

**В. В. Любич, М. Г. Домненко**

## **ПЕРСПЕКТИВИ МАСКУВАННЯ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ПОЗИЦІЙ ТА ТЕХНІКИ НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ З НАНОПОКРИТТІВ**

***Анотація:** засоби та методи маскування артилерійських позицій від дронів-розвідників постійно вдосконалюються, зокрема через розвиток новітніх технологій і методів протидії. Сучасні дрони стають все більш технічно досконалими, і здатність виявляти позиції значно зросла завдяки використанню сенсорів, тепловізорів та штучного інтелекту. Розвиток матеріалів на основі нанотехнологій відкриває нові можливості для військової сфери, забезпечуючи ефективну прихованість у сучасних умовах конфліктів, де засоби виявлення стають все більш досконалими.*

***Ключові слова:** нанопокриття, дрон-розвідник, маскування, артилерійський підрозділ*

***Annotation:** Means and methods of masking artillery positions from reconnaissance drones are constantly being improved, in particular due to the development of the latest technologies and countermeasures. Today's drones are becoming more and more technically sophisticated, and the ability to detect positions has increased significantly thanks to the use of sensors, thermal imaging and artificial intelligence. The development of materials based on nanotechnology opens up new opportunities for the military sphere, providing effective stealth in modern conflict conditions, where detection means are becoming more and more sophisticated.*

***Key words:** Nanocoating, reconnaissance drone, camouflage, artillery unit*

Маскування вогневих позицій від дронів-розвідників є важливим елементом захисту артилерійських підрозділів. Сучасні безпілотні літальні апарати оснащені високоточними камерами, тепловізорами та іншими сенсорами, що дозволяють їм ефективно виявляти позиції та техніку. Нанотехнології відкривають нові можливості для підвищення ефективності маскування, зменшення помітності техніки в різних спектральних діапазонах, що критично важливо в умовах сучасних бойових дій

Перспективними напрямками у маскуванні артилерійських позицій в умовах широкого застосування безпілотних літальних апаратів є:

Розвиток інноваційних маскувальних матеріалів, а саме застосування тепловідбиваючих та багатошарових маскувальних сіток, оскільки сучасні маскувальні матеріали не лише зменшують видимість у видимому спектрі, але й ефективно відбивають теплове випромінювання, роблячи техніку менш помітною для тепловізорів.

Перспективним напрямком захисту вогневих позицій також є маскування з наноматеріалів, тобто використання нанотехнологій для створення матеріалів, які здатні динамічно змінювати колір чи навіть структуру для адаптації до зміни навколишнього середовища.

Основні перспективи використання наноматеріалів:

- Зменшення теплової та радіолокаційної помітності техніки, що критично важливо у сучасній війні.
- Зниження витрат на обслуговування та заміну маскувальних систем завдяки довговічності нанопокриттів.
- Розробка адаптивних систем маскування, що можуть автоматично реагувати на зміни умов середовища.
- Поліпшення прихованості техніки в будь-яких умовах освітлення, погоди та ландшафту.

Основні принципи та перспективи використання наноматеріалів для маскування:

1. Зміна кольору та структури поверхні (адаптивне камуфляжне покриття), що виявляється у динамічному зміщенні кольору та текстури. Наноматеріали можуть змінювати свій колір або відтінок залежно від навколишнього середовища (наприклад, імітація кольорів лісу, піску або снігу). Такі покриття використовують принципи, подібні до шкіри хамелеонів, та реагують на зміни освітлення і спектру.

Також до них слід віднести гнучкі сенсорні елементи, тобто покриття з наночастинками може мати сенсори, що визначають навколишні умови і адаптують колір та малюнок поверхні техніки в режимі реального часу.

2. Поглинання та розсіювання теплового випромінювання Нанопокриття, яке відбиває або поглинає інфрачервоне випромінювання, може ефективно знижувати тепловий слід техніки, що

ускладнює виявлення тепловізорами. Це дозволяє зменшити помітність артилерійських установок навіть при їхній роботі.

Матеріали з нульовою емісією тепла: Використання спеціальних наноплівки, які здатні повністю блокувати теплове випромінювання техніки, робить її практично невидимою в інфрачервоному діапазоні. Використання нанопокриттів з нульовою емісією тепла для маскування стаціонарних об'єктів, таких як радіолокаційні станції, склади з технікою, штаби тощо.

Зменшення інфрачервоного випромінювання (інфрачервоного спектра) покриттів з наноструктурованими ізоляційними шарами, які діють як теплові бар'єри. Такі покриття мінімізують випромінювання тепла, створюючи ефект "теплової пастки", де тепло не виходить на зовнішню поверхню техніки. Використання наноматеріалів з низькою емісійною здатністю робить об'єкти практично невидимими для тепловізійних камер.

