



Матеріали XXV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство»
пам'яті д-ра Дмитра СТЕФАНІШИНА
(12 червня 2025 р., м. Київ, Україна)

Proceedings of the XXV International Science Conference
«Ecology. Human. Society»
dedicated to the memory of Dr. Dmytro STEFANYSHYN
(June 12 2025, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2025.331477>

МЕТОДИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ: ОГЛЯД ВПЛИВУ НА ПЕРСОНАЛ ТА СТРАТЕГІЯ ЗАХИСТУ

Віталій НЕСІН

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз

Служби безпеки України

вул. Миколи Василенка, б. 3, Київ, 03113, Україна

e-mail: witnes@ukr.net

Анотація

Огляд присвячений основним діапазонам електромагнітного випромінювання та його застосуванню в неруйнівному контролі якості промислової продукції. Розглянуті характеристики випромінювання для безпосередніх органолептичних та опосередкованих методів контролю. Проаналізовані фізичні принципи роботи, переваги, обмеження та гігієнічні ризики для персоналу у діапазонах від гамма випромінювання до радіохвиль. Окрему увагу приділено впливу ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання, що формують критичні навантаження на органи зору та шкіру операторів. Висновки підкріплені порівняльною таблицею діапазонів, методів контролю, небезпеки та ефективності захисту.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання, органолептичні методи контролю якості, нормативні вимоги, засоби захисту.

Неруйнівні методи контролю якості продукції, в яких використовується електромагнітне випромінювання (ЕМВ) різних діапазонів, реалізуються як із застосуванням спеціальних приладів, так і за допомогою лише органів чуття. Безпосередня взаємодія організму людини з ЕМВ певних діапазонів та/або високої інтенсивності такого випромінювання неможлива через значну потенційну шкоду. Органолептичні методи виявлення поверхневих дефектів продукції ефективніші за методи, в реалізації яких застосовується складне високо вартісне обладнання. Вдосконалення захисту організму людини від шкідливих параметрів ЕМВ з метою розширення можливостей органолептичних методів контролю якості є актуальною науковою задачею.

Застосування органолептичних методів в процесі неруйнівного контролю якості в малому, середньому машинобудуванні, будівельній галузі та приладобудуванні відбувається значно частіше за методи, які потребують використання високовартісного обладнання та матеріалів. Спостерігається тенденція до заміни процесів рентгенівського, ультразвукового, вихретокового контролю на капілярний, магнітний, візуальний та тепловий методи у випадках, коли передумов виникнення та зовнішніх ознак дефектності виробу немає. Оскільки інтенсивне застосування діапазону від 100 нм до 1 мм вимагає детальної розробки процедур охорони праці фахівців з неруйнівного контролю якості – вказана проблематика є актуальною

для усіх суб'єктів виробничої та експертної сфери, де готують і атестують персонал, який займається виконанням відповідних досліджень.

Метою огляду є визначення наявного рівня науки і техніки в галузі використання ЕМВ для вибору оптимальних перспективних напрямків досліджень впливу ЕМВ на процеси в організмі та розробка засобів захисту людини при здійсненні органолептичних методів неруйнівного контролю (НК).

ЕМВ, що генерується на земній поверхні, як таке, що доходить до неї з космічного простору, використовується різними видами та методами НК [1, 2]..

Космічне випромінювання довжиною хвилі до 5 нм до земної поверхні не дістається і на поверхні Землі в промислових масштабах не генерується. Для задач контролю якості не застосовується. Захистом від такого ЕМВ є шар атмосфери.

