

Галак О.В.

ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ЛАЗЕРНОЇ ЗБРОЇ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК

Постановка проблеми. Детонаційні технології належать до критичних технологій. Дані технології можуть бути реалізовані також і в потужних імпульсних детонаційних лазерах. На основі пульсуючих детонаційних систем можуть бути створені компактні бойові газодинамічні лазери із середньою потужністю 100 кВт і вищою, розміщені 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.

Для практичної реалізації детонаційного лазера потребує вирішення проблема енергоефективного періодичного ініціювання детонації. Установлено, що існує протиріччя у визначенні критичної (мінімальної) енергії ініціювання детонації іскровим розрядом. Це протиріччя 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. Тому актуальною задачею є обґрунтування відмінності детонаційних лазерів на основі існуючих лазерних систем та визначення напрямку розвитку цього типу зброї для Збройних Сил України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У 1962 році ЦК КПРС затверджена програма робіт [3] зі створення лазерної установки ПРО. Разом із ОКБ "Вымпел", Фізичним інститутом Академії Наук (ФІАН) та Всеросійським науково-дослідним інститутом експериментальної фізики (ВНШЕФ) до роботи по створенню лазерних установок приєднався Державний оптичний інститут. Зазначена програма дістала назву "Терра-3". У 1967 році з високоенергетичними фотодісоціонними лазерами здобуто енергію в імпульсі 20 кДж, а в 1968 році енергію в імпульсі 300 кДж. У 1968 році розпочались дослідні роботи зі створення HF -, CO₂ -, CO - лазерів високої енергії [8] (ФІАН, "Луч", "Астрофізика", ВНШЕФ, ДОІ, тощо), роботи завершилися у 1976 році. У 1978 році створено НПО "Астрофізика", а в 1982 році на озброєння Радянської Армії був поданий лазерний комплекс 1К11 "Стиллет". Швидкими темпами в 1983 році на озброєння запропонований СЛК "Сангвин". У грудні 1990 року був зібраний дослідний зразок лазерного комплексу 1К17 "Сжатие". У 1991 році установка відправлена на випробування, а у 1992 році комплекс рекомендований до постановки на озброєння.

У США приділяється велика увага 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

© О.В. Галак, 2013

[9] 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 семи лазерних підсилювачів з потужністю 15 кВт кожний, 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 лазеру | Тип лазеру | 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, в якій застосовується лазерна система активного захисту JD-3 [4], є модернізацією танка Т-72. Ця система складається з системи попередження про лазерне опромінення та квантового генератору. 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. Внаслідок 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 лазерних 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 проведенні 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 [6]. 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 демонстративні установки бойових лазерів із проведенням показових випробувань із стрільбою.

В Ізраїлі військові організації вивчають проект "Скайгارد" фірми "Нортроп-Грумман" [1] і мають на меті орієнтуватися на американо-ізраїльські дослідження зі

До обговорення

створення комплексу Tactical High Energy Laser (THEL) [7] тактичного напрямку, який має за мету перехоплення артилерійських боєприпасів. Заплановано, що даний комплекс буде мати кругову зону обстрілу на відстані до 5 км. Установка створена на базі показового варіанта наземного тактичного комплексу THEL. Запропонований комплекс має потужність 200–300 кВт на базі хімічного фтор-дейтерієвого лазера, довжина хвилі становить 3,8 мкм.

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



Рис. 1. Бойові лазери на броньованому шасі: Німеччині (а), США (б), Росії (в) і Китаю (г).

У наш час розроблення лазерів ведеться в багатьох наукових центрах провідних країн світу [9, 10], зокрема "Нортроп-Грумман", "Талес", ЛФК-МБДА, ASMD (Anti-Ship Missile Defense), "Х'юз Эйркрафт", TRW, HELSTF (High Energy Laser System Test Facility), NSWC, NAVSEA, програмах DE&EWS (Directed Energy and Electric Weapon Systems), LATEX (Laser Associate a une Tourelle Experimentale) та багатьох інших (табл. 1).

Наприклад, у Німеччині створений бойовий лазер на шасі Leopard 2 (рис. 1 а), у США на шасі позашляховика Humvee Avenger (рис. 1 б), у Росії на основі танка Т-72 (рис. 1 в), у Китаї на шасі танку типу Z 99 (рис. 1 г). Призначення та класифікація лазерної зброї провідних держав світу [6] приведена у табл. 2.

