснюється ініціювання детонації 5 у суміші 3. Поширення детонації 6 по суміші 3 призводить до "миттєвого" її згоряння. Результатом детонаційного згоряння є зростання температури та тиску в продуктах хімічної реакції, серед яких наявні молекули диоксиду вуглецю CO_2 . Перепад тиску, що утворюється між продуктами детонації та зовнішнім середовищем, призводить до надзвукового розширення продуктів детонації із швидким охолодженням в зоні оптичного резонатора 7. Це створює умови для виникнення інверсії населеності в коливально збуджених молекулах CO_2 та забезпечує виникнення лазерного випромінювання. Детонаційне згоряння палива в лазерній установці виключає потребу у використаній турбокомпресорів для прокачування детонаційної труби з відповідним зменшенням енерговитрат, надзвукове вилічення продуктів детонації дозволяє вимкнути сопловий блок. Часткове охолодження системи відбувається за рахунок періодичного режиму роботи детонаційного лазера з заповнюванням труби холодною сумішшю. Температура у продуктах детонації може перевищувати 3000 К, що відрізняється від газодинамічних CO_2 лазерів, де робоча температура не перевищує 1400 К, у хімічних – 1500–1800 К. Це збільшує енергоефективність лазера. Параметри роботи детонаційного лазера представлені у роботі [2].

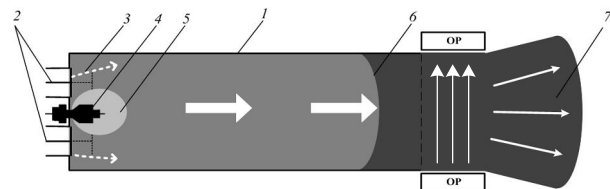


Рис. 3. Схема роботи детонаційного лазера: ОР – оптичний резонатор

Потужність детонаційних лазерів практично визначає частота ініціювання детонації. Для детонаційних систем частота ініціювання повинна досягати 100 Гц та вищої. Стає актуальним за великої частоти ініціювання детонації обмежувати витрати енергії розряду на ініціювання детонації, що робить пульсуючі детонаційні системи енерговитратними з виникненням технічних проблем щодо енергозабезпечення на бронеоб'єктах.

Визначено, що енергія імпульсу ініціювання не повинна перевищувати 50 Дж, що можна досягнути, якщо ККД потужних іскрових розрядів не перевищує 1 %. Здійснено математичне моделювання про-

цесу ініціювання детонації [7] та розроблена техніка за рахунок якої зменшені повні витрати енергії іскрового розряду в 3 рази порівняно з існуючими системами. Це дає можливість перейти до практичній реалізації детонаційного лазера з наступними параметрами.



Рис. 4. Детонаційний лазер на шасі бронееоб'єкта:
1 – кріплення; 2 – детонаційна труба;
3 – зона оптичного резонатора

Запропонована лазерна установка детонаційного лазера (рис. 4) на бронееоб'єкті, при потужності 10 кВт може уражати безпілотні літальні апарати, легкоброньовані об'єкти, головки самонаведення, літаки – до 2 км, а потужністю 100 кВт – до 15 км. Розходження лазерного променя на довжині хвилі 10,6 мкм і відстані 2 км становитиме 0,26 м, на відстань 15 км складатиме 1,8 м.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз результатів проведених експериментальних і теоретичних досліджень дозволяє вперше запропонувати забезпечення періодичного накачування CO₂-лазера високої потужності за рахунок періодичного детонаційного згоряння палива в частково замкненому об'ємі.

2. Впровадження бойових лазерних установок які працюють на детонаційному згорянні палива, може суттєво вплинути на розвиток озброєння і вій-

ськової техніки та змінити тактику ведення бою підрозділів Збройних Сил України та інших військових формувань.

Список літератури

1. Боевой 100-кВт лазер Northrop Grumman [электрон. ресурс] / В. Саков // Новости Hardware – 2009. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.3dnews.ru>.
2. Галак О.В. Приоритетні напрямки розвитку лазерної зброї сухопутних військ / О.В. Галак // Механіка та Машинобудування. – 2013. – № 1. – С. 151-156.
3. Напрями розвитку лазерної зброї вчора, сьогодні, завтра / О.В. Галак, Д.В. Карлов, О.Ю. Чернявський, О.Г. Сінько // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2013. – № 4 (13). – С. 123-130.
4. Детонационный газодинамический лазер / М.С. Джиджоев, В.В. Королев, В.Н. Марков [и др.] // Письма в ЖЭТФ. – 1971. – Т. 13. – С. 73-76.
5. Зарубин П.В. “Терра” и “Омега” – крупномасштабные пионерские советские программы высокоэнергетических лазеров / П.В. Зарубин, Н.В. Чебуркин, Е.М. Сухарев // Труды конференции. – Минск: 2007. – LAT 2007. – V. 6337.
6. Китайский основной боевой танк – Тип 99 [Электрон. ресурс] / Армейский вестник // Иностранные армии – 2011. – Режим доступа: <http://www.pro-tank.ru>.
7. Корытченко К.В. Моделирование инициации детонации в водородно-кислородной смеси по экспериментальной динамике ввода энергии в искровой канал / К.В. Корытченко, В.Ф. Болюх, А.В. Галак // Техническая электродинамика. – 2011. – Тем. выпуск – С. 281-286.
8. Фомкин Н. Приоритетные направления развития лазерного оружия за рубежом / Н. Фомкин // Зарубежное военное обозрение – 2011. – № 12. – С. 43-46.
9. Kalisky Yehoshua Applications of high power lasers in the battlefield / Yehoshua Kalisky // Chemistry Division, NRCN, P. O. Box 9001 Beer-Sheva, 84190, Israel. – 2009. – V. 7483.

Надійшла до редколегії 16.05.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.В. Єрмаков, Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків.

БОЕВЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ УСТАНОВКИ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ УКРАИНЫ И ДРУГИХ ВОЕННЫХ ФОРМИРОВАНИЙ

А.В. Галак

В современных условиях боя, боевые лазеры, играют существенное значение для поражения легко бронированной техники, беспилотных летательных аппаратов, головок самонаведения. В создании современных лазерных комплексов может возникнуть гонка между мировыми лидерами, где важным вопросом будет компактность, мощность и энергоэффективность лазерных систем, которые размещаются на бронееобъектах. Использование детонационных технологий позволяет создать компактную силовую установку и решить вопрос об увеличении мощности за счет более высокой температуры.

Ключевые слова: боевые лазеры, детонация.

COMBAT LASER EQUIPMENT OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE AND OTHER MILITARY FORMATIONS

A.V. Galak

In modern conditions of combat, battle lasers, play essential to easily defeat armed machinery, unmanned aerial vehicles, go-clever homing. In creating the modern laser systems can occur race between world leaders, where important issue is portability, power, and energy efficiency laser systems that are placed on preneoplastic. The use of detonation technology to create compact power unit and solve the question about the capacity increase due to higher temperatures.

Keywords: battle lasers, detonation.