

**Рижков Вадим Генієвич**, доцент, кандидат технічних наук, інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0002-0768-544X

**Белоконь Карина Володимирівна**, доцент, кандидат технічних наук, інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0003-2000-4052

**Манідіна Євгенія Анатоліївна**, доцент, кандидат технічних наук, інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0003-4090-9991

**Цимбал Віктор Анатолійович**, доцент, кандидат технічних наук, інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0002-2711-2788

## **РАДІАЦІЙНА БЕЗПЕКА У ЧОРНІЙ МЕТАЛУРГІЇ: КОНТРОЛЬ БРУХТУ, ДЕФЕКТОСКОПІЯ, КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ, ПОЖЕЖНІ ДАТЧИКИ**

Деякі роботи у металургійній промисловості пов'язані з використанням джерел іонізуючого випромінювання як у вигляді радіоактивних ізотопів кобальту, плутонію, америцію, цезію тощо, так й із застосуванням спеціальних приладів на прикладі рентгенівських трубок або прискорювачів елементарних часток. Хоча частка цих робіт є незначною у загальному обсязі виробництва, проте поводження з джерелами іонізуючого випромінювання, радіоактивними речовинами, потребує особливої уваги, ретельного дотримання правил безпеки, використання, за потребою, засобів індивідуального захисту та безпечної утилізації відпрацьованих пристроїв. У всьому комплексі робіт такого типу можна відокремити основні: контроль металобрухту та виробів на наявність радіоактивного забруднення; застосування джерел іонізуючого випромінювання для виявлення зовнішніх та внутрішніх дефектів виробів з металу; використання  $\gamma$ -випромінювання у контрольно-вимірювальних приладах, насамперед у рівнемірах; застосування трансуранових ізотопів у пожежних сповіщувачів. Додержання вимог Державних санітарно-екологічних правил і норм з радіаційної безпеки за проведення операцій з металобрухтом є важливим як з точки зору екологічної безпеки (виключення радіоактивного забруднення навколишнього середовища), так і з точки зору охорони праці (запобігання прояву стохастичних ефектів впливу іонізуючого випромінювання на робітників). Під час дефектоскопії застосовують випромінювання високих енергій, що, за недотриманням правил безпеки, може завдати великої шкоди обслуговуючому персоналу. Як правило, запобігання негативного впливу випромінювання під час роботи дефектоскопів здійснюється насамперед завдяки безпечній конструкції. Рівнеміри та пожежні сповіщувачі є найбезпечнішими з перелічених приладів та пристроїв. Розглянуто вищезазначені роботи з джерелами іонізуючими випромінюваннями у чорній металургії, напрями їх розвитку, заходи безпеки.

Ключові слова: радіаційна безпека, контроль брухту, дефектоскопія, рівнеміри, пожежні датчики

*Вступ.* Підприємства чорної металургії не належать до об'єктів підвищеної небезпеки з точки зору радіаційної безпеки. Але деякі види робіт передбачують застосування джерел іонізуючого випромінювання у вигляді радіоактивних речовин або спеціальних пристроїв.

До таких робіт можна віднести контроль брухту на наявність радіоактивного забруднення, використання джерел  $\gamma$ -випромінювання з метою виявлення внутрішніх дефектів у металевих виробках, застосування іонізуючого випромінювання у контрольно-вимірювальних приладах та пожежних сповіщувачів.

*Радіаційний контроль металобрухту.* Згідно Державних санітарно-екологічних правил і норм з радіаційної безпеки під час проведення операцій з металобрухтом ДСЕПіН 6.6.1.-079/-211.3.9.001–02 [1] на підприємствах, що виконують операції з металобрухтом здійснюють вхідний та вихідний радіаційний контроль. Поряд з цим виконують періодичний радіаційний контроль території складських приміщень та майданчиків.

Для виконання радіаційного контролю наказом на підприємстві затверджують персонал, що виконує дозиметричні вимірювання та повинен пройти підготовку та мати посвідчення про володіння методиками вимірювання радіаційних параметрів. Прилади дозиметричного контролю повинні бути повіреними та відповідати вимогам [1].