Таблиця 2

Класифікація та призначення лазерної зброї провідних держав світу

| Держава | Тип силової установки | Призначення |
|-----------|--|---|
| США | Киснево-йодний лазер | Протиракетна оборона, повітряна оборона, протисупутникова боротьба |
| | Фтор-дейтерієвий лазер | |
| | Твердотільний лазер | Протиракетна оборона, повітряна оборона, оптоелектронна протидія, не літальна зброя, дистанційна нейтралізація інженерних та артилерійських боєприпасів |
| | Ексімерний лазер | Протиракетна оборона, повітряна оборона, не літальна зброя. |
| Німеччина | Киснево-йодний лазер | Повітряна оборона |
| Ізраїль | Фтор-дейтерієвий лазер (розробка ведеться сумісно з США) | Протиракетна оборона, повітряна оборона |
| Китай | Киснево-йодний лазер | Протиракетна оборона, повітряна оборона, протисупутникова боротьба |
| | Фтор-дейтерієвий лазер | |
| Франція | Твердотільний лазер | Повітряна оборона |
| | Газовий лазер | Не літальна зброя |

Основні положення матеріалу статті. Запропоновано варіант реалізації бойового лазера на основі пульсуючих детонаційних систем. Зменшення масо-габаритних показників системи відбувається за рахунок використання для накачування енергії хімічних реакцій, а також через відсутність 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 зменшеними 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. 2.

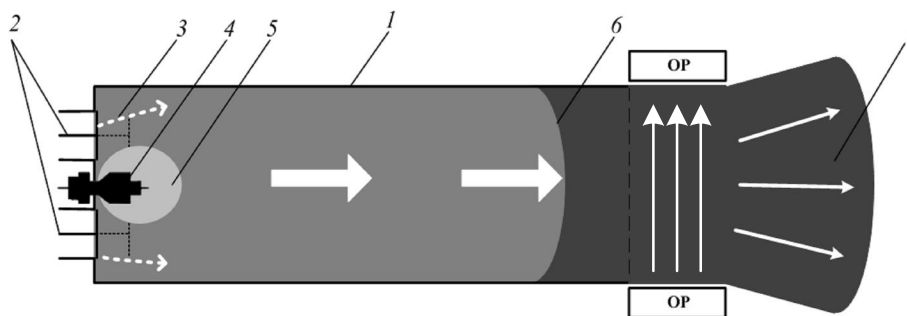


Рис. 2. Схема роботи детонаційного лазера: ОР – оптичний резонатор.

Детонаційний лазер [2] працює таким чином. Детонаційна труба 1, що має відкритий отвір з одного боку, через систему клапанів 2 заповнюється вуглеводно-кисневою або вуглеводно-повітряною сумішшю 3, здатною до детонації. Біля закритого торця труби за допомогою джерела розряду 4 здійснюється ініціювання детонації 5 у суміші 3. Поширення детонації 6 по суміші 3 призводить до “миттєвого” її згоряння. Результатом детонаційного згоряння є зростання тиску та температури 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 використанні 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.

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 %. Здійс-

До обговорення

нено математичне моделювання процесу ініціювання детонації [5] та розроблена техніка, за рахунок якої зменшені повні витрати енергії іскрового розряду в 3 рази порівняно з існуючими системами. Це дає можливість перейти до практичної реалізації детонаційного лазера з наступними параметрами (табл. 3).

Таблиця 3

Параметри роботи детонаційного лазера

| | Параметри |
|------------------------------|---------------------|
| Вихідна потужність | 50 кВт |
| Об'єм детонаційної камери | 2 л |
| Робоча суміш | пропан-кисень |
| Довжина хвилі випромінювання | 10,6 мкм |
| Відстань до об'єкту | від 2000 до 15000 м |

Запропонована лазерна установка детонаційного лазера на бронеоб'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 (табл. 4) на довжині хвилі 10,6 мкм і відстані 2 км становитиме 0,26 м, на дальність 15 км складатиме 1,8 м.

Таблиця 4

Розрахунок розходження лазерного променя

| d (мм) | L (м) | D' (мм) | D (мм) | λ (нм) | α (радіан) | α град |
|--------|-------|---------|--------|----------------|---------------------|--------------------|
| 200 | 15000 | 969,9 | 2139,8 | 10600 | $6,466 \times 10^6$ | $3,71 \times 10^4$ |
| 200 | 2000 | 129,32 | 458,64 | 10600 | $6,466 \times 10^6$ | $3,71 \times 10^4$ |

Висновки. 1. Перспективою розвитку лазерної зброї є подальше вивчення та розвиток бойових лазерів, які базуються на детонаційному згорянні палива, що суттєво може вплинути на розвиток озброєння і військової техніки та змінити тактику ведення бою підрозділів Сухопутних військ.

2. Впровадження детонаційних технологій у подальшому може використовуватись для потреб Збройних Сил України, що дозволить в майбутньому втрутитись у гонку між світовими лідерами зі створення сучасних лазерних комплексів.

