
ПРИРОДНИЧО-НАУКОВІ АСПЕКТИ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

УДК 614.843

СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ ВИЇЗДІВ ОПЕРАТИВНИХ ПІДРОЗДІЛІВ СЛУЖБИ ДСНС У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Білик Т.

Карабин О.О., канд. фіз.-мат. наук, доцент,

Чмир О., канд. фіз.-мат. наук, доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Ефективне функціонування підрозділів служби надзвичайних ситуацій потребує постійного статистичного обліку надзвичайних ситуацій та звітності щодо виїздів підрозділів. Статистичний облік дозволяє прогнозувати виникнення надзвичайних ситуацій та моделювати роботу служб надзвичайних ситуацій з метою покращення та оптимізації їх діяльності. Сучасні технології та технічні засоби сприяють цій меті. Для здійснення розрахунків з прогнозування надзвичайних ситуацій на основі статистичного аналізу необхідно володіти базовим теоретичним апаратом математичної статистики і основами роботи з математичними пакетами. Сучасні програмні математичні та статистичні пакети дають змогу швидко аналізувати бази даних та здійснювати прогнозування.

Розглянуто статистичну базу даних, а саме зведену оперативну інформацію про надзвичайні ситуації, небезпечні події та реагування на них ГУДСНС України у Львівській області за 2014 рік. Мета роботи – створити багатомірну лінійну кореляційну модель кількості у виїздів оперативних підрозділів, тобто модель вигляду

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_6 + \beta_7 x_7 + \beta_8 x_8 + \beta_9 x_9,$$

де $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9$ – параметри, а саме:

x_1 – кількість виїздів оперативних підрозділів на пожежі, x_2 – кількість виїздів на аварії, x_3 – на заходи пожежної та техногенної безпеки, x_4 – на дорожньо-транспортні пригоди, x_5 – на хибні виклики та виклики, пов'язані із спрацюванням АПС, x_6 – виїзди на пожежно-тактичні заняття, відпрацювання нормативів з ПСП, на заняття в апаратах захисту органів дихання, на перевірку протипожежного водопостачання, на технічний огляд пожежної техніки, x_7 – виїзди на надання платних послуг, x_8 – виїзди на виконання господарських робіт, x_9 – інші виїзди. За допомогою функції «ЛИНЕЙН» пакета Excel опрацьовано описану статистичну базу даних та обчислено коефіцієнти регресії. Отримано такі результати (табл. 1).

Таблиця 1.

Коефіцієнти регресії лінійної кореляційної моделі для 2014 року

β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9
21,0014	1,0046	0,9967	0,9531	-0,3731	0,8112	0,9939	1,0517	0,7357	1,0691

Коефіцієнти регресійної моделі, маючи різні фізичний і зміст і одиниці вимірювання, не дають інформації про те, який із факторів, включених в модель, чинить найбільший вплив на результуючий показник, тобто коефіцієнти регресії не можна безпосередньо порівнювати між собою. Позбавлені такого недоліку нормовані коефіцієнти регресії. Нормовані коефіцієнти регресії показують, на скільки середніх квадратичних відхилень змінюється результативний показник при зміні відповідного фактора на одне значення середнього квадратичного відхилення. Вони характеризують вплив окремих факторів на результативну ознаку. Їх визначають за формулою

$$a_i = \beta_i \frac{\sigma_{x_i}}{\sigma_y}, \text{ де } \sigma_{x_i} - \text{середнє квадратичне відхилення } i\text{-го фактора;}$$

σ_y – середнє квадратичне відхилення результативного показника. З отриманих коефіцієнтів регресії обчислено нормовані коефіцієнти регресії (табл. 2).

Таблиця 2.

Нормовані коефіцієнти регресії

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9
0,1578	0,0971	0,0371	0,0027	0,0653	1,0253	0,0817	0,0311	0,1132

З таблиці 2 бачимо, що найбільшим є коефіцієнт a_6 , фактора x_6 – виїзди на пожежно-тактичні заняття, відпрацювання нормативів з ПСП, на заняття в апаратах захисту органів дихання, на перевірку протипожежного водопостачання, на технічний огляд пожежної техніки. Це означає, що на кількість виїздів у 2014 році найбільший вплив чинив саме цей фактор, наступним за величиною впливу на кількість виїздів, є фактор x_1 – виїзди оперативних підрозділів на пожежі. Порівнюючи, таким чином, нормовані коефіцієнти регресії встановлюємо пріоритетність впливу факторів на показник – кількість виїздів оперативних підрозділів.

Література

1. Лапач С.М. Конфлікт класичного і модернового у викладанні математики у вищій школі [Електронний ресурс]/ Сергій М. Лапач// Математика в сучасному технічному університеті: Збірник науково-методичних праць/ Національний технічний університет України "КПІ". – Київ, 2015. – Вип. 1. – С 162 - 167.
2. Радченко С.Г. Системное обеспечение получения многофакторных статистических моделей [Електронний ресурс]/ Станислав Т. Радченко// Математика в сучасному технічному університеті: Збірник науково-методичних праць/ Національний технічний університет України "КПІ". – Київ, 2015. – Вип. 1. – С 66 - 71.

УДК 539.12 + 539.14

ВЗАЄМОДІЯ МОНОЕНЕРГЕТИЧНИХ ЕЛЕКТРОНІВ В БІОЛОГІЧНИМИ ТКАНИНАМИ

Войтович В.

Лопушанський Я.Й., канд. фіз.-мат. наук, доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Заряджена частинка проходить у речовині деяку відстань, перш ніж вона втратить всю свою кінетичну енергію. Чисельне значення проникливої здатності відповідає пробігу частинки. Пробігом частинки називають довжину траєкторії (треку), якою рухається частинка у речовині з моменту входження у речовину до повної стабілізації.

Розрізняють середній лінійний пробіг частинки і середній масовий пробіги частинки.

Середній лінійний пробіг частинки R – величина, яка характеризує глибину проникнення зарядженої частинки в речовину. Середній лінійний пробіг частинки вимірюється в одиницях довжини (м, см, мкм).

Середній масовий пробіг частинки R_m – добуток середнього лінійного пробігу R зарядженої йонізуючої частинки в даній речовині на густину цієї речовини ρ :

$$R_m = R \cdot \rho.$$

Середній масовий пробіг частинки вимірюється у г/см^2 .

Максимальний пробіг моноенергетичних електронів – мінімальна товщина шару речовини, за якої жоден електрон, що падає нормально на шар, не вилітає із нього. Ефективний (естрапольований, практичний) пробіг моноенергетичних електронів у речовині визначається точкою перетину екстрапольованої лінійної ділянки кривої із віссю абсцис [2].

Ефективний пробіг $R_m(\text{г/см}^2)$ моноенергетичних електронів у діапазоні від 0,3 кеВ до 30 МеВ для матеріалів із атомними номерами від 6 до 82 за нормального падіння можна визначити за формулою [1]:

$$R_m = a_1 \left(\frac{1}{a_2} \ln(1 + a_2 \alpha_0) - \frac{a_3 \alpha_0}{1 + a_4 \alpha_0^{a_5}} \right),$$

$$\text{де } \alpha_0 = E_0/(m_0 c^2); a_1 = \frac{0,2335 A}{Z^{1,209}}; a_2 = 1,78 \cdot 10^{-4} Z; a_3 = 0,9891 - 3,01 \cdot 10^{-4} Z;$$

$$a_4 = 1,468 - 1,180 \cdot 10^{-2} Z; a_5 = \frac{1,232}{Z^{0,109}}.$$

Тут E_0 – енергія електрона, МеВ; $m_0 c^2 = 0,511$ МеВ – енергія спокою електрона; A – атомна маса, Z – атомний номер.

При визначенні ефективного атомного номеру і ефективною атомною маси біологічної тканини переважно враховують тільки вклад елементів з масовими частками $w > 0,002$. У цьому випадку значення $Z_{\text{еф}} = 7$; $A_{\text{еф}} = 14$ [2].

У даній статті враховано вклад мікроелементів з меншими масовими частками ($w \leq 0,002$). Тоді отримуємо для м'язової тканини $Z_{\text{еф}} = 7,7148$; $A_{\text{еф}} = 15,4724$; для кісткової тканини $Z_{\text{еф}} = 11,8598$; $A_{\text{еф}} = 23,6113$.