Рентгенівське і, зокрема, гамма випромінювання має велику здатність проникнення через щільні матеріали. За умови значної інтенсивності, це ЕМВ активно впливає на будову неорганічних речовин та порушує функціонування, організовану діяльність та саме існування живої матерії. Відповідно методи НК [4 – 6], які застосовують це ЕМВ, не є органолептичними. Але для виявлення внутрішніх дефектів виробів зі щільних матеріалів є ефективними. Огляд результатів взаємодії ЕМВ цього діапазону із контрольованим об'єктом відбувається опосередковано шляхом ознайомлення з рентгенівськими чи флуоресцентними знімками або ж із динамічним перетворенням зображенням на моніторі. Флуоресцентні знімки на відміну від рентгенівських формуються на плівці або іншому детекторі випромінюванням меншої інтенсивності із застосуванням свинцевого підсилюючого екрану. Рb є результатом довгого шляху перетворень радіоактивних матеріалів. Кожний радіоактивний елемент, шляхом розпаду, досягає стабільного стану, перетворюючись на свинець. Але присутність радіоактивного випромінювання викликає активну реакцію ядра Рb. Таким чином, тонкий шар свинцю або свинцево-олов'яної фольги, формує знімки щільних об'єктів контролю експонуванням плівки вторинними електронами, збудженими рентгенівськими фотонами. Така схема формування зображення дозволяє застосовувати опроміненням невеликої інтенсивності. Товщина представлених на ринку свинцевих флуоресцентних екранів рентгенівських плівок становить 0,05 мм; 0,1 мм; 0,2 мм [7]. Захист від рентгенівського діапазону ЕМВ полягає в обмеженні часу дії або інтенсивності. Інтенсивність зменшується пропорційно до збільшення квадрату відстані до джерела випромінювання або застосуванням захисного матеріального ущільнювального фільтру між джерелом і людиною або ж екрану, який розсіює чи відбиває ЕМВ.

Ультрафіолетове випромінювання (УФВ) разом із видимим та інфрачервоним відноситься до оптичного у відповідності із п. 2.77 ДСТУ EN165-2001 [3]. Застосовується в органолептичних капілярних [8, 9] та магнітних [10, 11] методах контролю якості. Діапазон УФВ умовно поділений на 3 проміжки.

Ближній УФ-А (або UV-A) зазначений в п. 2.125 ДСТУ EN165-2001 [3]. Має діапазон від 315 до 400 нм. Для потреб НК та для контролю бланків суворої звітності (грошей, акцизних марок, паспортів, тощо) ультрафіолетовими опромінювачами та детекторами валют генерується УФ-А довжиною хвиль 392-398 нм. Люмінесцентні фарби на контрольованих поверхнях під дією цього випромінювання проявляються контрастним рисунком. Проміжок від 380 до 400 нм одночасно належить до спектру видимого випромінювання. Захист очей не потрібен при тій інтенсивності, яка досягає земної поверхні та згенерована технічними засобами.

Середній діапазон УФВ з довжиною хвиль від 280 до 318 нм. Позначається УФ-В (або UV-B). Зазначений в п. 2.126 ДСТУ EN165-2001 [3]. Міститься у сонячному випромінюванні, яке досягає земної поверхні.

Дальній від видимого випромінювання діапазон УФВ має діапазон від 100 до 280 нм. Позначається УФ-С (або UV-C). Зазначений в п. 2.127 ДСТУ EN165-2001 [3]. У сонячному випромінюванні, яке досягає земної поверхні хвилі довжиною від 100 до 180 нм. відсутні, вони поглинаються атмосферою. Ділянка від 180 до 280 нм. також відсутня в сонячному промені. Але вона генерується деякими штучними джерелами для практичного застосування. Від ЕМВ цього діапазону очам людини потрібен захист.

Видимий спектр ЕМВ зазначений в п. 2.133 ДСТУ EN165-2001 [3]. Має діапазон від 380 до 780 нм. разом із ультрафіолетовим та інфрачервоним відноситься до оптичного у відповідності із п. 2.77 ДСТУ EN165-2001 [3]. Впливаючи на світлочутливу речовину (родопсин) елементів сітківки, ЕМВ цього діапазону, викликає елементарні оптичні імпульси. Динамічність зорового сприйняття здається неперервним. Але відновлення порцій родопсину в світлочутливих колбочках та паличках з одночасним відведенням продуктів розпаду (ретинену та протейну) відбувається з певною дискретністю. Значення цієї частоти мерехтливого візуального сприйняття світу становить від 15 до 50 Гц. У режимі пошуку для фіксації на об'єкті достатньо 0,022 с (близько 50 Гц.), а в разі зорової втоми зменшується до 3 - 8 Гц [12]. Застосовується зір в НК надзвичайно активно в усіх методах. В органолептичних методах, якими є візуально-оптичний (VT) [13 – 15], магнітопорошковий (MT) [10, 11] та капілярний (PT) [8, 9] видиме ЕМВ та його взаємодії з родопсином є фізичною основою для здійснення контролю. Захист від видимого випромінювання потрібно здійснювати за умови високої його інтенсивності, або від сконцентрованого лінзою променя у фокусі.