Вхідний радіаційний контроль виконують з метою запобігання надходження до підприємств фрагментів металобрухту, які не відповідають вимогам. Виконання будь-яких операцій з металобрухтом (сортування, переробка тощо) без вхідного радіаційного контролю забороняється, його здійснює персонал підприємства. Контролю підлягають всі партії металобрухту, що поступають на підприємство та окремі частини (партії) у процесі розвантаження транспортного засобу. Результати радіаційного контролю фіксують у спеціальному журналі.

Вихідний радіаційний контроль здійснюють з метою запобігання розповсюдження за межі підприємства радіаційно забруднених фрагментів металобрухту.

За результатами вихідного радіаційного контролю складають протокол радіаційного контролю. Його можуть виконувати установи або підприємства, що пройшли акредитацію відповідно до вимог ст. 12 п. 5. Закону України Про метрологію та метрологічну діяльність [2] органами Держстандарту України на право виконання вимірювань показників об'єктів згідно із галуззю застосування.

Об'єктами вихідного радіаційного контролю є:

- партії металобрухту (частини, пакети, контейнери) під час їх відвантаження;
- транспортні засоби, які прибувають для завантаження;
- транспортні засоби, завантажені металобрухтом і підготовлені до відправки.

Періодичний радіаційний контроль здійснюють щоквартально фахівцями підприємства, або співробітниками інших організацій, які відповідають вимогам [1]. Об'єктами контролю є робочий майданчик, складські приміщення (споруди), сховище для тимчасового зберігання вилучених радіоактивно забруднених фрагментів металобрухту та навколишня територія на відстані до 10 м від межі складу та робочого майданчика.

Радіаційний контроль металобрухту здійснюється шляхом визначення наступних параметрів:

- потужності поглиненої дози (ППД) або потужності експозиційної дози (ПЕД)  $\gamma$ -випромінювання;
- щільності потоку (ЩП)  $\beta$ -частинок;
- наявності нефіксованого радіоактивного забруднення.

На підприємстві повинно бути обладнане тимчасове сховище для зберігання радіоактивно забруднених фрагментів металобрухту, що вилучаються з обігу. Доступ до місця розташування сховища повинен бути обмеженим. Сховище має бути постійно зачиненим, опечатаним, обладнаним знаком «Радіаційна небезпека», надійно захищати вилучені фрагменти металобрухту від атмосферних опадів та не спричиняти негативного впливу на людину і прилеглі території.

Для транспортування на території підприємства вилучених фрагментів металобрухту повинен бути окремий металевий контейнер із зображеним на ньому знаком «Радіаційна небезпека».

Критерії прийняття вирішень, щодо поводження з радіоактивно забрудненим металобрухтом надані у табл. 1 [1].

Таблиця 1 – Критерії прийняття вирішень

Клас використання	Умови використання	Рівні дій		
		ППД (ПЕД), мкГр./год (мкР./год)	ЩП β-частинок, хв <sup>-1</sup> см <sup>-2</sup>	Наявність нефіксованого забруднення
1	Використання без будь-яких обмежень	< 0,26 (30)	< 30	відсутнє
2	Вільне використання на території України	< 0,43 (50)	< 100	відсутнє
3	Вилучають з обігу	≥ 0,43 (50)	≥ 100	присутнє

Відсутність нефіксованого забруднення визначається методом вологого мазка, радіаційні параметри якого повинні знаходитись у межах фонових показників.

Визначення ППД випромінювання виконують на відстані 0,1 м від поверхні, що контролюють. ЩП β-частинок вимірюють на відстані 0,02...0,03 м від поверхні.

Рівень фону на майданчику, де виконують радіаційний контроль, не повинен перевищувати 0,26 мкГр./год (30 мкР./год). Вимірювання виконують на висоті 1,0 м від поверхні майданчика. Нефіксоване радіоактивне забруднення будь-якої поверхні на території складу чи приміщення не допускається.

ППД випромінювання на відстані 0,1 м від поверхні тимчасового сховища вилучених фрагментів металобрухту 3-го класу використання не повинна перевищувати 1,0 мкГр./год (115 мкР./год).

*Зауваження.* У розглянутому документі не визначена освітленість робочого місця за здійсненням радіаційного контролю, але дається посилання на стандарт щодо піротехнічного контролю металобрухту [3], який вказує норму освітленості робочої поверхні 30 лк. На наш погляд, це замало та відповідає найнижчим розряду і підрозряду зорової роботи (VIII г) згідно роботи [4] – загальне спостереження за інженерними комунікаціями. Наприклад, норма освітленості лабораторій становить 300...500 лк (залежно від призначення).