У статті досліджено залежність ефективного пробігу R_m електронів у біологічній тканині (м'язовій і кістковій) від енергії E у діапазоні 1-10 МеВ. Хімічний склад м'язової і кісткової тканин наведено у таблиці 1. Ефективний атомний номер і ефективну атомну масу біологічної тканини визначаємо за формулами [3]:

$$Z_{\text{еф}} = 2,94 \sqrt{\sum_{i=1}^n w_i Z_i^{2,94}} ;$$

$$A_{\text{еф}} = \frac{Z_{\text{еф}}}{(Z/A)_{\text{еф}}} = \frac{2,94 \sqrt{\sum_{i=1}^n w_i Z_i^{2,94}}}{2,94 \sqrt{\sum_{i=1}^n w_i (Z_i / A_i)^{2,94}}} .$$

Таблиця 1

Елемент	Біологічна тканина		Елемент	Біологічна тканина	
	м'язова	кісткова		м'язова	кісткова
${}^1_1\text{H}$	0,1	0,064	${}^{31}_{15}\text{P}$	0,0002	0,07
${}^{12}_6\text{C}$	0,11	0,278	${}^{32}_{16}\text{S}$	0,0024	0,002
${}^{14}_7\text{N}$	0,026	0,027	${}^{35}_{17}\text{Cl}$	0,0018	
${}^{16}_8\text{O}$	0,75	0,41	${}^{39}_{19}\text{K}$	0,003	-
${}^{23}_{11}\text{Na}$	0,00016	-	${}^{40}_{20}\text{Ca}$	0,00003	0,147
${}^{24}_{12}\text{Mg}$	0,00019	0,0002	${}^{64}_{29}\text{Cu}$	0,00018	-

На основі даних таблиці 1, значень $Z_{\text{еф}}$ і $A_{\text{еф}}$, обчислених з урахуванням всіх мікроелементів, досліджено залежність пробігу моноенергетичних електронів R_m від енергії E частинок у діапазоні 1-10 МеВ. Результати досліджень представлені у таблиці 2.

Таблиця 2

E, MeV	$R_m, \text{г/см}^2$ у біологічній тканині	
	м'язовій	кістковій
1	0,4370	0,3885
2	1,0107	0,8844
3	1,5872	1,4175
4	2,1849	1,9533
5	2,9691	2,4684
6	3,3454	2,9927
7	3,9307	3,5177
8	4,5149	4,0405
9	5,0980	4,5616
10	5,6797	5,0811

Література

1. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений: Справочник - 4-е изд., перераб. и доп. – Энергоатомиздат, 1995. - 496 с.
2. Моисеев А.А., Иванов В.И. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене. - 4-е изд., перераб. и доп. – Энергоатомиздат, 1990. - 252 с.
3. Effective atomic number (EAN). www.britannica.com/.../effective-atomic-numb.

УДК 517.912

ДЕЯКІ ЗАСТОСУВАННЯ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ У ЦИВІЛЬНОМУ ЗАХИСТІ

Гарасим'юк І.М.

Трусевич О.М., канд. фіз.-мат. наук, доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Базисом для будь-яких наукових досліджень є математика. Як відомо, математика – це «цариця всіх наук». Розглянемо питання застосування вищої математики у цивільному захисті. Метою цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій є забезпечення гарантованого захисту життя і здоров'я людей, земельного, водного і повітряного простору, об'єктів виробничого і соціального призначення. Тому, щоб дати відповідь про застосування математики у цивільному захисті дослідимо сфери діяльності, які вивчає цивільний захист. В [1] вказано перелік робіт в яких цивільний захист бере участь:

- 1) проведення робіт щодо життєзабезпечення постраждалих;
- 2) здійснення заходів з мінімізації та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, пов'язаних із технологічними терористичними проявами та іншими видами терористичної діяльності під час проведення антитерористичних операцій;
- 3) в діяльності міжнародних організацій з питань, що належать до компетенції Державної служби України з надзвичайних ситуацій;
- 4) проведення заходів щодо евакуації населення;
- 5) робота комісій з розслідування причин виникнення надзвичайних ситуацій у суб'єктах господарювання і на територіях, що нею обслуговуються;
- 6) підготовка працівників підприємств, установ та організацій і населення до дій в умовах надзвичайних ситуацій;
- 7) здійснення заходів контролю за готовністю об'єктів і територій, що нею обслуговуються, до проведення робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

В кожному з цих пунктів застосовується математика. Наведемо деякі приклади цього застосування: визначення кількості рятувальників чи техніки, як оцінка інженерного становища при будь-якій надзвичайній ситуації, визначення оцінки інженерного захисту персоналу об'єктів господарської діяльності, оцінки стійкості об'єктів господарської діяльності до вибуху і землетрусу, зонування території при вибусі, розрахунок стійкості до впливу ударної хвилі та землетрусу, оцінка хімічного становища при аваріях на хімічно-небезпечних об'єктах та багато інше.

Для розв'язання багатьох завдань цивільного захисту використовуються математичні моделі, що дозволяють максимально спрогнозувати ту чи іншу подію, мінімізувати при цьому втрати.

Розглянемо, наприклад, створення математичних моделей чутливих елементів пожежних сповіщувачів. У найпростішому випадку процеси та відгук чутливого елемента пожежного сповіщувача максимального типу на вплив оточуючого середовища можна описати диференціальним рівнянням типу:

$$T \cdot \frac{du}{dt} \cdot U(t) = H(t) \quad (1)$$

де T – стала часу сповіщувача (наприклад, його інерційність),

$U(t)$ – вихідний сигнал чутливого елемента,

$H(t)$ – температура оточуючого середовища,

t – поточний час.

Рівняння (1) є простою математичною моделлю чутливого елемента максимального пожежного сповіщувача, параметри якої відповідають технічним характеристикам сповіщувача. Наведена математична модель може використовуватися при дослідженні різних сповіщувачів, параметри яких визначаються технічними характеристиками.

Отже, вища математика має велике значення для розв'язання різноманітних завдань, що стоять перед цивільним захистом.

Література

1. Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Основи цивільного захисту: Навчальний посібник. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2010.- 417с.

УДК 517.912

РОЗ'ЯЗОК КРАЙОВОЇ ЗАДАЧІ ДЛЯ РІВНЯННЯ
ЛАПЛАСА В ПРЯМОКУТНИКУ

Гірняк Т.І., Дудник Д.В.

Трусевич О.М., канд. фіз.-мат. наук, доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Багато навколишніх процесів описуються рівняннями математичної фізики [наприклад,1], основні з яких – це рівняння коливання струни, рівняння теплопровідності та рівняння Лапласа. Розглянемо наступну задачу: розв'язати рівняння Лапласа для гармонічної функції $U(x, y)$:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} = 0 \quad (1)$$

з наступними крайовими умовами:

$$U(0, y) = \varphi_1(y), \quad U(h, y) = \varphi_2(y), \quad (2)$$

$$U(x, 0) = 0, \quad U(x, b) = 0 \quad (3)$$

в прямокутнику $\Pi : \{0 \leq x \leq h, 0 \leq y \leq b\}$. Шукатимемо розв'язок задачі (1) – (3) методом відокремлення змінних у вигляді:

$$U(x, y) = X(x) \cdot Y(y), \quad (4)$$

де функції $X(x)$ та $Y(y)$ – це функції, що залежні лише від змінних x та y відповідно. Знайшовши другі частинні похідні по змінних x та y для функції (4) та підставивши їх в (1), одержимо: $X''(x)Y(y) + X(x)Y''(y) = 0$. Далі поділимо останнє рівняння на множник $X(x)Y(y)$, ($X(x) \neq 0$ та $Y(y) \neq 0$, бо $X(x)$ та $Y(y)$ – нетривіальні розв'язки (4)) та одержимо: $\frac{X''(x)}{X(x)} + \frac{Y''(y)}{Y(y)} = 0$. Дана

тотожність справедлива лише у випадку:

$$\frac{X''(x)}{X(x)} = \lambda \quad \text{і} \quad \frac{Y''(y)}{Y(y)} = -\lambda, \quad (5)$$

де λ - невідома стала. Розв'яжемо рівняння (5). Як відомо [2], (5) – це рівняння другого порядку із сталими коефіцієнтами, тому розв'язок другого рівняння (5) матиме вигляд: $Y(y) = A \cos \sqrt{\lambda} y + B \sin \sqrt{\lambda} y$ ($A, B - const$). Враховуючи (4), першу умову (3), та поклавши $B=1$, маємо: $Y(y) = \sin \sqrt{\lambda} y$. Використавши другу умову (3), одержимо: $\sin \sqrt{\lambda} b = 0$.

