

## **ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ РОБОТИ ПРИЛАДІВ НІЧНОГО БАЧЕННЯ**

Лучанінов К.Ю.

e-mail: kyrylo.luchaninov@nure.ua

Науковий керівник – к.т.н., доц. Орел Р.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Фізики,  
м. Харків, Україна

The paper examines modern night vision devices and their role in operating under low-light conditions. The principles of image intensification and thermal imaging technologies are considered. The structure and operation of image intensifier tubes and thermal sensors are described. Key characteristics, advantages, and limitations of both technologies are analysed, and their practical applications in military, security, and rescue operations are demonstrated.

У сучасних умовах прилади нічного бачення (ПНБ) перетворились на незамінний інструмент для військових підрозділів, рятувальних служб і систем безпеки. Здатність спостерігати та орієнтуватися в умовах недостатнього або повністю відсутнього освітлення суттєво розширює оперативні можливості в найрізноманітніших ситуаціях. Стрімкий розвиток технологій підсилення зображення та тепловізійних систем відкрив принципово нові горизонти у цій сфері, тому розуміння принципів їх роботи та характеристик є важливою передумовою для їх ефективного використання та подальшого розвитку.

Існують два основних принципи роботи ПНБ: принцип підсилення зображення та тепловізійний принцип. Перший принцип базується на збільшенні світлового потоку звичайного зображення, використовуючи трубку підсилення зображення ІТ (image intensifier tube) [1]. Це електрооптичний пристрій, який фізично збільшує кількість фотонів, що в нього потрапляють. Спочатку об'єкти збирає фотони залишкового світла, після чого вони потрапляють на фотокатод. На цьому етапі відбувається зовнішній фотоелектричний ефект [2]. Це призводить до збудження електронів, які прискорюються у вакуумі та спрямовуються до мікроканальної пластини. У цій пластині містяться мільйони мікроканалів діаметром 6-12 мкм, нахилених під невеликим кутом. Коли електрон вдаряється об внутрішню стінку каналу, генерується кілька нових електронів. Це явище називається вторинною електронною емісією. Далі ці електрони вдаряються об інші стінки, і процес повторюється вздовж усієї глибини каналу. Структурну схему будови ПНБ зображено на рис. 1.

Також досить важливою є роздільна здатність ПНБ – це здатність системи відтворювати дрібні деталі. Зображення вимірюється лініями на міліметр – скільки пар ліній ми можемо розмістити на одному міліметрі. Підсилення зображення відбувається аналоговими методами, а не цифровими. Тому використання ІТ передбачає неперервне підвищення

яскравості. Для роботи таким приладам необхідне хоча б мінімальне розсіяне світло, наприклад, таке як: світло зірок або місяця.

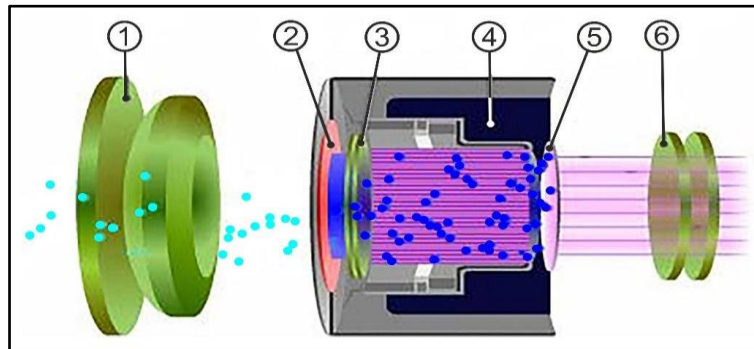


Рисунок 1 – Структурна схема ПНБ: 1 – об'єктив; 2 – фотокатод; 3 – мікроканальна пластина; 4 – високовольтне джерело живлення; 5 – люмінофорний екран; 6 – окуляр.

До переваг принципу підсилення зображення належать низьке енергоспоживання, що критично важливим характеристика в польових умовах, а також мінімальна затримка зображення та висока глибина сцени, що дозволяє добре орієнтуватись у просторі. Проте головним недоліком є залежність від наявності хоча б мінімального зовнішнього освітлення, тому у повній темряві без інфрачервоної підсвітки прилад не функціонує. Слід додати, що прилади нічного бачення з цією технологією мають монохромне зображення і ресурс приблизно 10000 годин, а дальність спостереження обмежена приблизно 0,4–1,0 км залежно від рівня природного освітлення та атмосферних умов.

Тепловізійний принцип базується на реєстрації інфрачервоного випромінювання, що випромінюють усі об'єкти з температурою вище абсолютного нуля. На відміну від принципу підсилення зображення, тепловізор не потребує зовнішнього освітлення. Зафіксована енергія інфрачервоного випромінювання перетворюється у видиме зображення – термограму, що відображає різницю температур. Основним елементом тепловізора є інфрачервона матриця, яка складається з великої кількості чутливих елементів [3].

У сучасних приладах найчастіше застосовуються неохолоджувані мікроболометри. Вони змінюють свій електричний опір залежно від температури: коли інфрачервоне випромінювання потрапляє на сенсор, виникає зміна електричного сигналу, який обробляється та формується у зображення з відтінків сірого або псевдо кольорів. Тепловізійні системи працюють переважно у довгохвильовому діапазоні (8 мкм – 12 мкм), який менш чутливий до атмосферного поглинання та краще підходить для складних погодних умов.

На рис. 2 наведено приклад зображення, отриманого тепловізором під час туману [4].



а)



б)

Рисунок 2 – Видимість під час туману:

а) звичайне зображення; б) зображення з тепловізору

Перевагою ПНБ тепловізійного принципу є повна незалежність від освітлення та здатність працювати у повній темряві, крізь дим, туман чи дощ. ПНБ дозволяють виявляти людей і техніку за температурним контрастом навіть у складних умовах. До недоліків можна віднести вищу вартість, меншу деталізацію дрібних об'єктів, затримку зображення та складність розпізнавання цілей із незначною різницею температур.

Таким чином, ПНБ є важливим і багатофункціональним засобом спостереження в умовах недостатнього освітлення, або його відсутності. Принцип підсилення зображення та тепловізійний принцип доповнюють один одного: перший забезпечує природне та деталізоване зображення за наявності мінімального освітлення, тоді як другий гарантує виявлення об'єктів навіть у повній темряві та в умовах обмеженої видимості. Сфера застосування ПНБ є надзвичайно широкою: крім військової та охоронної галузей, вони активно використовуються у пошуково-рятувальних операціях, медичній діагностиці, будівельній термографії та промислового контролю. Подальший розвиток технологій, зокрема поява цифрових ПНБ та гібридних систем, що поєднують обидва принципи, відкриває нові перспективи для розширення застосування таких приладів у різних галузях.

#### Список використаних джерел:

1. Borissova D. Night vision devices. Modeling and Optimal Design. Prof. Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences: Sofia, 2015. 198 p.
2. Haque M, Muntjir M. Night Vision Technology: An Overview // International Journal of Computer Applications. 2017. Vol. 167, no. 13. P. 37–42.
3. Akula A., Ghosh R., Sardana H.K. Thermal imaging and its application in defence systems // Optics: Phenomena, Materials, Devices, and Characterization AIP Conf. Proc. 1391. 2011. P. 333–335.
4. What Makes Thermal Imaging Cameras Useful? // RoboticsTomorrow, URL: <https://www.roboticstomorrow.com/article/2025/08/what-makes-thermal-imaging-cameras-useful/25340> (дата звернення: 16.02.2025)