Метаматеріали з властивостями теплового розсіювання, які ефективно розсіюють теплову енергію в навколишнє середовище. Це допомагає вирівняти температуру техніки та знизити контраст між нею та навколишнім фоном.

Віддзеркалення інфрачервоного випромінювання інфрачервоними відбиваючими наноплівками, тобто покриття на основі наноматеріалів, які здатні відбивати інфрачервоне випромінювання, що йде від нагрітих елементів техніки. Це значно знижує можливість виявлення тепловізорами.

Застосування тонкошарових метаплівки, які поєднують метаматеріали та нанопокриття, дозволяє створювати ефект дзеркального відбиття інфрачервоного світла.

Розумні нанопокриття характеризуються тим, що здатні адаптуватися до змін температури навколишнього середовища, автоматично змінюючи свої теплопровідні властивості. Наприклад, при підвищенні температури таке покриття може поглинати тепло і розсіювати його в повітрі, підтримуючи поверхню холодною.

Термохромні наноматеріали, які змінюють свої властивості залежно від температури. Вони здатні автоматично налаштовувати свої властивості відбивання або поглинання тепла.

Виклики та напрямки подальших досліджень покриттів на основі наноматеріалів:

1. Висока вартість та складність виробництва: Сучасні нанопокриття потребують складних технологічних процесів, що може збільшити їхню вартість. Тому подальші дослідження зосереджуються на оптимізації технологій виробництва та зниженні витрат.
2. Необхідність постійного удосконалення адаптивних систем: Розробка розумних нанопокриттів потребує вдосконалення алгоритмів та сенсорів, які дозволяють швидко реагувати на зміну умов.
3. Забезпечення стійкості до механічних та інших пошкоджень: Наноматеріали повинні бути достатньо стійкими до пошкоджень у бойових умовах, що також потребує додаткових розробок.

Покриття з наноматеріалів можуть застосовуватись для маскування бронетехніки, артилерійських установок, дронів та інших одиниць військової техніки. Це робить їх менш помітними для сучасних систем виявлення, зокрема тепловізійних камер та інфрачервоних сенсорів.

Нанопокриття ефективні як при високих температурах вдень, так і в умовах низьких температур вночі, що забезпечує стійкий захист від виявлення за будь-яких погодних умов.

Наноматеріали з комірчастою або пористою структурою можуть поглинати та розсіювати радіохвилі, що знижує ймовірність виявлення техніки радаром. Такі покриття здатні значно зменшити ефективну площу розсіювання (EPR) техніки.

Перспективи маскування артилерійських позицій і техніки на основі нанопокриттів демонструють значний потенціал у підвищенні виживаності військових об'єктів у сучасній війні. Застосування наноматеріалів дозволяє створювати адаптивні, малопомітні та довговічні покриття, які підвищують ефективність приховування від сучасних засобів виявлення, включаючи дрони, тепловізори, радары та супутники.

#### Список використаної літератури:

1. Бойовий статут військ протиповітряної оборони Сухопутних військ Збройних Сил України (Частина III). Київ 2016.
2. Сусліков Л.М., Дьордяй В.С. Фізика і технологія наноматеріалів: навчальний посібник для студентів фізико-технічних спеціальностей. – Ужгород: Видавництво «Говерла», 2023. – 437 с.

3. Турський О.Ю., Семенов М.В., Інженерне забезпечення бою: навч. посіб., Київ : КІ НГУ, 2024. 256 с.

**Любич Володимир Володимирович** – провідний експерт будівельний у частини забезпечення безпеки життя і здоров'я людини, захисту навколишнього природного середовища та забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя населення ТОВ «Інженерно-будівельне бюро», м. Вінниця, e-mail: [mr.lyubich1988@gmail.com](mailto:mr.lyubich1988@gmail.com)

**Домненко Микола Григорович** – викладач кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [mikoladomnenko568@gmail.com](mailto:mikoladomnenko568@gmail.com)

**Lyubich Volodymyr Volodymyrovych** – is a leading construction expert in the area of ensuring the safety of human life and health protection of the natural environment and provision of sanitary and epidemiological well-being of the population "Engineering and Construction Bureau" LLC, Vinnytsia, e-mail: [mr.lyubich1988@gmail.com](mailto:mr.lyubich1988@gmail.com)

**Mykola Hryhorovych Domnenko** – teacher of the Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [mikoladomnenko568@gmail.com](mailto:mikoladomnenko568@gmail.com)