*Дефектоскопія.* Є багато методів неруйнівного контролю якості виробів з металу: візуальний, акустичний (у тому числі ультразвуковий), магнітний, магніто-люмінесцентний, електроіндуктивний, рентгенівський, гамма-дефектоскопія та ін.

Для виявлення внутрішніх дефектів сталевих або чавунних масивів найбільш ефективним є застосування джерел іонізуючого випромінювання. Ця ефективність залежить від проникаючої здібності промінів. Використовують рентгенівське, нейтронне, β- та γ-випромінювання.

Рентгенівська дефектоскопія є виправданою під час дослідження сталевих виробів невеликої товщини – до 80 мм. Застосовують жорстке випромінювання з енергією до 400 кеВ [5].

Нейтронне випромінювання застосовують під час пошуку внутрішніх дефектів матеріалів невеликої щільності, тому у металургії його не використовують.

Для одержання β-промінів застосовують радіоактивні ізотопи, схильні до бета-розпаду. Їх максимальна енергія є близькою до 1,0 МеВ, що дає змогу дослідити тільки дуже тонкі вироби зі сталі. Щоб генерувати високоенергійне β-випромінювання (до 45 МеВ), потрібно застосовувати бетатрони – прискорювачі частинок. Це робить

метод коштовним і незручним, хоча дає змогу просвічувати сталеві деталі товщиною до 500 мм [5].

Г-дефектоскопія характеризується компактністю джерела випромінювання (радіоізотоп), що дозволяє контролювати важко доступні ділянки виробів (сталь – товщиною до 250 мм), за умов, коли застосування іншого випромінювання ускладнено [5].

На рис. 1 показана чуттєвість різних методів контролю зварних швів сталевих виробів [6].

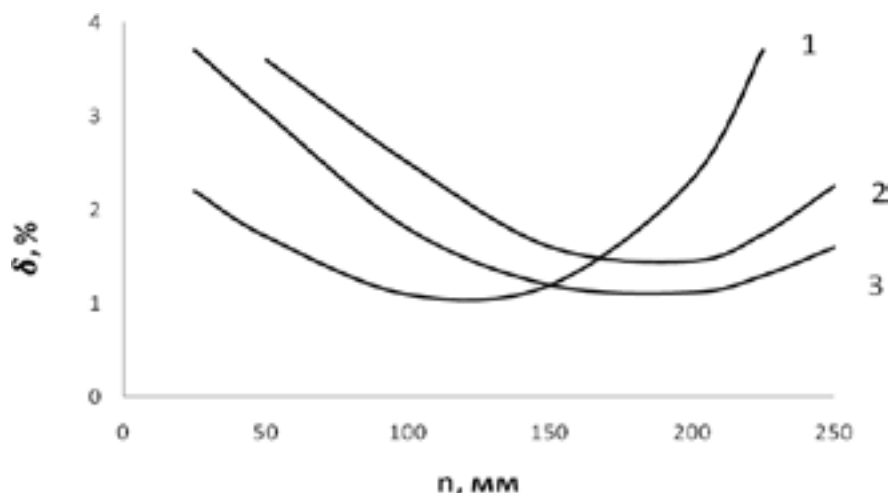


Рисунок 1 – Чуттєвість контролю зварних швів при застосуванні  $\gamma$ -джерела Co-60 (1,25 MeV), і  $\beta$ -випромінювання від бетатрону з енергією 25 і 35 MeV:  
 1 –  $\gamma$ -джерела Co-60; 2 –  $\beta$ -випромінювання від бетатрону з енергією 35 MeV;  
 3 –  $\beta$ -випромінювання від бетатрону з енергією 25 MeV

Реєстрацію інтенсивності випромінювання, що пройшло через матеріал, здійснюють різними способами – фотографічним методом з одержанням зображення виробу на фотоплівці (плівкова радіографія), на багаторазово використовуваній ксерорадіографічній платівці (електрорадіографія); візуально, спостерігаючи зображення на флуоресціюючому екрані (радіоскопія); за допомогою електронно-оптичних перетворювачів (рентгенотелебачення); виміром інтенсивності випромінювання спеціальними індикаторами, дія яких заснована на іонізації газу випромінюванням (радіометр).

