

- Просте регулювання світлового потоку;
- Широкий діапазон корельованих колірних температур;
- Керування яскравістю та розподілом освітленості;
- Електронний контроль живлення;
- Висока енергоефективність;
- Тривалий термін дії.

Системи керування світлодіодним освітленням дають можливість реалізувати циркадне освітлення в приміщеннях. Світлові датчики дозволяють отримувати інформацію про світло оточуючого простору в режимі реального часу. Вони враховують не лише зміну рівня природного світла в приміщенні, але й вплив штучного освітлення та процесів відбиття світла від поверхонь приміщення. Датчики руху відіграють важливу роль для енергозбереження, однак сучасні їх аналоги вже можуть виконувати більш точний аналіз активності людини і, навіть, певні фізіологічні параметри.

Для інтеграції проєктів циркадного освітлення, користуючись новітніми системами автоматизації та світлодіодних технологій, необхідно враховувати два основні фактори:

Можливість поєднання кількох пристроїв або систем, які будуть працювати разом в одному просторі, взаємодіяти та не заважати роботі одна одній;

Взаємозамінність елементів системи, що забезпечує її ефективне обслуговування та можливість модернізації з часом.

Класичний підхід до проєктування систем освітлення тривалий час розмежовував штучне та природне освітлення. Сучасні можливості світлових технологій все частіше об'єднують ці системи. Циркадне освітлення набуває більшої популярності та стає все більш можливим в його технічній реалізації. Майбутнє світлового дизайну полягає в поєднанні природного і штучного освітлення в одну збалансовану світлотехнічну систему, яка має бути адаптована до циркадних ритмів та фізіологічних потреб людини.

Список використаних джерел

1. Rea M, Figueiro M, Bullough J. Circadian photobiology: an emerging framework for lighting practice and research. *Lighting Research & Technology*. 2002; 34(3): 177-187. doi:10.1191/1365782802lt057oa
2. Maurizio Rossi, Circadian Lighting Design in the LED Era. *Springer Cham*. 2019. 277. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-11087-1>

УДК 67.02

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ЛАЗЕРНОЇ ЗБРОЇ НА НОВИХ ФІЗИЧНИХ ПРИНЦИПАХ

Табуненко Володимир Олександрович,
кандидат технічних наук, доцент, професор

Сальник Олег Вікторович,
старший науковий співробітник

Харківській національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба

E-mail: tabunenko55@ukr.net

Під лазерною зброєю прийнято розуміти зброю на нових фізичних принципах неконтактної дії, в якій вражаючим елементом передбачаються використовувати високоенергетичне спрямоване електромагнітне випромінювання, що генерується лазерними системами, за допомогою яких можна знищити будь-який об'єкт, що знаходиться на відстані.

Вперше ідея створення такої зброї була висловлена в науково-фантастичному романі радянського письменника Олексія Толстова, який мав назву «Гіперболоїд інженера Гаріна».

Цей роман мав великий успіх у шанувальників фантастики, завдяки ідеї створення нової зброї, а пізніше був екранізований у вигляді художнього фільму, чим викликав ще більший інтерес у молоді. У 30-ті роки минулого століття було неможливо реалізувати таку зброю через відсталість технологічної елементної бази. Можливо, що Олексій Толстой не був першовідкривачем ідеї створення нової зброї, яка була призначена для отримання небаченого економічного ефекту при виконанні робіт з буріння свердловин, видобутку корисних копалин на великій глибині, а можливо ідея застосування була призначена до інших галузей науки та техніки. Наукова цінність та практична користь ідеї створення лазерів були настільки приголомшливими, що ними одразу зайнялися тисячі військових інженерів на вчених різних країн світу.

У 1960-х роках виникла ідея створення лазера, яка перетворилася на створення квантового генератору оптичного діапазону, де фізичні принципи роботи лазера стали зовсім інші. В результаті чого лазерний промінь став мати здатність до самофокусування в повітрі за рахунок ефектів нелінійної оптики. Незважаючи на складність розробки та виробництва деяких з цих видів зброї, фахівці того часу вважали її досить перспективною. Розробка технології лазерної зброї, почала набувати реальної форми, набираючи сили за етапами, які збільшували потужність випромінювання лазерів і, таким чином, потенційну можливість військового застосування. У 1970-х роках з'явилася ідея нового принципу лазера, а ще через п'ять років з'явилися газові лазери з імпульсним накачуванням. Ще через кілька років були винайдені рентгенівські лазери та розроблена лазерна технологія, що розглядається для космічного базування. Аналогічна робота велася на той час СРСР, що призвела до створення досвідчених випробувальних стендів ТНЕР (що скорочено позначалося, як тактичний лазер високої енергії) на декількох майданчиках, включаючи ракетний полігон, у середині 1980-х років. Ці зразки випробовувалися як зброї проти супутників. Хоча ці роботи ні до чого не призвели практично, але деякі інші менш амбітні програми були підтримані, і частина з них в той час наближається до експлуатаційної реалізації [1].