Інфрачервоне випромінювання зазначене в п. 2.55 ДСТУ EN165-2001 [1]. Має діапазон від 780 до 1 мм. разом із ультрафіолетовим та видимим відноситься до оптичного у відповідності із п. 2.77 ДСТУ EN165-2001 [1]. Має три виділені діапазони: ІЧ-А 780 нм - 1400 нм; ІЧ-В 1400 нм - 3000 нм; ІЧ-С 3000 нм - 1 мм. Застосовується у тепловому контролі. Крім того в техніці застосовується випромінювання 850-950 нм для пультів дистанційного керування. Захист очей потребує від діапазонів ІЧ-А та ІЧ-В великої інтенсивності.

Діапазон радіохвиль довжиною від 1 мм застосовується в радіохвильових методах контролю. Характеризується значним поглинання хвиль щільними об'єктами контролю. Енергія цього діапазону випромінювання переходить в тепло. Крім контролю це ЕМВ використовується в побуті (мікрохвильовки) та в радіолокації, телебаченні, мобільному та радіо зв'язку. Захист від цього випромінювання здійснювати потрібно обов'язково, особливо за умови його високої інтенсивності. Основні результати проведеного огляду синтезовані в доданій таблиці 1.

Висновки

На підставі систематизованого аналізу наукових джерел встановлено, що в оптичному діапазоні електромагнітного випромінювання (100 нм – 1 мм), у межах якого реалізуються основні органолептичні методи неруйнівного контролю, використання спеціалізованих засобів інтенсивного захисту за умов низької потужності випромінювання, як правило, не є необхідним. За високих інтенсивностей ЕМВ цього спектрального інтервалу пріоритетними засобами безпеки залишаються лімітування часу експозиції та збільшення відстані до джерела. Подальші дослідження доцільно зосередити на вивченні фізико-біологічних властивостей і практичних аспектів використання піддіапазонів 315 – 400 нм, 380 – 780 нм, 850 нм – 1 мм, а також випромінювання з довгими хвилями.

Табл. 1.

№ з/п	Назва діапазону випромінювання	Параметри	Методи контролю	Потреба в захисті персоналу
1.	Космічне	До 5 нм	Не застосовується	Захист шаром атмосфери
2.	Рентгенівське (та гамма)	5 нм - 100 нм	Радіографічний, радіометричний, радіоскопічний	Безпосередня взаємодія неможлива, потрібне екранування, обмеження часу дії та/або збільшення відстані до джерела
3.	Дальнє ультрафіолетове UV-C	100 нм - 280 нм	Не застосовується	Потрібен захист очей та шкіри
4.	Середнє ультрафіолетове UV-B	280 нм - 318 нм	Не застосовується	Потрібен захист очей та шкіри
5.	Ближнє ультрафіолетове UV-A	315 нм - 400 нм	Капілярні та магнітні	Особливий захист очей та шкіри не потрібен
6.	Видиме	380 нм – 780 нм	Усі органолептичні та не органолептичні	Захист очей та шкіри не потрібен в межах нормальної інтенсивності світлового потоку
7.	Інфрачервоне ІЧ-А	780 нм - 1400 нм	Теплові	Особливо потрібен захист очей та шкіри за великої інтенсивності потоку випромінювання
8.	Інфрачервоне ІЧ-В	1400 нм - 3000 нм	Теплові	Особливо потрібен захист очей та шкіри за великої інтенсивності потоку випромінювання
9.	Інфрачервоне ІЧ-С	3000 нм - 1 мм	Теплові	Бажаний захист очей та шкіри за великої інтенсивності потоку випромінювання
10.	Радіохвильове	від 1 мм	Радіохвильові	Особливо потрібен захист усіх тканин організму за великої інтенсивності потоку випромінювання