Одним з нових способів радіаційного контролю є обчислювальна томографія, заснована на обробці радіометричної інформації за допомогою комп'ютера, що одержують за багаторазового просвічування виробів під різними кутами. При цьому вдається пошарово візуалізувати зображення внутрішньої структури виробу [7].

За останні роки істотно поширилася кількість пропозицій і досвід застосування рентгенівської мікротомографії для дослідження внутрішньої структури невеликих виробів (до 100 мм), матеріалознавства, томографії електронних компонентів і наукових досліджень [7].

Сьогодні на ринку промислових томографів представлена значну кількість моделей мікротомографів і нанотомографів з використанням мікрофокусних трубок (0,2...6,0 мкм за потужності на мішені 0,2...6,0 Вт) на анодній напрузі від 80 до 225 кВ. Для багаторазового томографічного контролю сталевих виробів напруги 225 кВ недостатньо, але подальше підвищення анодної напруги мікрофокусних рентгенівських трубок технологічно ускладнено і різко ускладнює автономний біологічний захист [7].

Проте, європейська фірма «Nikon Metrology NV (X-Тек)», окрім мікрофокусної трубки на 225 кВ (3 мкм), використовує в своїх мікротомографах оригінальні розбірні трубки

з короткою фокусною відстанню та напругою 320 кВ (20 мкм) і 450 кВ (80 мкм). Поки ця трубка (рис. 2) на 450 кВ є кращим світовим досягненням для проникаючої здатності промислової мікротомографії [7].

На рис. 2 подано зовнішній вигляд двох моделей мікротомографії відомих виробників [7].



Рисунок 2 – Ліворуч – мікротомографічна координатно-вимірювальна машина METROTOM 1500 фірми «CarlZeiss» з трубкою на 225 кВ; праворуч – нанотомографічна машина фірми «GE Sensing»

*Контрольно-вимірювальні прилади.* Радіоізотопні рівнеміри широко застосовуються у металургії для вимірювання рівня рідкого металу, інших рідких середовищ, сипучих матеріалів.

Принцип роботи таких рівнемірів складається у вимірюванні ступеня поглинання  $\gamma$ -променів, що проходять через середовище у резервуарі. Причому радіоізотопне випромінювання проходить вище або нижче рівня розділу двох середовищ, що мають різну щільність. Такі рівнеміри поділяють на дві групи: ті, що стежать, та сигналізатори (індикатори) рівню [8].

Рівнеміри першого типу застосовують для безперервного вимірювання рівня середовища в резервуарі (рис. 3). В цьому разі випромінювач і приймач радіаційного випромінювання переміщуються вгору і вниз, за всією висотою ємності. Такий рівнемір відстежує границю розділу середовищ, і відповідно до неї видає значення поточного рівню матеріалу в резервуарі [8].

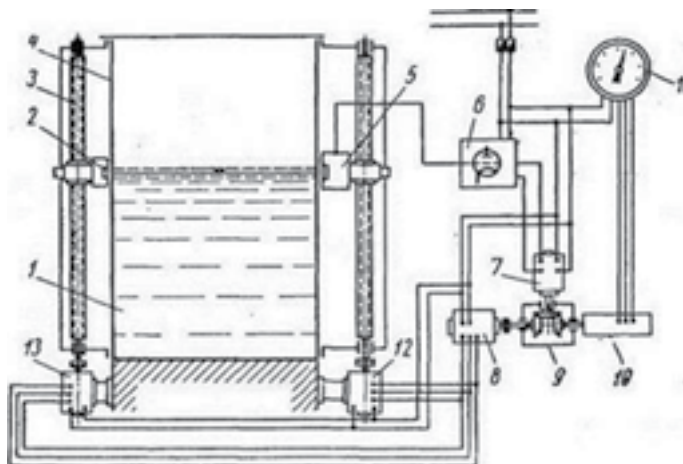


Рисунок 3 – Слідкувальний рівнемір

- 1 – вимірюване середовище; 2 – випромінюючий пристрій; 3 – підйомний механізм;  
4 – стінка резервуара; 5 – лічильник; 6 – електронний блок підтримки рівноваги в системі;  
7 – електродвигун; 8 – сельсин-датчик; 9 – редуктор; 10 – індукційний датчик;  
11 – показувальний (реєструвальний) прилад; 12, 13 – сельсин-приймачі

Сигналізатори або індикатори рівня, в свою чергу, поділяють на сигналізатори граничного значення а сигналізатори відхилення від заданого рівня. Це стаціонарні прилади, встановлені на одному місці, що не мають рухомих частин [8].