Звідки $\lambda = \lambda_n = \frac{\pi^2 n^2}{b^2}$ ($n \in N$). Розв'язок першого рівняння (5) матиме ви-

гляд: $X(x) = X_n(x) = C_n e^{\sqrt{\lambda_n} x} + D_n e^{-\sqrt{\lambda_n} x}$ ($C_n, D_n - const$). Тоді шуканий розв'язок (4) матиме вигляд:

$$U(x, y) = U_n(x, y) = X_n(x) \cdot Y_n(y) = (C_n e^{\sqrt{\lambda_n} x} + D_n e^{-\sqrt{\lambda_n} x}) \sin \sqrt{\lambda_n} y. \quad (7)$$

Відомо [2], що сума частинних розв'язків (7) є також розв'язок, тому представимо (7) рядом:

$$U_n(x, y) = \sum_{n=1}^{\infty} (C_n e^{\sqrt{\lambda_n} x} + D_n e^{-\sqrt{\lambda_n} x}) \sin \sqrt{\lambda_n} y. \quad (8)$$

Знайдемо невідомі C_n, D_n . Використаємо першу з умов (2), (8) та одержимо:

$$\varphi_1(y) = U(0, y) = \sum_{n=1}^{\infty} (C_n + D_n) \sin \sqrt{\lambda_n} y. \text{ Розклавши функцію } \varphi_1(y) \text{ в}$$

ряд Фур'є за системою функцій $\{\sin \sqrt{\lambda_n} y\}$ з коефіцієнтами Фур'є [3],

одержимо:

$$C_n + D_n = \frac{2}{b} \int_0^b \varphi_1(y) \sin \sqrt{\lambda_n} y dy. \quad (9)$$

Аналогічно для другої умови (2) та (8) маємо:

$$\varphi_2(y) = U(h, y) = \sum_{n=1}^{\infty} (C_n e^{\sqrt{\lambda_n} h} + D_n e^{-\sqrt{\lambda_n} h}) \sin \sqrt{\lambda_n} y. \text{ Розкладемо функцію}$$

$\varphi_2(y)$ в ряд Фур'є за системою функцій $\{\sin \sqrt{\lambda_n} y\}$ з коефіцієнтами Фур'є:

$$C_n e^{\sqrt{\lambda_n} h} + D_n e^{-\sqrt{\lambda_n} h} = \frac{2}{b} \int_0^b \varphi_2(y) \sin \sqrt{\lambda_n} y dy. \quad (10)$$

Тому, шуканий розв'язок (1) – (3) представляється рядом (8), коефіцієнти якого знаходяться із системи рівнянь (9) та (10).

Література

1. Арсенин В. Я. Методы математической физики – Москва. – 1974. – 432 с.
2. Дубовик В.П., Юрик І.І. Вища математика: Навч. посібник. – К.: АСК, 2001. – 648с.

УДК 512.8

ПЕРШІ ЗНАЙОМСТВА З УЗАГАЛЬНЕННЯМИ: ГІПЕРКОМПЛЕКСНІ ЧИСЛА

Кордунова Ю., Хомич І.

Тацій Р.М., д-р фіз.-мат. наук, професор
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Вступні зауваження. В елементарній алгебрі поряд з дійсними числами розглядається і більш широка система комплексних чисел. Причиною, появи комплексних чисел, є розв'язання алгебраїчних (зокрема квадратних) рівнянь. Так, наприклад, рівняння $x^2 + 1 = 0$ неможливо розв'язати, обмежуючись лише дійсними числами (не існує такого дійсного числа α).

Історія комплексних чисел починається з 16 століття. Італійські математики Джироламо Кардано і Рафаель Бомбеллі, розв'язуючи квадратні рівняння, ввели в розгляд символ $\sqrt{-1}$, а також вираз $\beta\sqrt{-1}$ – формальний розв'язок рівняння $x^2 + \beta^2 = 0$. Вираз більш загального вигляду $\alpha + \beta\sqrt{-1}$ можна розглядати тоді як формальний розв'язок рівняння $(x - \alpha)^2 + \beta^2 = 0$. Як наслідок, вирази вигляду $\alpha + \beta\sqrt{-1}$ стали називати «уявними», а згодом «комплексними» числами і записуватися як $\alpha + \beta i$ (символ i для позначення $\sqrt{-1}$ ввів Л. Ейлер в XVIII ст.). Цих чисел виявляється достатньо для знаходження розв'язку будь-якого квадратного рівняння (якщо його дискримінант від'ємний).

Отже, комплексним числом (див. наприклад [1]) називається число вигляду

$$z = \alpha + \beta i \quad (1)$$

де α та β – дійсні числа, а символу i присвоюється $i^2 = -1$.

Кватерніони. Досвід побудови комплексних чисел наштовхує на думку піти далі і розглянути числа вигляду $z = \alpha + \beta i + \gamma j$ (де α, β, γ – дійсні числа, а i та j – деякі символи). Також, якщо додати ще один символ k та розглянути числа вигляду

$$z = \alpha + \beta i + \gamma j + \delta k, \quad (2)$$

які називаються кватерніонами, то можна отримати систему з діленням. Говорячи більш точно, можна так ввести множення для чисел (2), щоб виконувалась ще й зворотня дія – ділення [2].

Щоб описати своєрідний закон множення для таких чисел, достатньо дізнатися, чому дорівнюють всеможливі парні множників чисел i, j, k [2].

За означенням:

$$\begin{aligned} i^2 &= -1, & j^2 &= -1, & k^2 &= -1, \\ ij &= k, & ji &= -k, \\ jk &= i, & kj &= -i, \\ ki &= j & ik &= -j. \end{aligned}$$

Гіперкомплексні числа. Розглянені нами комплексні числа та кватерніони охоплюються більш загальним поняттям - гіперкомплексною системою чисел. Тепер, коли ми знаємо найбільш прості приклади таких систем, нам буде легше зрозуміти загальне визначення гіперкомплексної системи чисел.

Зафіксуємо натуральне число n і розглянемо вираз виду

$$z = a_0 + a_{1i_1} + a_{2i_2} + \dots + a_{ni_n}, \quad (3)$$

де $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ - дійсні числа, а i_1, i_2, i_n - деякі символи.

Числа типу (3) називають гіперкомплексними.

Висновок. Поняття «комплексні та «гіперкомплексні» числа виникли з практичної необхідності розширити означення дійсних чисел, що обмежувало можливості заснування, наприклад, формули коренів квадратного рівняння

Історія розвитку науки та техніки впровадила точний крок, оскільки це стало стимулом для бурхливого їх розвитку.

Автори розв'язали ряд задач, що запропоновані в [2] в якості вправ та самостійних доведень.

Література

1. Дубовик В. П. Вища математика: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. П. Дубовик, І. І. Юрик. - К. : Ігнатекс-Україна., 2011. - 648с: іл. - (Вища школа). - Бібліогр. : с. 632-633.
2. Кантор И. Л., Солодовников А. С. Гиперкомплексные числа. М. : Наука., 1973. - 144с. іл.

УДК 656.1

**ЛАЗЕРНІ СИСТЕМИ ЗАПАЛЮВАННЯ
ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**

Письменна В.В.
Березовський О.І.

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗУ

Сучасне інноваційне суспільство з кожним днем рухається вперед, розробляючи новітні технології в різних галузях науки і техніки. Така мобільність торкнулась і систем запалювання двигуна внутрішнього згоряння.

