

УДК 514.18

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОФІЛЮ ВІДБИВАЧА ПОЖЕЖНОГО СПОВІЩУВАЧА ДИМУ

Шевченко С.М.

Національний університет цивільного захисту України (м. Харків),
Адашевська І.Ю., к.т.н.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут» (Україна)

Розглянуто спосіб розрахунку відбивачів пожежних сповіщувачів диму, профіль чутливих елементів яких визначається фокальною лінією неточкового приймача променів.

Ключові слова: сповіщувач диму, наноконпозиційні матеріали, відбивальна система, фокальна лінія.

Постановка проблеми. Детекторні сповіщувачі диму бувають фото-електричні й іонізуючі. Під час роботи з оптичної частини сповіщувача виходить промінь, який допомагає визначити [1] кількість диму в повітрі (рис. 1). Сучасні розробки сповіщувачів диму використовують наноконпозиційні матеріали, що визначають основу нового типу хімічних сенсорів «електронний ніс» [2]. Принцип дії наносенсорних чутливих датчиків заснований на зміні електропровідності наноконпозиційної плівки під дією парів різних речовин (рис. 2).

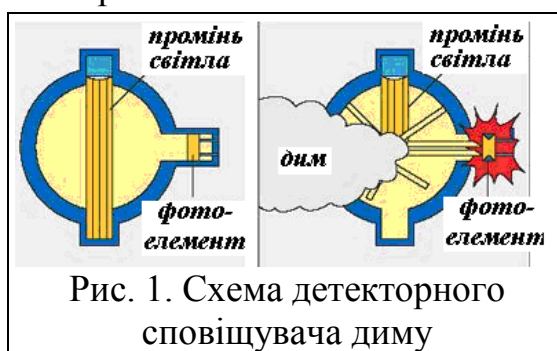


Рис. 1. Схема детекторного сповіщувача диму

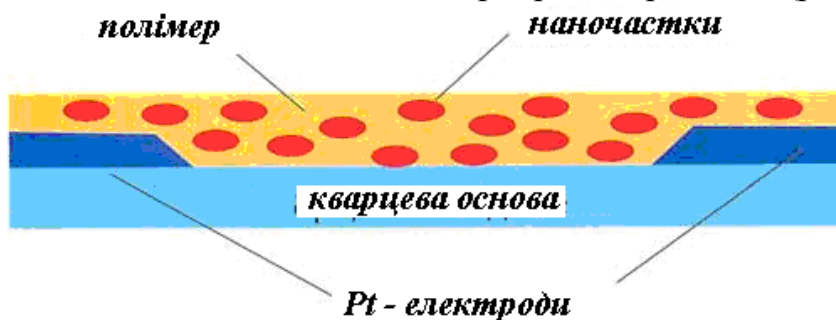


Рис. 2. Схема чутливої частини сповіщувача диму

Для підвищення ефективності дії сповіщувачів диму з наноконпозиційними матеріалами доцільно доповнити їх конструкції

пристроями для концентрування часток диму на чутливій поверхні наносенсорного датчика. На рис. 3 наведено можливу схему наносенсорного сповіщувача диму. Його дія полягає у такому.