Переваги радіаційних рівнемірів: надійність, (завдяки відсутності рухомих частин ламаються в таких приладах); висока точність визначення рівня. Недоліки: необхідність забезпечення додаткової безпеки персоналу; вартість радіаційної апаратури взагалі, та радіоізотопних моделей, зокрема, може бути у кілька разів вищою, ніж рівнемірів інших типів [8].

Як джерела  $\gamma$ -випромінювання часто використовують *Co-60*, *Zs-137*.

На рис. 4 подано рівнемір, якого можна застосовувати і для вимірювання рівня рідкого металу.

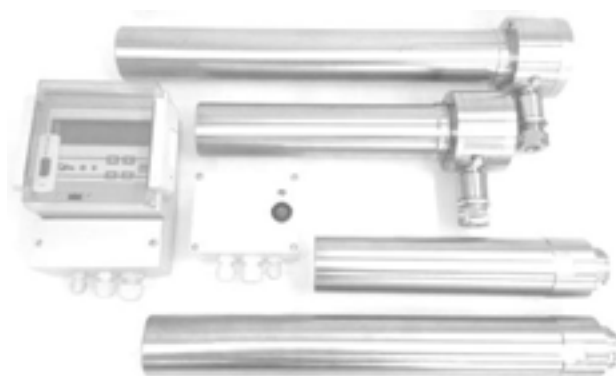


Рисунок 4 – Безконтактний рівнемір ИУБ-1К

*Пожежні датчики.* Радіоізотопні (іонізаційні) димові пожежні сповіщувачі (СП) автоматично виявляють загоряння за появою диму та передають сигнал на пульт охорони. Вони розпізнають навіть незначні відхилення в атмосфері. Перевагою СП є високий ступінь захищеності. Їх встановлюють, коли монтаж інших сповіщувачів є неможливим через жорсткі умови (екстремальні температури, як в металургійних цехах, вологість). СП працюють за безперервним режимом роботи. Він складається з двох відсіків. У верхньому встановлена плата підсилювача, в нижньому – блок іонізаційних камер (робоча і компенсаційна). Робоча іонізаційна камера через отвори в корпусі сполучається з повітрям. До компенсаційної камери доступ продуктів горіння утруднений. У кожній камері встановлено джерело  $\alpha$ -випромінювання [9].

Дія датчика заснована на зменшенні струму іонізаційно камери за попаданням в неї продуктів горіння. За попаданням у робочу камеру аерозолі або продуктів горіння спрацьовує електроніка сповіщувача, що формує стрибок струму, який відповідає сигналу «По та подається на управляльну автоматику, яка запускає протипожежну сигналізацію, і/або систему пожежогасіння [9].

Джерелом випромінювання у сповіщувачів ИФТП є радіоактивний ізопоп *Pu-239* активністю не більше 21 МБк [9], у 1151Е – *Am-241* [10].

У металургії застосовують, в основному, ізопопи кобальту, цезію, плутонію та америцію. Їх характеристику подано у табл. 2.

Таблиця 2 – Властивості радіоактивних ізопопів, застосованих у металургії [11–13]

Параметр	Ізопоп			
	<i>Co-60</i>	<i>Zs-137</i>	<i>Pu-239</i>	<i>Am-241</i>
Період напіврозпаду, р.	5,27	30,17	24110	433
Питома активність, ТБк./кг	41800	3200	2,3	127
Основний тип розпаду	$\beta$ -	$\beta$ -	$\alpha$	$\alpha$

Найбільшу питому активність має ізотоп кобальту, окрім того, це  $\gamma$ -випромінювач, і тому є теоретично, найнебезпечнішим. Проте, у приладах його використовують у незначній кількості.

З точки зору утилізації проблемою є довго живучий  $Pu-239$ , який більш доцільно замінити на  $Am-241$ , який у димовому сповіщувачеві зменшується та включає близько 3% непуцію через 19 років і близько 5% через 32 роки. Кількість америцію в типовому новому димовому сповіщувачеві становить 0,29 мкг (близько однієї третини ваги піщинки) з активністю 37 кБк [14].