Література: 1. Боевой 100-кВт лазер Northrop Grumman [Электронный ресурс] / В. Саков // *Новости Hardware* – 2009. – Режим доступа.: [http: www.3dnews.ru](http://www.3dnews.ru). 2. Джиджоев М.С. Детонационный газодинамический лазер / М.С. Джиджоев, В.В. Королев, В.Н. Марков [и др.] // *Письма в ЖЭТФ*. – 1971. – Т. 13. – С. 73–76. 3. 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. 4. Китайский основной боевой танк – Тип 99 [Электронный ресурс] / *Армейский весник // Иностранные армии* – 2011. – Режим доступа.: [http: www.pro-tank.ru](http://www.pro-tank.ru). 5. Корытченко К.В. Моделирование инициирования 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. 6. Фомкин Н. Приоритетные направления развития лазерного оружия за рубежом / Н. Фомкин // *Зарубежное военное обозрение* – 2011. – № 12. – С.43–46. 7. 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. 8. Keller Bill American Team Gets Close Look At Soviet Laser. / Bill Keller // *Special to The New York Times Published*. – 1989. 9. Stupl Jan High Energy Lasers: A Sensible Choice for Future Weapon Systems? / Jan Stupl, Gotz Neuneck // *Security Challenges*. – 2005. – V. 1, N. 1. – P. 135–153. 10. Stupl Jan Assessment of Long Range Laser Weapon Engagements: The Case of the Airborne Laser / Jan Stupl, Goetz Neuneck // *Science and Global Security*. – 2010. – V. 18. – P. 1–60.

Bibliography (transliterated): 1. Combat 100-kW laser Northrop Grumman [Electronic resource] / Century Saks // *news Hardware* - 2009. - Mode of access.: [http: www.3dnews.ru](http://www.3dnews.ru). 2. Dgidgoev M.S. Detonation gas-dynamic laser / MS Dgidgoev, V.V. Korolev, V.N. Markov [and other] // *Letters to the GETF*. - 1971. - 13. - C. 73 to 76. 3. Zarubin P.V. «Terra» and «omega» -large-scale pioneer Soviet program of high-energy lasers / PV Zarubin, N.V. Cheburkin, E.M. Sukharev // *Proceedings of the conference*. - Minsk: 2007. - LAT 2007. - V. 6337. 4. Chinese main battle tank - Type 99 [Electronic resource] / *Army vesnik* // *Foreign army* - 2011. - Mode of access.: [http: www. pro-tank.ru](http://www.pro-tank.ru). 5. Korutchenko K.V. Modeling of initiation of detonation in a hydrogen-oxygen mixture to the experimental dynamics of input of energy in the spark channel / K.V. Korutchenko, V.F. Bolych, A.V. Galak // *Technical electrodynamics*. - 2011. - The. release - C. 281 - 286. 6. Fomkin N. Priority directions of development of laser weapons abroad / N. Fomkin // *Zarubezhnoye* - 2011. - № 12. - S.43-46. 7. 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. 8. Bill Keller, *The American Team Gets Close Look At Soviet Laser*. / Bill Keller // *Special to The New York Times Published*. - 1989. 9. Stupl Jan High Energy Lasers: A Sensible Choice for Future Weapon Systems? / Jan Stupl, Gotz Neuneck // *Security Challenges*. - 2005. - V. 1, n 1. - R. 135-153. 10. Stupl Jan Assessment of Long Range Laser Weapon Engagements: The Case of The Airborne Laser / Jan Stupl, Goetz Neuneck // *Science and Global Security*. - 2010. - V. 18. - P. 1-60.

Галак О.В.

ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ЛАЗЕРНОЇ ЗБРОЇ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК

У сучасних умовах бою лазерні технології мають важливе значення. Тому виникає потреба створення компактних, потужних та енергоефективних лазерних систем, які можуть розміщуватися на броньованих об'єктах. Використання детонаційних технологій дозволяє створити компактну силову установку та вирішити питання збільшення потужності за рахунок використання більш високої температури.

Галак А.В.

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЛАЗЕРНОГО ОРУЖИЯ СУХОПУТНЫХ ВОЙСК

В современных условиях боя лазерные технологии имеют важное значение. Поэтому возникает потребность в создании компактных, мощных и энергоэффективных лазерных систем, которые могут размещаться на бронированных объектах. Использование детонационных технологий позволяет создать компактную силовую установку и решить вопрос увеличения мощности за счет использования более высокой температуры.

Galak O.V.

PRIORITY DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF LASER WEAPONS LAND FORCES

In modern conditions of battlefield laser technologies is essential. Therefore there is a need to create a compact, powerful and energy efficient laser systems that can be placed on armored pellicles. The use of detonation of technologies allows to create a compact power unit and to solve the issue of increasing the power through the use of higher temperatures.