Лазерна зброя, як тоді передбачалося, могла мати кілька основних переваг над традиційними видами зброї [2]:

- низькі матеріальні витрати на експлуатацію при її застосуванні не вимагали таких витрат як виробництво сучасних снарядів або ракет, а лише великого джерела енергії;
- застосування дозволяло скритність і водночас раптовість під час виведення з ладу електронних систем противника, що дозволяло дезорганізувати його управління;
- застосування такої зброї значно перевищувало традиційні види зброї на максимальній дальності стрільби та точності наведення;
- перенесення енергії такої зброї наближалася до швидкості світла, що унеможливило ухилитися від його дії або спробою врятуватися втечею, навіть в умовах повітряного бою;
- одночасно спрощувалися розрахунки траєкторії прицілювання та стрільби через необхідність враховувати гравітацію планети та аеродинамічного опору;
- обстріл цілей противника на відміну традиційних видів зброї не обмежувався запасом боєприпасів, лише наявністю електричної енергії.

Незважаючи на активні розробки та очевидні переваги лазерної зброї, вона мала суттєві недоліки [2].

- така зброя вимагала споживання багато електроенергії. Це означало, що потужні установки потребуватимуть громіздких генераторів, які значно знижують рухливість та маневреність систем, на які ця зброя встановлюватиметься.
- при використанні лазерної зброї можливе ураження цілей противника виключно прямим наведенням, що обмежує можливості застосування на суші.
- лазерний промінь можна відобразити, використовуючи відносно дешеві матеріали.

Поєднання позитивних та негативних характеристик використання спрямованої енергії дозволяло доповнювати такими системами системи із звичайними боєприпасами у всьому спектрі військових завдань, але не замінювати їх.

Розробники лазерної зброї умовно розділили її на чотири групи [3]:

Лазерна зброя для прямого знищення цілей противника – призначена для руйнування елементів конструкції та порушення працездатності радіоелектронних систем мети. Така зброя пов'язана з великою кількістю енергії і може бути реалізована у вигляді стаціонарних систем наземного, повітряного або морського базування.

Лазерна зброя обмеженої вражаючої дії – призначена для впливу лазерного променя на одяг або шкіру на тілі особового складу противника, що не порушує життєво важливі органи, здатний пропалити або підпалити тонкостінні оболонки паливних баків з матеріалами, що легко займаються. Такий вид зброї вважається нелетальним. Це має на увазі такий вид зброї, який здатний вивести з ладу бойову техніку, матеріальні засоби та особовий склад противника, без завдання йому безповоротних втрат.

3. *Сліпуча лазерна зброя* – призначена для засліплення органів зору особового складу противника, впливу на оптичні системи наведення чи розпізнавання озброєння та бойової техніки. Дія цієї зброї на живу силу противника досягається за рахунок спрямованого променя лазера червоного або зеленого кольору, що викликає тимчасове засліплення і психологічний вплив, який приводить військовослужбовців до нездатності виконувати бойові завдання. Світло лазера створює ефект світлової завіси, не дозволяючи снайперам противника вести прицільну стрільбу або візуальне спостереження через оптичні прилади. Максимальна потужність впливу, що не призводить до опіку та незворотних наслідків для очей, розглядається в діапазоні від 1 мВт/см² до 2,5 мВт/см². Така зброя вважається «нелетальною».

4. *Лазерна зброя іншої дії* – призначена для дистанційного розмінування, або для світлошумового впливу на відстань у десятки кілометрів, або для подачі сигналів попередження, лиха, як засобу обміну інформацією, при веденні розвідувальних операцій, за рахунок вузько спрямованого випромінювання на великих відстанях.

Нові розробки лазерної зброї продовжуються, в основному, щоб боротися з такими цілями, як ракети або безпілотні літальні апарати. Наприклад, Росія розробила комплекс «Пересвіт», який з 2020 року був прийнятий на озброєння. А в США активно йдуть випробування лазерних комплексів наземного та корабельного базування. На початку 2021 року компанія Lockheed Martin здала досвідчений бойовий лазер корабельного базування High Energy Laser with Integrated Optical-Dazzler and Surveillance (HELIOS). Випробування мають закінчитися у 2024 році, після чого вони надійдуть на озброєння [4].