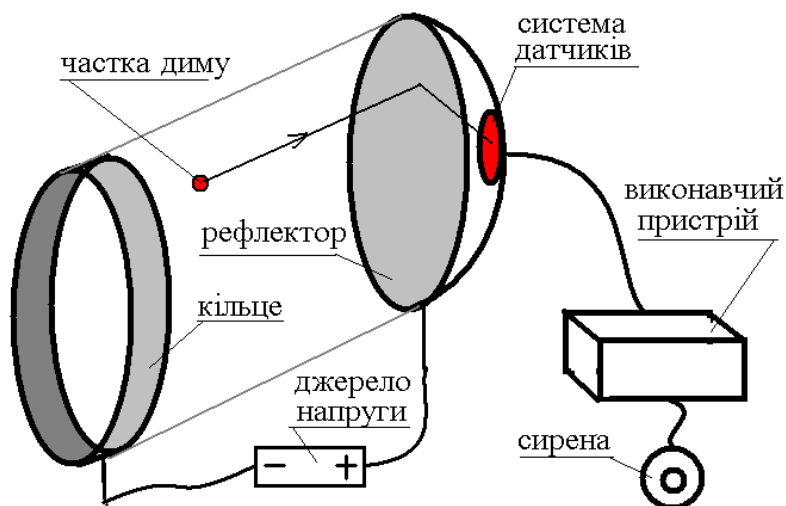


Рис. 3. Запропонована схема наносенсорного сповіщувача диму

Частка диму (розміром 5 – 10 мкм [3, 4]) розганяється в електричному полі, створеного різницею потенціалів між кільцем і відбивачем (діаметр кільця 50 – 70 мкм). Після механічного відбиття частка попадає до системи датчиків і реєструється виконавчим пристроєм. Звідси слідує актуальність геометричної проблеми – розрахувати форму відбивача так, щоб спрямований на неї паралельний потік часток диму сконцентрувався на активній поверхні датчика наперед обраної форми. Враховуючи, що відбивачем планується обирати поверхню обертання, то далі розглядається хід променів (траєкторій руху частки) у осевому перетині цієї поверхні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [5,6] наведено метод розрахунку відбивача шляхом складання диференціальних рівнянь, розв'язком яких буде опис відбивача з неточковими фокусами.

Оберемо на площині Oxy дугу фокальної лінії $x_s = X(t)$; $y_s = Y(t)$ (наприклад, фрагмент дуги еліпса), де параметр t змінюється у межах $t_1 \leq t \leq t_2$. Нехай джерелом променів є кожна з точок $\{S\}$ фокальної лінії. У роботі [7] наведено спосіб визначення форми такої кривої (квазіпараболи), для якої відбиті від неї промені „розташуються” паралельно у напрямі осі Ox . При цьому кожній точці фокальної лінії повинна відповідати точка на квазіпараболі. Для цього шукану відбивальну криву необхідно описати рівнянням $y = f(x)$. Позначимо через $S(x_s, y_s)$ точку джерела променів, через $Q(x_Q, y_Q)$ –

точку уявного джерела променів, що відповідає точці $M(x, y)$ падіння променя, а через $T(x_T, y_T)$ – деяку точку на відбитому промені.

Для складання диференціального рівняння відносно функції $f(x)$, було використано рівняння ортотоміки [8]:

$$x_Q(x) = \frac{(2x - x_S) \left(\frac{df}{dx} \right)^2 - 2(f - y_S) \frac{df}{dx} + x_S}{1 + \left(\frac{df}{dx} \right)^2}; \quad (1)$$

$$y_Q(x) = \frac{y_S \left(\frac{df}{dx} \right)^2 - 2(x - x_S) \frac{df}{dx} - y_S + 2f}{1 + \left(\frac{df}{dx} \right)^2}.$$

Розглянемо відрізок QT прямої, що проходить через точку падіння променя $M(x, f(x))$, їй відповідну точку $Q(x_Q, y_Q)$ на ортотоміці, та точку $T(x_T, y_T)$ на відбитому промені. Маємо рівняння відрізка QT :

$$(x_T - x_Q)(f(x) - y_Q) - (y_T - y_Q)(x - x_Q) = 0, \quad (2)$$

де значення x_Q і y_Q задано виразами (1). Вилучимо з (2) похідну:

$$\frac{df}{dx} = \frac{U + \sqrt{W}}{V}, \quad (3)$$

де

$$\begin{aligned} U &= x^2 - f^2 - x x_T + y_T f + x_T x_S - y_T y_S + y_S f - x x_S; \\ V &= x_T f + x_S f - y_T x_S + x y_S - 2x f - x_T y_S + x y_T; \\ W &= \left((y_T - f)^2 + (y_T - x)^2 \right) \left((x - x_S)^2 + (f - y_S)^2 \right). \end{aligned}$$

Вираз (3) буде саме тим диференціальним рівнянням, що допоможе знайти функцію $y = f(x)$.