Завдяки роботі команди японських дослідників традиційні свічки запалювання у двигуні автомобіля можуть отримати оптичний "апгрейд" у вигляді лазерних систем запалювання паливної суміші. Використання таких високоточних систем дозволить здійснити повний контроль над процесами запалювання та горіння палива, що зробить двигуни внутрішнього згоряння більш ефективними, економічними та більш екологічно безпечними.

У звичайних двигунах паливна суміш стискується в циліндрі і підпалюється іскрою свічки запалювання. Ця іскра, короткочасна електрична дуга, утворюється в результаті подачі високої напруги на електроди свічки. Цей метод є досить простим і ефективним методом запалювання палива вже протягом довгих років, але накладає суворі обмеження на якість використовуваного палива. У суміші палива з повітрям повинна міститись певна кількість палива, інакше іскра свічки просто не запалить суміш. Більш гаряча іскра запалить більш бідну суміш, але термін роботи електродів при цьому істотно зменшиться. [2] Ідеальний двигун внутрішнього згоряння повинен працювати на збідненій паливній суміші, що запалюється більш високою температурою, і це та область, де успішно можна використовувати можливості лазерів.

Так як лазером можна керувати з високою точністю, можна ідеально настроїти лазерну систему запалювання палива аби забезпечити рівномірне запалювання палива відразу в повному об'ємі циліндра згоряння, що дозволить отримати більшу потужність від такої ж кількості палива. При цьому характеристики лазерної системи не будуть залежати від обертів двигуна та від терміну служби, чим грішать навіть найкращі екземпляри свічок запалювання, які згодом виходять із ладу і вимагають періодичної заміни. Як правило, лазер може запалюватися 50 разів на секунду. Тим самим здійснюється гарне згоряння палива, що призводить до підвищення економічності мотора автомобіля.

За старих часів, потужні лазери, здатні забезпечити передачу енергії, необхідну для запалювання паливної суміші, існували. Але такі лазери були дорогими, громіздкими і нестабільними в роботі. Нові керамічні лазери, розроблені японською командою, мають діаметр усього 9 міліметрів і здатні виробляти короткі потужні імпульси в точно заданий момент часу. Посилаючи в порожнину циліндра пачку коротких, у декілька наносекунд, імпульсів, ці лазери можуть змусити запалитися й ефективно горіти паливну суміш будь-якої якості, будь то бензин, дизпаливо, біопаливо чи водень.

Отже, головними перевагами лазерних свічок запалювання перед традиційними є:

- компактність;
- зменшення викиду шкідливих речовин в атмосферу;
- витривалість в самих жорстких температурних умовах;
- система підпалу свічок відбувається набагато швидше, ніж від традиційного способу.

Лазер зроблений з прозорою склокераміки і здатний працювати при температурі понад 150 °С без погіршення оптичних властивостей. Випробування двопроменевого лазерного запала проводилися як в лабораторній камері згоряння, так і на одному з циліндрів серійної дволітрової рядної четвірки Toyota в умовах стехіометричної суміші (15,2:1) в режимі 1600 об/хв. В 100 % випадків лазерний запал був доволі точний: для загоряння суміші вистачало першого з чотирьох запрограмованих імпульсів тривалістю 600 піко секунд кожен. У спеціально збідненої суміші (17,2 : 1) традиційні свічки запалювання продемонстрували 100 % - ву відмову, тоді як лазерна впевнено працювала з третього з п'яти імпульсів.

Висновок: Немає сумнівів, що в адаптованому під лазерне запалювання двигуні ефективність запала буде ще вище. Цілком імовірно, що першою подібною адаптацією стане екзотичний роторний двигун Mazda Renesis, модифікація якого повинна з'явитися на ринку після 2014 року.

Література

1. Лазерные свечи зажигания. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.membrana.ru/>
2. Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей. – М.: Транспорт, 1989. – 286 с.

УДК 539.128.4.04

**ДЕТЕКТОРИ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ОСНОВІ
ГАЛОЇДНИХ СПОЛУК КАДМІЮ**

Плешаков Є.Є.

**Ярицька Л.І., канд. фіз.-мат. наук, доцент
Львівський університет безпеки життєдіяльності**

Кристали галоїдних сполук кадмію, які мають шарувату структуру, люмінесціюють, тому вони є перспективними матеріалами для створення сцинтиляційних детекторів. Серед галоїдних сполук кадмію найкращими сцинтиляційними властивостями володіють кристали йодистого кадмію, активовані катіонними домішками. Порівняння властивостей цих кристалів з типовими використовуваними раніше кристалами-сцинтиляторами лужногалоїдних кристалів (KJ, NaJ та інших) показує ряд переваг перших для створення детекторів іонізуючого випромінювання на основі галоїдних сполук кадмію. Основним недоліком лужногалоїдних кристалів є їх висока гігроскопічність та крихкість, внаслідок чого сцинтилятори на їх основі повинні бути розміщені у спеціальних контейнерах [1, 2]. Сцинтиляційний вихід кристалів CdI₂, активованих свинцем при температурі 180 К зрівняний з аналогічним виходом кристалів NaJ:Tl при температурі 295 К, а енергетичне розділення за МоК_α — лінією (17,5 кеВ) складає близько 40% [3]. При цьому кристали на основі CdI₂ володіють тією перевагою, що вони не гігроскопічні і тому можуть бути використані без контейнеризації. Крім того, завдяки шаруватій структурі дані кристали є пластичними, тому детектори на їх основі володіють великою вібростійкістю і ударостійкістю.

В даній роботі досліджено вплив домішки європію (Eu) на спектрально-температурні та сцинтиляційні властивості йодистого кадмію. Для дослідження використовувалися кристали з концентраціями домішки 0,05; 0,1 та 1,0 мол.% Eu.

З метою встановлення можливості використання кристалу йодистого кадмію, активованого європієм, в якості сцинтилятора для збудження свічення використовувалось високоенергетичне рентгенівське випромінювання та радіоізотопне α-збудження. Спектральне положення смуги люмінесценції залежить від типу збудження. При рентгенівському збудженні активовані європієм кристали йодистого кадмію люмінесціюють у видимій області спектру. Максимум свічення спостерігається при 580 нм. При цьому світловихід люмінесценції на порядок більший, ніж світловихід неактивованого кристала CdI₂. З підвищенням температури від 85 К до 295 К спостерігається посилення люмінесценції в максимумі смуги 580 нм приблизно в 10 разів і поява слабого свічення в області 480-500 нм. Лінійна залежність світловиходу люмінесценції від енергії рентгенівського випромінювання в інтервалі 6,4-17,5 кеВ дозволяє використовувати кристали CdI₂:Eu в спект-

рометрах іонізуючих випромінювань малих енергій в області температур 150-290 К. При нижчих температурах відбувається накопичення світлосуми на рівнях захоплення, внаслідок чого сцинтиляційні властивості цих кристалів різко погіршуються.

При реєстрації альфа-частинок у слабоактивованому кристалі $\text{CdI}_2:0,05$ моль.% Eu спостерігається світловихід, менший в приблизно 1,75 разів, ніж у сильноактивованому кристалі $\text{CdI}_2:1$ моль.% Eu.

Температурна залежність інтенсивності фотолюмінесценції $\text{CdI}_2:\text{Eu}$ з малою концентрацією активатора має складний характер з кількома стадіями загасання в області температур вище 140 К. Форма кривих термостимульованої люмінесценції (ТСЛ), збуджених в області власного поглинання і збуджених рентгенівськими квантами практично однакові. Після рентгенівського збудження при 85 К протягом 10 хвилин активований кристал $\text{CdI}_2:\text{Eu}$ зберігає приблизно на порядок більше світлосуми, ніж неактивований CdI_2 . На кривій ТСЛ $\text{CdI}_2:\text{Eu}$ спостерігається інтенсивний максимум при температурі 110 К, а також проявляються слабкі максимуми при температурах 131 К, 163 К і елементарний максимум складної структури при температурі 229 К. З урахуванням результатів термічного очищення і розкладання кривої ТСЛ на гаусові компоненти були виділені елементарні максимуми при 104, 112, 131, 164, 198, 213, 228, 242 і 252 К. Спектральний склад максимумів кривих ТСЛ кристалів $\text{CdI}_2:\text{Eu}$ подібний до спектрів рентгенолюмінесценції і фотолюмінесценції.