Література

1. ДСТУ 2865-94 Контроль неруйнівний. Терміни та визначення.
2. ДСТУ EN ISO 17635:2018 (EN ISO 17635:2016, IDT; ISO 17635:2016, IDT) Неруйнівний контроль зварних з'єднань. Загальні правила для металевих матеріалів.
3. ДСТУ EN165-2001 (EN165-1996, IDT) Засоби індивідуального захисту очей. Термінологічний словник.
4. ДСТУ EN ISO 17636-1:2014 (EN ISO 17636-1:2013, IDT) Неруйнівний контроль зварних швів. Радіографічний контроль. Частина 1. Способи контролю рентгенівським і гамма-випромінюванням із застосуванням плівки.

5. ДСТУ EN ISO 10675-2:2018 (EN ISO 10675-2:2017, IDT; ISO 10675-2:2017, IDT) Неруйнівний контроль зварних швів. Рівні приймання для радіографічного контролю. Частина 2. Алюміній та його сплави.
6. СОУ НАЕК 050:2015 Технічне обслуговування та ремонт. Контроль неруйнівний радіографічний. Методика контролю зварних з'єднань і наплавлень.
7. Екрани. Витратні матеріали для рентгенівської дефектоскопії. <https://xn--80axbhcacim8d.com.ua/ua/g24304407-ekrany> (Дата звертання 09.06.2025 р.).
8. ДСТУ CEN/TS 17100:2022 (CEN/TS 17100:2017, IDT) Неруйнівний контроль - Пенетрантний контроль - Еталонні фотографії та розмір індикацій.
9. СОУ НАЕК 014:2013 Технічне обслуговування та ремонт. Контроль неруйнівний капілярний. Методика контролю основних матеріалів (напівфабрикатів), зварних з'єднань і наплавлень обладнання та трубопроводів АЕУ.
10. ДСТУ EN ISO 17638:2018 (EN ISO 17638:2016, IDT; ISO 17638:2016, IDT) Неруйнівний контроль зварних швів. Магнітопорошковий контроль.
11. ДСТУ EN ISO 9934-1:2018 (EN ISO 9934-1:2016, IDT; ISO 9934-1:2016, IDT) Неруйнівний контроль. Магнітопорошковий контроль. Частина 1. Загальні вимоги.
12. Гайдукевич В.А., Потійчук О.Б. Основи транспортної психології. Навч. посібник.- Рівне: НУВГП, 2912.-207 с.
13. ДСТУ EN ISO 17637:2017 (EN ISO 17637:2016, IDT; ISO 17637:2016, IDT) Неруйнівний контроль зварних швів. Візуальний контроль з'єднань, виконаних зварюванням плавленням.
14. ДСТУ EN 13100-1:2017 (EN 13100-1:2017, IDT) Неруйнівний контроль зварних з'єднань напівфабрикатів з термопластів. Частина 1. Візуальний контроль.
15. ДСТУ EN 13018:2017 (EN 13018:2016, IDT) Неруйнівний контроль. Візуальний контроль. Загальні принципи.

NON-DESTRUCTIVE TESTING METHODS UTILIZING ELECTROMAGNETIC RADIATION: A REVIEW OF PERSONNEL EXPOSURE AND PROTECTION STRATEGIES

Vitalii NESIN

*Ukrainian Scientific and Research Institute
of Special Equipment and Forensic Expertise
of the Security Service of Ukraine
vul. Mykoly Vasylenka, b. 3, Kyiv, 03113, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4799-4239>*

Abstract

An overview dedicated to the main ranges of electromagnetic radiation and its application in the non-destructive quality control of industrial products. The characteristics of radiation for direct organoleptic and indirect control methods are discussed. The physical principles of operation, advantages, limitations, and hygiene risks for personnel in ranges from gamma radiation to radio waves are analyzed. Particular attention is paid to the impact of ultraviolet and infrared radiation, which create critical loads on the eyes and skin of operators. The conclusions are supported by a comparative table of ranges, control methods, hazards, and protection effectiveness.

Key words: electromagnetic radiation, organoleptic methods of quality control, regulatory requirements, means of protection.