*Висновки.* Все більш широке використання радіоактивних речовин у людській діяльності потребує ретельної перевірки металургійної сировини на відповідне забруднення. Порядок перевірки, її умови достатньо суворо регламентовані. Можна побажати включити до цієї регламентації норми щодо штучної освітленості (порядку 100...150 лк).

Застосування джерел іонізуючого випромінювання безпосередньо у чорній металургії успішно розвивається за декількома напрямками. Удосконалюються і становляться все безпечнішими дефектоскопи та КВП, у протипожежній техніці застосовуються надійні і довгодіючі радіоізотопні сповіщувачі.

### Бібліографічний перелік

1. ДСЕПiН 6.6.1.-079/-211.3.9.001-02. Державні санітарно-екологічні правила і норми з радіаційної безпеки при проведенні операцій з металобрухтом [Чинний від 2002-03-15]. Київ : Міністерство охорони здоров'я, 2002. 21 с.
2. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність». [Чинний від 2014-06-05]. *Відомості Верховної Ради*. 2014. № 30. С. 1008.
3. ДСТУ 4121-2002. Метали чорні вторинні. Загальні технічні умови [Чинний від 2003-04-01]. Київ : Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2003. 33 с.
4. ДБН В.2.5-28-2018 Природне та штучне освітлення [Чинний від 2019-03-01]. Київ : Мінрегіон України, 2018. 137с.
5. Дефектоскопия. *Энциклопедия физики и техники*. URL: [http://femto.com.ua/articles/part\\_1/0979.html](http://femto.com.ua/articles/part_1/0979.html).
6. Горбунов В.И., Покровский А.В., Темник А.К. Бетатронный дефектоскоп для контроля сварных соединений. *Известия Томского политехнического института*. 1986. Т. 296. С. 31–36.
7. Вайнберг И.А., Вайнберг Э.И. История, состояние и перспективы промышленной рентгеновской компьютерной томографии. *В мире неразрушающего контроля*. 2013. № 3. С. 125–141.
8. Обзор радиоизотопных уровнемеров. TD-UROVNEMER. URL: <https://www.td-urov-nemer.ru/podderzhka/stati/radioizotopnye-urovnamery/>
9. Пожарные извещатели. *ИФТП*. URL: <https://iftp.ru/cat/Pozharnye-izveschateli/>
10. 1151E – Дымовой радиоизотопный извещатель. *TECHPORTAL*. URL: <http://www.-techportal.ru/material/?id=765>
11. Audi G., Bersillon O., Blachot J., Wapstra A.H. The NUBASE evaluation of nuclear and decay properties. *Nuclear Physics A*. 2003. Vol. 729. P. 3–128.
12. Василенко И.Я. Радиоактивный цезий. *Природа*. 1999. № 3. С. 70–76.
13. Радиоактивные вещества. 12.3.7. Америций. URL: [http://chemanalytica.com/book/-novyy\\_spravochnik\\_khimika\\_i\\_tekhnologa/11\\_radioaktivnye\\_veshchestva\\_vrednye\\_veshchestva\\_gigienicheskie\\_normativy/5087](http://chemanalytica.com/book/-novyy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/11_radioaktivnye_veshchestva_vrednye_veshchestva_gigienicheskie_normativy/5087).
14. Америций-241. URL: <https://gaz.wiki/wiki/ru/Americium-241>

### References

1. DSEPiN 6.6.1.-079/-211.3.9.001-02. Derzhavni sanitarno-ekologichni pravyla i normy z radiacijnoyi bezpeky pry provedenni operacij z metalobruhtom [Chynnyj vid 2002-03-15]. Kyiv : Ministerstvo oxorony zdorov'ya, 2002. 21 s.
2. Zakon Ukrayiny "Pro metrologiyu ta metrologichnu diyalnist". [Chynnyj vid 2014-06-05]. *Vidomosti Verxovnoyi Rady*. 2014, No. 30, Pp. 1008.