В ділянці низьких температур процес накопичення світлосуми в слабоактивованому кристалі $\text{CdI}_2:\text{Eu}$ на рівнях захоплення з глибиною залягання 0,2-0,6 еВ в основному пов'язаний з мікродефектами матриці.

Характер спектрів ТСЛ кристалів $\text{CdI}_2:\text{Eu}$ залежить від дози опромінення. Величина максимумів лінійно зростає із збільшенням дози до $1,5 \cdot 10^4$ рентген. Подальше збільшення дози опромінення не супроводжується збільшенням інтенсивності ТСЛ.

Приведені результати показують, що дані кристали є радіаційно стійкі, тобто зберігають свої фізико-хімічні властивості після опромінення жорсткою радіацією. Тому кристали $\text{CdI}_2:\text{Eu}$ можуть бути придатними для виготовлення тонкошарових детекторів для реєстрації альфа-частинок і детекторів типу сцинтилятор-кремнієвий фотодіод для реєстрації рентгенівського випромінювання при високочастотному режимі збудження.

Література

1. Глобус М.Е., Гринев Б.В. Неорганические сцинтилляторы. Новые и традиционные материалы. – Х.: Акта. 2001. – 408 с.
2. Гуменюк А. Ф., Кутовий С.Ю. Дослідження термолюмінесценції нелегованих кристалів LiF. УФЖ. – 2005. – Т.50, №4. – С.345.
3. Широкозонные слоистые кристаллы и их физические свойства / Под ред А.Б. Лисковича . Вища школа, Изд-во при Львов. ун-те, Львов.1982. – 148 с .

УДК 539.213.2:535.8

ВОЛОГОЧУТЛИВА ДІЕЛЕКТРИЧНА КЕРАМІКА ДЛЯ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Повстин В.А.

Балицька В.О., канд. фіз.-мат. наук, доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

В умовах сьогодення, особливої актуальності набуло розроблення нових типів високочутливих та високонадійних активних елементів сенсорів вологості. Це зумовлено широким використанням цих пристроїв в системах контролю та регулювання вологості на підприємствах харчової та легкої промисловості, сільського господарства, в нафто- та газопроводах. Вони є незамінними в медицині, в системах забезпечення життєдіяльності на об'єктах гірничовидобувної промисловості, в метеорології, автомобільній промисловості, а також в різноманітних засобах побутової техніки.

Для успішного використання активних елементів сенсорів вологості може бути використана ціла низка матеріалів, серед яких важливе місце посідають електроліти, органічні полімери та пориста кераміка. Більшість сенсорів вологості складають пристрої на основі полімерів [1]. Однак, коли йдеться про високу механічну, хімічну, термічну та фізичну стійкості, то незаперечну перевагу має пориста вологочутлива шпінельна кераміка $MgAl_2O_4$ з високим вмістом вологосорбційних пор [2], в якій вологочутливі властивості пов'язані із зміною провідності та діелектричної проникливості у процесі адсорбції води.

Метою даної роботи було дослідження стабільності електрофізичних властивостей шпінельної кераміки $MgAl_2O_4$, отриманої традиційним методом керамічної технології за різними температурно-часовими режимами (температура ізотермічного спікання становила 1100, 1200, 1300 та 1400°C). Електричний опір досліджуваних зразків вимірювався в камері тепла та вологи PR-3E "TAVAR" за 20°C. Значення відносної вологості для досліджуваних зразків кераміки визначалося за показами "мокрого" термометра, використовуючи психрометричну таблицю. Деградаційні випробування проводилися за 40°C упродовж 240 год. На рис. 1 подані залежності електричного опору від відносної вологості до та після деградаційного тесту для кераміки $MgAl_2O_4$, одержаної за різних температур спікання, в адсорбційно-десорбційних циклах (в напрямку збільшення відносної вологості та у зворотному напрямку). Як видно з рис. 1, до деградаційних випробувань кераміка $MgAl_2O_4$, одержана за $T_c = 1100$ та 1200°C, володіє хорошою чутливістю (зміна електричного опору становить ~ 2 порядки) тільки на ділянці середніх значень відносної вологості ~ 30...70%. Ділянка вологочутливості кераміки, одержаної за $T_c = 1300$ °C, розширюється до ~ 80% відносної вологості. Однак найкращими характеристиками практично на всій досліджуваній ділянці відносної вологості володіє кераміка, одержана за $T_c = 1400$ °C. Після деградаційних випробувань вологочутливість кераміки покращується: розширюється чутливість на ділянці високих відносної вологості ~ 75...95%, а також зменшується гістерезис характеристики.

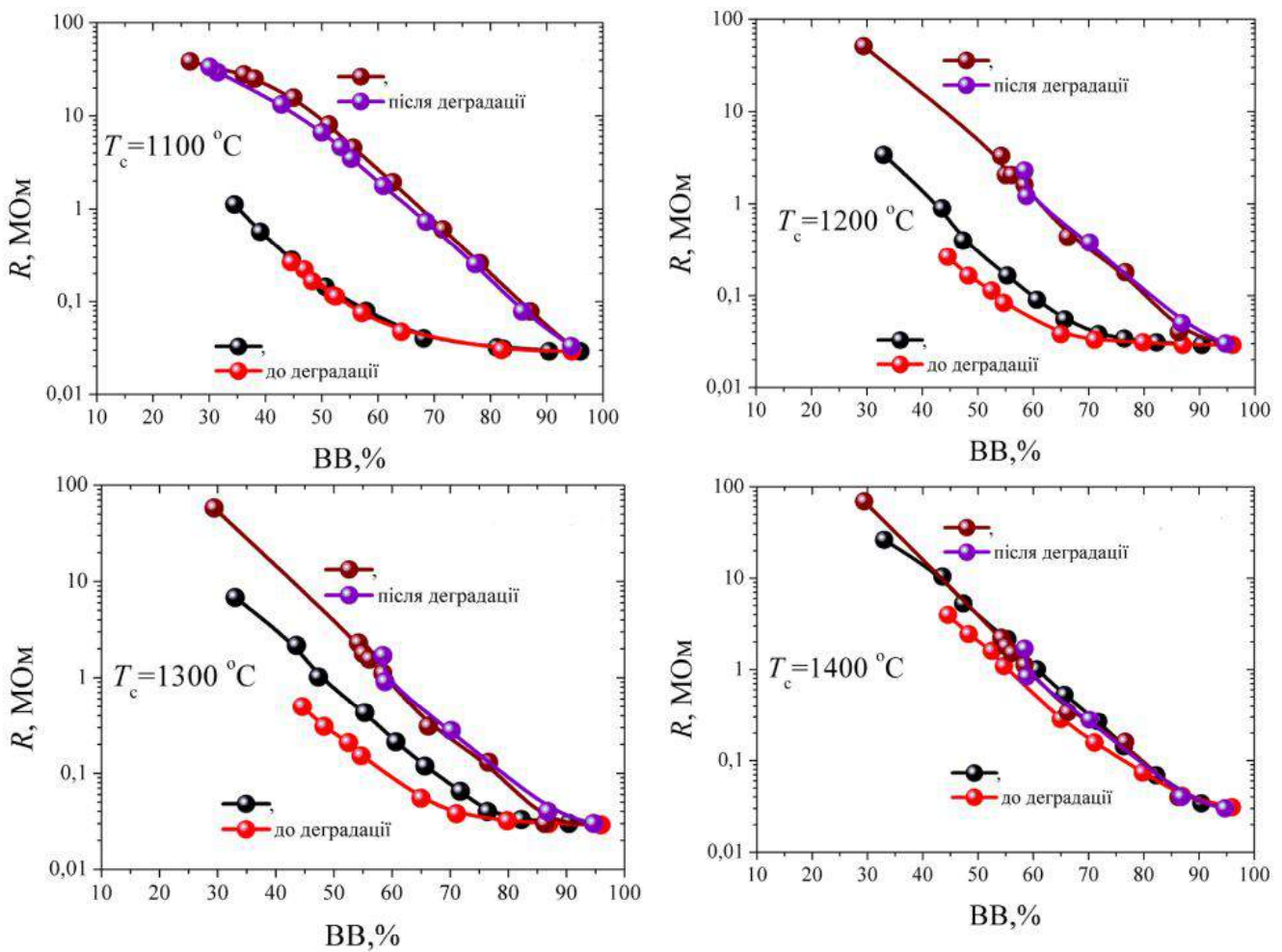


Рис. 1. Залежність електричного опору кераміки $MgAl_2O_4$ від відносної вологості

Така поведінка залежності електричного опору від відносної вологості пояснюється структурою досліджуваної кераміки: кераміка, одержана за нижчих $T_c = 1100, 1200^\circ C$, ще недостатньо сформована, її структура вдосконалюється з підвищенням T_c до 1300 та $1400^\circ C$. При цьому відбувається зростання площі контактів між зернами, збільшується питома площа їх поверхні, зерна об'єднуються в агломерати, підвищується вміст відкритих пор. Одночасно, в кераміці заліковуються дрібні пори та формується закрита пористість, яка не бере участі в процесах вологопоглинання.