Нова ізраїльська лазерна система протиповітряної оборони (ППО) під назвою Iron Beam ("Залізний промінь") вже здатна збивати ракети зі швидкістю світла. Завдяки лазерному променю потужністю 100 кіловат та дальності дії 7 км Iron Beam знищує загрози з "високою точністю", завдає невеликої побічної шкоди і практично безкоштовна в експлуатації. При використанні як на суші, так і на морі система може захистити кораблі від роїв безпілотних літальних апаратів та проти корабельних ракет [5].

Висновки

Завдяки перевагам зброї на нових фізичних принципах у порівнянні з традиційними видами зброї військовим командуванням різних країн розглядаються як універсальна лазерна зброя, здатна вирішувати широке коло завдань оборонного, так і наступального характеру. При цьому нова зброя може застосовуватись у різних середовищах та бойових умовах.

За оцінками військових експертів [2-5], нова зброя відрізняється високою надійністю та ефективністю, набагато перевищує всі очікування. Особливості зброї на нових фізичних принципах становлять інтерес військових вчених. Напрямки подальших досліджень та потенційного використання бойових лазерів, тактичне застосування насамперед для ураження всього спектра цілей – безпілотних літальних апаратів, балістичних ракет, літаків артилерійських та мінометних снарядів.

Бойові лазерні системи сьогодні ще перебувають у стані розвитку. Але на практиці 13.04.2024 при нападі Іраку на Ізраїль великої кількості ракет результати дії лазерної системи ППО "Залізний промінь" показали високу ефективність його застосування.

У той же час, для подальшого підвищення ефективності застосування лазерів у військовій справі слід вирішити цілу низку не лише технологічних питань, а й розробити

концепцію використання цього нового виду зброї, яка включає тактику та стратегію використання бойових лазерів, визначити умови їхньої експлуатації та заходи безпеки. Швидкий розвиток технологій дає підстави вважати, що процес вдосконалення нової зброї буде здійснюватися досить швидко.

Військові експерти прогнозують, що лазерна зброя в майбутньому відіграватиме виключно важливу роль у бойових діях як засіб ППО, ефективно доповнюючи застосування традиційних видів зброї.

Список використаних джерел

1. David Alexander Advances in Electromagnetic/Directed Energy Weapon Systems // Military Technology, 2008, vol. XXXII, No 9.
URL: http://btvt.info/2futureprojects/energy_direct_fire_weapon.htm
2. «Промінь смерті»: переваги, недоліки та перспективи лазерної зброї / Armiya.AZ. URL: <https://armiya.az/ru/news/128594/%C2%AB%D0%9B%D1%83%D1%87-%D1%81%D0>
3. Чи залишаться лазери долею наукової фантастики? / ХАБР. URL: <https://habr.com/ru/companies/first/articles/707080/>
4. Нова лазерна система ППО Ізраїлю може збивати цілі зі швидкістю світла // Уніан. URL: <https://www.unian.net/weapons/novaya-lazernaya-sistema-pvo-izrailya-sposobna-sbivat-celi-so-skorostyu-sveta>

УДК 551.510.534:621.383.52:004.9:628.98

ВИМІРЮВАННЯ ВЕЛИКИХ ЗНАЧЕНЬ СИЛИ СВІТЛА СПАЛАХУ

Шабашкевич Борис Григорович,

кандидат технічних наук,

директор ТОВ НВФ «Тензор»

Добровольський Юрій Георгійович,

доктор технічних наук,

заступник директора ТОВ НВФ «Тензор»

Юр'єв Василь Григорович,

провідний метролог

ТОВ «НВФ «ТЕНЗОР», м. Чернівці, Україна.

E-mail: td_tenzor@ukr.net

З огляду на широкий спектр різноманітних джерел світла, які щороку впроваджуються у промисловості та побуті, світлотехнічні вимірювання характеристик таких джерел є актуальним завданням сучасної світлотехніки. Зокрема, актуальним завданням є вимірювання великих значень сили світла, які створюються потужними, короткотривалими світловими спалахами, зокрема - світло-шумовими гранатами [1].

З огляду на вище вказане, метою роботи є створення приладу для вимірювання сили світла спалаху, який створюється при спрацюванні світло-шумової гранати.

Прилад створювався на базі апаратно-програмної платформи фотометра Екотензор-03 [2], яка була доопрацьована для забезпечення вимірювання сили світла на рівні $(10 \pm 2) \cdot 10^6$ кд, яка відповідає силі світла, що створює спалах світло-шумової гранати. Слід було врахувати таку обставину, як тривалість такого спалаху. За різними оцінками вона триває від 10 мс до 1 секунди у різних типів гранат.

В цьому випадку маємо не тільки імпульсне джерело, а і джерело, у якого величина сили світла зростає до $10 \cdot 10^6$ кд за мілісекунди, і, так саме, спадає до фонового значення сили світла за кілька десятків мс.