3. DSTU4121–2002. Metaly chorni vtorynni. Zagalni texnichni umovy [Chynnyj vid 2003-04-01]. Kyiv : Derzhavnyj komitet Ukrainy z pytan texnichnogo regulyuvannya ta spozhyvchoyi polityky, 2003. 33 s.
4. DBN V.2.5-28-2018 Pryrodne ta shtuchne osvittlenya [Chynnyj vid 2019-03-01]. Kyiv : Minregion Ukrainy, 2018. 137 s.
5. Defektoskopiya. *Encyklopediya fiziki i tekhniki*. URL: [http://femto.com.ua/articles/-part\\_1/0979.html](http://femto.com.ua/articles/-part_1/0979.html).
6. Gorbunov V.I., Pokrovskij A.V., Temnik A.K. Betatronnyj defektoskop dlya kontrolya svarnyakh soedinenij. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo instituta*. 1986. T. 296. P. 31–36.
7. Vajnberg I.A., Vajnberg E.I. Istoriya, sostoyanie i perspektivy promyshlennoj rentgenovskoj kompyuternoj tomografii. *V mire nerazrushayushhego kontrolya*. 2013. № 3. P. 125–141.
8. Obzor radioizotopnykh urovnemerov. *TD-UROVNEMER*. URL: <https://www.td-urovner.ru/podderzhka/stati/radioizotopnye-urovneremy>.
9. Pozharnye izveshhateli. *IFTP*. URL: <https://iftp.ru/cat/Pozharnye-izveshateli/>
10. 1151E – Dymovoj radioizotopnyj izveshhatel. *TECHPORTAL*. URL: <http://www.techportal.ru/material/?id=765>.
11. Audi G., Bersillon O., Blachot J., Wapstra A.H. The NUBASE evaluation of nuclear and decay properties. *Nuclear Physics A*. 2003. Vol. 729. P. 3–128.
12. Vasilenko I. Ya. Radioaktivnyj czezij. *Priroda*. 1999. N 3. P. 70–76.
13. Radioaktivnye veshchestva. 12.3.7. Americzij. URL: [http://chemanalytica.com/book/novyy\\_spravoch\\_nik\\_khimika\\_i\\_tekhnologa/11\\_radioaktivnye\\_veshchestva\\_vrednye\\_veshchestva\\_gigienicheskie\\_normativy/5087](http://chemanalytica.com/book/novyy_spravoch_nik_khimika_i_tekhnologa/11_radioaktivnye_veshchestva_vrednye_veshchestva_gigienicheskie_normativy/5087)
14. Americzij-241. URL: <https://gaz.wiki/wiki/ru/Americium-241>

**Ryzhkov Vadim**, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Zaporizhia National University  
**Belokon Karina**, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Zaporizhia National University  
**Manidina Eugene**, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Zaporizhia National University  
**Tsymbal Victor**, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Zaporizhia National University

### **RADIATION SAFETY IN FERROUS METALLURGY: SCRAP CONTROL, DEFECTOSCOPY, CONTROL INSTRUMENTATION, FIRE SENSORS**

Some work in the metallurgical industry involves the use of sources of ionizing radiation in the form of radioactive isotopes of cobalt, plutonium, americium, cesium, etc., and the use of special devices such as X-ray tubes or particle accelerators. Although the share of these works is insignificant in the total production, the handling of ionizing radiation sources, radioactive substances, requires special attention, careful observance of safety rules, use, if necessary, personal protective equipment and safe disposal of used devices. In the whole complex of works of this type it is possible to separate the main ones: control of scrap metal and products for the presence of radioactive contamination; the use of sources of ionizing radiation to detect external and internal defects of metal products; use of gamma radiation in control and measuring devices, first of all in level gauges; use of transuranic isotopes in fire detectors. Compliance with the requirements of the State sanitary and environmental rules and regulations on radiation safety in scrap metal operations is important both in terms of environmental safety (exclusion of radioactive contamination of the environment) and in terms of labor protection (prevention of stochastic effects of ionizing radiation on workers). During defectoscopy, high-energy radiation is used, which, if safety rules are not observed, can cause great damage to service personnel. As a rule, prevention of negative influence of radiation at work of defectoscopes is carried out first of all thanks to a safe design. Level gauges and fire detectors are the safest of the listed devices and devices. The article considers the above works with sources of ionizing radiation in ferrous metallurgy, directions of their development, safety measures.

Keys words: radiation safety, scrap control, defectoscopy, level gauges, fire sensors

Стаття надійшла: 06.10.2021 р.