Література

1. Michalet T. Formation at low temperature with low shrinkage of polymer Al/Al_2O_3 derived mulliteю – T. Michalet, M. Parlier, A. Addad et al. – *Ceramics International*. – 2001. – V. 27. – P. 315–319.
2. Traversa E. Ceramic sensors for humidity detection: the state-of-the-art and future developmentsю – *Sens. Actuators*. – 1995. – V. 23. – P. 135–156.

УДК 512.8

ПОБУДОВА СКІНЧЕНИХ ПОЛІВ

Поліщук О.В.

Стасюк М.Ф., канд. фіз.-мат. наук, доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Теорія скінчених полів має широке застосування в криптографії. Відомо [1, 2], що є багато криптологічних протоколів і криптосистем, що базуються на застосуванні скінчених полів. Сюди відносяться схеми Ель-Гамала, Advanced Encryption Standard, схема Шнорра, алгоритм Чаума, криптосистема XTR та ряд інших.

В багатьох підручниках з алгебри [3] добре описані скінчені елементарні поля F_p характеристики $p > 0$ (p – просте ціле число), що складаються з p елементів. Такі поля можна інтерпретувати, як поля лишків за модулем p .

Складніше будувати скінчені поля, що складаються з p^n елементів. Конструкція таких полів базується на наступних твердженнях, які є наслідком цілого комплексу теорем алгебраїчної теорії скінчених полів.

1. Довільне скінчене поле має характеристику $p > 0$ і складається з p^n елементів.

2. Якщо $f(x)$ – незвідний многочлен n -го степеня, коефіцієнти якого належать полю F_p , а α – його корінь, то $F_{p^n} = F_p(\alpha)$ – це лінійний простір розмірності n над полем F_p з базою $1, \alpha, \alpha^2, \dots, \alpha^{n-1}$, тобто

$$F_{p^n} = \{a_0 + a_1\alpha + a_2\alpha^2 + \dots + a_{n-1}\alpha^{n-1}, f(\alpha) = 0\}, \quad a_i \in F_p, \quad i = \overline{0, n-1}. \quad (1)$$

3. Якщо K – скінчене поле, що складається з p^n елементів, то його мультиплікативна група K^\times – циклічна і породжена деяким елементом ξ , який називається *примітивним елементом* поля K тобто

$$K^\times = \{1, \xi, \xi^2, \dots, \xi^{p^n-1}\}, \quad \xi^{p^n} = 1.$$

Число l примітивних коренів поля K визначене рівністю $l = \varphi(p^n - 1)$, де $\varphi(x)$ – функція Ейлера.

Приклади побудови деяких скінчених полів

Приклад 1. Побудувати поле $F_9 = F_{3^2}$.

Згідно твердження 2 для побудови поля F_9 потрібно знайти незвідний над F_3 многочлен $f(x)$ 2-го степеня. Таким многочленом є, наприклад, многочлен $f(x) = x^2 + 1$. Нехай u – його корінь. Тоді за формулою (1) маємо $F_9 = F_3(u) = \{a_0 + a_1u, a_0, a_1 \in F_3, u^2 = 2\} = \{0, 1, 2, u, 2u, 1+u, 1+2u, 2+u, 2+2u\}$.

Можна перевірити, що одним із примітивних елементів поля є $\xi = 1+u$. Дійсно

$$\begin{aligned}\xi^0 &= 1, & \xi^1 &= 1+u, & \xi^2 &= 1+2u+u^2 = 2u, \\ \xi^3 &= 2u(1+u) = 2u+2u^2 = 2u+1, & \xi^4 &= 4u^2 = 2, & \xi^5 &= 2(u+1) = 2u+2, \\ \xi^6 &= 2(u+1)^2 = u, & \xi^7 &= u(u+1) = 2+u.\end{aligned}$$

Таким чином, степенями ξ вичерпані всі ненульові елементи поля F_9 .

Зауважимо, що поле F_9 має чотири примітивні елементи, бо $\varphi(8) = 4$.

Цими елементами є:

$$\xi = \xi_1 = 1+u, \quad \xi_2 = 1-u = 1+2u, \quad \xi_3 = 2+u, \quad \xi_4 = 2-u = 2+2u.$$

Приклад 2. Побудувати поле $F_{16} = F_{2^4}$.

Використаємо незвідний многочлен 4-го степеня $f(x) = x^4 + x + 1$ над полем F_2 . Нехай α – його корінь. Тоді за формулою (1), маємо $F_{16} = F_2(\alpha) = \{a_0 + a_1\alpha + a_2\alpha^2 + a_3\alpha^3, \alpha^4 + \alpha + 1 = 0\} = \{0, 1, \alpha, 1+\alpha, \alpha^2, 1+\alpha^2, \alpha+\alpha^2\} \cup \{1+\alpha+\alpha^2, \alpha^3, 1+\alpha^3, 1+\alpha+\alpha^3, \alpha^2+\alpha^3, 1+\alpha^2+\alpha^3, \alpha+\alpha^2+\alpha^3, \alpha+\alpha^3, 1+\alpha+\alpha^2+\alpha^3\}$.

Легко перевірити, що один з примітивних елементів поля F_{16} – це $\xi = \alpha$. Іншими примітивними елементами поля є:

$$\alpha^2, 1+\alpha, 1+\alpha^2, 1+\alpha+\alpha^3, \alpha+\alpha^2+\alpha^3, 1+\alpha^2+\alpha^3, 1+\alpha^3, \text{ оскільки } l = \varphi(15) = 8$$

Література

1. Ю.С.Харин, В.И. Берник, Г.В.Матвеев Математические основы криптологии Учебн. Пособие – Мн. БГУ, 1999, 319 с.
2. О.В.Вербіцький Вступ до криптології – Львів. – ВНТЛ. 1998. – 246 с.
3. А.И. Кострикин Введение в алгебру – М.Наука.- 1977. – 492 с.

УДК:615.214.072:340.67

ТОКСИЧНІСТЬ СІРКОВОДНЮ ТА МЕТОДИКИ ЙОГО ВИЯВЛЕННЯ

Порошенко С.С.

Щербина О.М., канд. фарм. наук, доцент кафедри процесів горіння та загальної хімії

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Гідрогенсульфід (сірководень) H_2S є одним з найпоширеніших забруднювачів навколишнього середовища і надзвичайно токсичний.

Сірководень проявляє нейротоксичну дію, обумовлену розвитком гіпоксії, і місцеву подразнюючу дію. Характерне ураження слизової оболонки очей – кон'юнктивіт, страх світла. Рогівка ока покривається точковими поверхневими ерозіями. небезпека отруєння збільшується у зв'язку з втраченою чутливістю під дією H_2S , що зменшує можливість своєчасного виходу працюючих із забрудненої зони. Симптоми інтоксикації: нежить, кашель, подразнення очей, бронхіт, нудота, блювання, збудження. У важких випадках: кома, судоми, токсичний набряк легень. Смерть настає в результаті кисневого голодування, яке викликає блокування дихання. В місцях природних накопичень гідрогенсульфідів виникає ризик для всього населення.

Суміші H_2S з повітрям, що містять від 4 до 40 об.% цього газу, вибухонебезпечні. Балони з H_2S повинні мати біле забарвлення з червоним написом «сірководень», і червоною рисою під написом. При концентрації в повітрі 0,02 - 0,2 мг/л з'являються симптоми інтоксикації. Смертельна концентрація H_2S в повітрі 0,9-1,2 мг/л, ГДК в робочому приміщенні промислового підприємства 10 мг/м³ (0,01мг/л), в повітрі населених місць – 0,008 мг/м³ (максимальна разова).

Перша допомога – доступ свіжого повітря. При ураженні шкіри застосовують пасти, креми, загальноукріплюючі засоби.

гідрогенсульфід є сильним відновником, горить на повітрі синім полум'ям з утворенням, в залежності від температури, сульфур(IV) оксиду або сірки. В аналітичній хімії він використовується як реагент, в медичній практиці – входить до складу лікувальних «сірководневих ванн», в хімічній промисловості – для одержання сірки, сульфатної кислоти, в органічному синтезі.

Так як сульфід-йони належать до відновників, тому вони легко реагують з багатьма окисниками (киснем, галогенами, нітратною кислотою, гідроген пероксидом, калій перманганатом, калій дихроматом та ін.).

Виявлення гідрогенсульфідів згідно літературних даних: сульфідів з солями кадмію дають жовтий осад; з натрій нітрозопентаціаноферрат(II) (натрій нітропрусід) - червоно-фіолетове забарвлення; з плюмбум(II) ацетатом – червоний осад; бромна і йодна вода, калій перманганат під дією H_2S знебарвлюються; калій дихромат з оранжевого кольору переходить в зелений.

Нами опрацьована методика виявлення сульфід-іонів крапельним шляхом, по реакції з диметилпара-фенілендіаміном $\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{N}(\text{CH}_3)_2$ в присутності FeCl_3 . Для цього в пробірку вносять 2 краплі розчину натрій сульфід, 10 мл води, 5 крапель концентрованої хлоридної кислоти і декілька кристалів реагенту, перемішують і прибавляють 2 краплі 0,1н. розчину ферум(III) хлориду, з'являється інтенсивне синє забарвлення. Більш доступним і не менш чутливим є реактив пара-фенілендіамін $\text{H}_2\text{N}\cdot\text{C}_6\text{H}_4\cdot\text{NH}_2$. Методика виявлення аналогічна, тільки з'являється фіолетове забарвлення.

Опрацьована методика розділення і виявлення сульфід- і тіціанат-іонів методом іонообмінної хроматографії. На дно хроматографічної скляної колонки поміщають ватний тампон і заповнюють сухим сорбентом (алюміній оксид) на $\frac{1}{2}$ висоти. Готують суміш, що складається з двох 0,25 н. розчинів натрій сульфід і натрій тіціанату в рівних об'ємах (по 2 мл). За допомогою піпетки вносять в колонку 10 крапель суміші. Хроматограму промивають 5 краплями води. Після повного вбирання розчинів сорбентом в колонку вносять проявник – 5 крапель розчину ферум(III) нітрату. При цьому зверху утворюється темно червона зона ферум(III) тіціанату, внизу чорна зона ферум(III) сульфід.

Для виявлення сірководню в повітрі відбирали 20 л повітря за допомогою аспіратора (5 паралельних проб). Далі з аспіратора шприцом набирали 10 мл повітря, випускали через гумовий корок в колбу, в середині якої знаходились смужки фільтрувального паперу, змоченого розчину плюмбум(II) ацетату. При наявності сірководню утворюється плюмбум сульфід, внаслідок чого папір чорніє. Також дуже доказовою є реакція з розчином срібла нітрату. При цьому в колбу з парами сірководню дають 2 мл концентрованого розчину срібла нітрату, якщо H_2S присутній, то утворюється бурий осад Ag_2S . Можна в розчин срібла нітрату пропускати сірководень - утвориться чорний осад.

Аналіз одержаної інформації дає можливість зробити висновок, що гідрогенсульфід є токсичною речовиною, забруднює довкілля і викликає важкі захворювання. Для його швидкого виявлення необхідно використовувати наведені методики і реакції, які є доступними для любой лабораторії.

УДК 53.082.5

КОРИФЕЙ НОВІТНЬОЇ ФІЗИЧНОЇ ОПТИКИ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ ОЛЕКСАНДР СМАКУЛА

Смакула І. І.

Ярицька Л.І., канд. фіз-мат. наук, доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Олександр Теодорович Смакула – відомий науковець, який увійшов в історію фізики завдяки відкриттю явища просвітлення оптики. Народився в селі Добриводи на Тернопільщині у вересні 1900 року. У 1922 р. закінчив з відзнакою Тернопільську гімназію і був прийнятий в Геттінгенський університет. Згодом склав докторські іспити і захистив вчене звання доктора філософії. Восени 1934 р. О. Смакула починає працювати у відомій фірмі «Карл Цейс» в німецькому місті Єна. У 30-40-х роках інтереси О. Смакули були зосереджені навколо проблеми оптики і спектроскопії кристалів. У 1935 році він робить відкриття, на яке отримав патент Німеччини: спосіб покращення оптичних приладів, що отримав назву «просвітлення оптики». Домогтися ахроматичного просвітлення в широкій ділянці спектра, та ще й за умови різних кутів падіння світлових променів – це складна багатопараметрична задача. Адже для цього потрібні багат шарові тонкоплівкові покриття з нанесенням шарів змінної товщини. Суть цього способу полягає в зменшенні відбиття світла, що суттєво покращує яскравість і якість оптичних зображень. Так, при показнику заломлення скла $n_{\text{ск}} = 1.5$ втрати при відбиванні світла становлять 4% при перпендикулярному падінні світла на одну плоску поверхню. Оскільки в складних оптичних приладах таких поверхонь буває досить багато, то й втрати на відбивання світла можуть бути дуже великими. Наприклад, при 10 поверхнях $n_{\text{ск}} = 1.5$ вони складають 40%, а при 30 поверхнях вже 80%. Реальні втрати можуть бути ще більшими, оскільки світлові промені падають, як правило, на поверхні під кутами падіння, відмінними від нуля, тобто не перпендикулярно відбиваючій поверхні.

О. Смакула, розглядаючи умови інтерференції, які призводять до гасіння відбитих від різних поверхонь світлових променів, довів, що гасіння двох хвиль відбувається тоді, коли амплітуди хвиль однакові (умова амплітуд) і коли ці хвилі мають різницю ходу $\lambda/2$ або різницю фаз, що дорівнює π (умова фаз). Умова амплітуд буде виконана, якщо показник заломлення прозорої плівки $n_{\text{плл}}$ буде пов'язаний з показником заломлення скляної поверхні простим співвідношенням: $n_{\text{плл}} = \sqrt{n_{\text{ск}}}$.

Друга умова – умова фаз – буде виконана, якщо оптична товщина плівки, тобто добуток її показника заломлення $n_{\text{плл}}$ на геометричну товщину, і $d_{\text{плл}}$ буде задовольняти такій умові:

$$n_{\text{плл}} d_{\text{плл}} = (2k + 1) \frac{\lambda}{4}, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

Вже попередні дослідження показали, що поряд із показником заломлення суттєвий вплив на зменшення відбивання має товщина шару і що йдеться про явище інтерференції. Дотримання товщини шару досягається

шляхом випаровування певної кількості речовини. Безпосередній контроль за виготовленням плівки здійснюють шляхом візуального порівняння кольору світла, відбитого від плівки та від еталонних скляних зразків. Рівномірність товщини шару на всі оптичні поверхні досягаються шляхом особливого розміщення просвітлюваних оптичних елементів відносно випаровувачів. Особливих зусиль вимагають малі, сильно випуклі поверхні лінз у мікроскопі.

Для серійного виробництва елементів з просвітленою оптикою треба було розробити високопродуктивне обладнання, яке було б простим в експлуатації, але працювало б надійно і швидко. Були сконструйовані подвійні вакуумні установки, два скляні ковпаки, які були вміщені в одній відкачній системі. Той час, коли з одного скляного ковпака відкачується повітря, інший може наповнюватися оптичними елементами. За допомогою цієї установки можна було здійснювати щопівгодини нове нанесення плівок.

Оскільки оптичні лінзи є основним елементом різних приладів — мікроскопів, фотоапаратів, телескопів, перископів, стереотруб, біноклів, різних оптичних пристроїв до стрілецької зброї тощо — це відкриття стало великим здобутком, яким користується все людство дотепер, як на Землі, так і в космосі для фотографування Землі та інших планет. Винаходи і розробки професора Смакули з просвітлення оптики увійшли в історію фізики. Це золота сторінка в історії фотографічної, кінематичної та іншої відеотехніки. Цей здобуток нашого вченого відносять до найважливіших винаходів ХХ століття поряд з винаходами транзистора, лазера, інтегральної схеми.

Наприкінці війни американська розвідка викрала Смакулу в німців і відвезла цінного вченого до США, де він продовжував працювати у військово-промисловому комплексі, зокрема, над матеріалами, пов'язаними із інфрачервоним випромінюванням. Тривалий час Смакула був професором Массачусетського технологічного інституту, де заснував і очолив лабораторію фізики кристалів, успішно займався розв'язанням найактуальніших проблем електроніки, дослідженням технології і властивостей оптичних матеріалів і пристроїв, ферромагнітних і п'єзоелектричних матеріалів, лазерів на рідкоземельних елементах тощо. Олександр Смакула — автор десятків наукових праць німецькою, англійською, російською мовами, а також монографії «Монокристали: вирощування, виготовлення і застосування» обсягом понад 500 сторінок, що вийшла 1962 р. в Берліні. Цінність цієї книги не втрачена й сьогодні, особливо як посібник для студентів і молодих науковців. В ній Смакула висвітлює структуру й побудову монокристалів, методи їх вирощування, застосування в оптиці, рентгенології, напівпровідниках, мазерах (посилувач енергії в мікрохвильному режимі), детекторах енергії й випромінювання, а також методи випаровування штучних каменів, які використовуються в ювелірній практиці.

Отже, Олександр Теодорович Смакула, попри всілякі утиски сталінської і гітлерівської влади, зумів показати світу, що в такі часи можливо робити відкриття, які заслуговують Нобелівської премії. Вчений, хоч і далеко був від рідного дому, але ніколи не забував Україну. Востаннє на Батьківщину він приїжджав у 1972 р. після конференції у Вірменії. Тоді вчений наче прощався з рідною землею, з Тернопільщиною, Смакуловою го-

рою, з близькими і друзями юності. Олександр Смакула помер 17 травня 1983 р. в Америці, похований в м. Обрун (США).

Література

1. Козирський В. Олександр Смакула — автор відкриття століття: (до 100-річчя від дня народження.) / В. Козирський, В. Шендеровський // Фізика.- 2000. – № 26. – С. 5, 8.
2. Довгий Я. Олександр Смакула: повернення на рідну землю // Світ фізики. – 2000. – №3. – С. 11-21.
3. Кияк Б. Смакулова гора // Світ фізики. – 2000. – № 1. – С. 20-22.

УДК 539.213.2:535.8

ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З РЕЧОВИНОЮ

Шевченко Є.

**Балицька В.О., канд. фіз.-мат. наук, доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності**

Найбільш розповсюдженими серед іонізуючих випромінювань є фотони рентгенівських і гама-променів, які взаємодіють з середовищем найбільш складним чином. Розрізняють три характерних процеси такої взаємодії, ймовірності яких залежать як від заряду атомів, так і від енергії електромагнітного випромінювання.

Першим з цих процесів є фотоэффект, який полягає в тому, що фотон з енергією $h\nu$, (як правило, меншою за 0,3 МеВ) вибиває електрон з оболонки, що супроводжується утворенням одного або декількох фотонів характеристичного випромінювання.

Другий ефект – комптон-ефект характерний для γ -квантів з енергіями порядку 1 МеВ, за якого відбувається випромінювання збудження атомних ядер, що призводить до процесів радіоактивного розпаду, штучної радіоактивності та поділу тяжких ядер. Володіючи відносно високою енергією, фотони цього діапазону зазнають пружного розсіювання на зовнішніх електронах атомів.

І третій ефект – ефект утворення пар, який має пороговий ефект і спостерігається за енергій менших 1,022 МеВ (чисельне значення енергії становить mc^2).

В результаті кожного з трьох ефектів взаємодії випромінювання з речовиною виникає велика кількість високошвидкісних електронів, значна частина яких володіє енергією достатньою для іонізації атомів речовини. Енергія, що поглинається при цьому опромінювальним середовищем, визначає радіаційний ефект. Перша характеристика радіаційного ефекту – експозиційна доза (кількісна характеристика поля іонізуючого випромінювання, одиниця вимірювання рентген). В дозиметрії застосовується правило: доза 1 рентген накописується за 1 годину на віддалі 1 м від джерела радіо масою 1 г.

Інша характеристика – поглинута доза (кількість енергії, поглинутої одиницею маси речовини, одиниця вимірювання рад). Між поглинутою дозою і радіаційним ефектом існує прямо пропорційна залежність. Приклад – почорніння рентгеновської плівки: по степені почорніння рентгеновської плівки можна визначити дозу її опромінення. На цьому принципі ґрунтується робота фотодозиметрів (над кишеньким персоналу АЕС є чорний прямокутник – індивідуальний фотодозиметр). Слід відмітити, що визначити з малою похибкою дозу опромінення можна тільки на лінійній ділянці залежності «доза – іонізаційний ефект», а у випадку високих, аварійних доз опромінення, через насичення фотоемульсії, можна недооцінити і занижити фактичну дозу опромінення, тому мінімальне значення дози, вимірюваної фотометодом становить 0,1 – 0,2 рентген.

Область застосування застосування фотометоду визначається не тільки діапазоном вимірювальних доз, але і енергією випромінювання, проте цей метод застосовують тільки для енергії квантів до 200 кеВ.

Дія іонізуючого випромінювання на живий організм виявилася складнішою, ніж наслідки опромінення простих чи навіть більш складних неживих речовин. Наприклад, вияснилося, що у значній кількості фізиків, які проводили дослідження на циклотронах виявлено професійне помутніння хрусталика ока – променеві катаракти, зумовлені поглинутими дозами, які не перевищували допустимого. Тому було зроблено висновок про те, що опромінення залежить не тільки від поглинутої дози, але і від лінійної густини енергії, тобто кількості пар іонів, що утворюються на одиниці шляху. Для кількісної оцінки цього впливу було введено поняття коефіцієнта відносно біологічної ефективності (коефіцієнт якості) – число, яке дорівнює відношенню поглинутої дози еталонного випромінювання до дози досліджуваного випромінювання, що викликає той самий біологічний ефект.

Досліди показали, що доза, за якої катаракти розвиваються за дії γ -випромінювання становить приблизно 200 рад, а при дії швидких нейтронів приблизно 20 рад, тому в радіаційній дозиметрії з'явилося нове поняття – еквівалентна доза (одиниця вимірювання бер) – доза помножена на коефіцієнт якості. Радіаційну небезпеку зручно оцінювати по активності. За активністю джерела, можна розрахувати потужність експозиційної дози на різних віддалях від нього і так визначити допустимий час перебування в цьому полі.

Експозиційна доза характеризує поле випромінювання за його іонізуючої здатності, котра обумовлена характером радіоактивної речовини чи іншого джерела іонізуючого випромінювання. Для переходу в розрахунках від експозиційної дози (характеристика поля) до поглинутої дози (характеристика взаємодії поля і опромінювального середовища) необхідно знати властивості цього середовища. За однієї і тої ж експозиційної дози у воді буде передана менша енергія, ніж речовині, що складається із тяжких елементів періодичної таблиці. Поглинута доза характеризує радіаційний ефект для всіх видів фізичних і хімічних тіл, крім живих організмів. Для оцінки дії опромінення на живі організми використовується еквівалентна доза опромінення. В простих випадках допустимо використання експозиційної і поглинутої дози. Для суміші випромінювань при зовнішньому а особливо при внутрішньому опроміненні використання еквівалентної дози дозволяє уникати помилок в оцінці степені радіаційної небезпеки опромінення.