Формулювання цілей статті. Навести спосіб розрахунку відбивачів пожежних сповіщувачів диму, профіль чутливих елементів яких визначається фокальною лінією неточкового приймача променів.

Основна частина. З диференціального рівняння (3) можна знайти функцію $y = f(x)$, графік якої збігається з профілем відбивача, для якого промінь, що вийшов з точки $S(x_S, y_S)$, після відбиття від знайденого графіка має досягти точки $T(x_T, y_T)$. Так як формула є «симетричною» відносно координат точок S і T , то має місце і «обернене» твердження: промінь, який вийшов з точки $T(x_T, y_T)$, після відбиття від знайденого графіка досягне точки $S(x_S, y_S)$.

У роботі [3] запропоновано визначення квазіпараболи – як кривої, яка за оптичними властивостями подібна традиційній

параболі, але фокус якої буде не точковим, а розосередженим вздовж фокальної лінії. Для складання диференціального рівняння квазіпараболи необхідно у рівнянні (3) врахувати, що при $x_T = 0$ $y_T \rightarrow \infty$. В результаті граничного переходу одержимо рівняння

$$\frac{df(x)}{dx} = \frac{f(x) - y_S + \sqrt{(x - x_S)^2 + (f(x) - y_S)^2}}{x - x_S}. \quad (4)$$

За умови $t_1 \leq t \leq t_2$ кожній точці $A(x, f(x))$ квазіпараболи відповідатимуть точки фокальної лінії

$$x_S = \varphi\left(t_2 - \frac{(t_2 - t_1)(b - x)}{b - a}\right); \quad y_S = \psi\left(t_2 - \frac{(t_2 - t_1)(b - x)}{b - a}\right). \quad (5)$$

Для «прив'язки» точки $S(x_S, y_S)$ до дуги „фокальної” лінії достатньо врахувати її опис $x_S = \varphi(t)$; $y_S = \psi(t)$, де t змінюється у межах $t_1 \leq t \leq t_2$, а також те, що при цьому головним керуючим параметром буде x з інтервалу $[a \leq x \leq b]$. Співставити змінній x відповідність точки дуги фокальної лінії можна за формулою:

$t = t_2 - \frac{(t_2 - t_1)(b - x)}{b - a}$. Тоді, коли змінна x пробігатиме точки інтервалу

$[a \dots b]$, то точка $S(x_S, y_S)$ пробігатиме відповідні точки дуги фокальної кривої. Якщо джерело променів розташоване у точці $T(x_T; y_T)$, то з рівняння (3) можна знайти опис $y = f(x)$ відбивальної кривої, яка б проходила через точку $K(x_K; y_K)$ так, щоб відбиті від неї промені перетнули всі точки кривої (5) за умови $a \leq x \leq b$. Координати точки $K(x_K; y_K)$ визначатимуть початкові умови розв'язання рівняння (4).

В якості прикладу розглянемо на площині Oxy фокальну криву з рівнянням $x = x_0 + c \cos t$; $y = y_0 + d \sin t$, де параметр t змінюється у межах $t_1 \leq t \leq t_2$. Прив'язку до фокальної кривої здійснимо виразами

$$x_S = x_0 + c \cos(t); \quad y_S = y_0 + d \sin(t), \quad \text{де } t = t_2 - \frac{(t_2 - t_1)(b - x)}{b - a}.$$

В наведених далі прикладах вважається, що падаючі промені будуть паралельними, і направлені «назустріч» осі Ox (на рисунках не показано).

Приклад 1. Нехай профіль чутливого елемента має вигляд відрізка. На рис. 4 наведено варіант розрахунків для параметрів:

a = -66; b = 45; x_k = 40; y_k = 100; t₁ = -π; t₂ = 0; c = 0,1; d = -60; x₀ = -40; y₀ = 0. Зображено відбивальну криву на полі ізоклін (a), а також сім'ю променів, що нею відбиті на чутливий датчик (b).

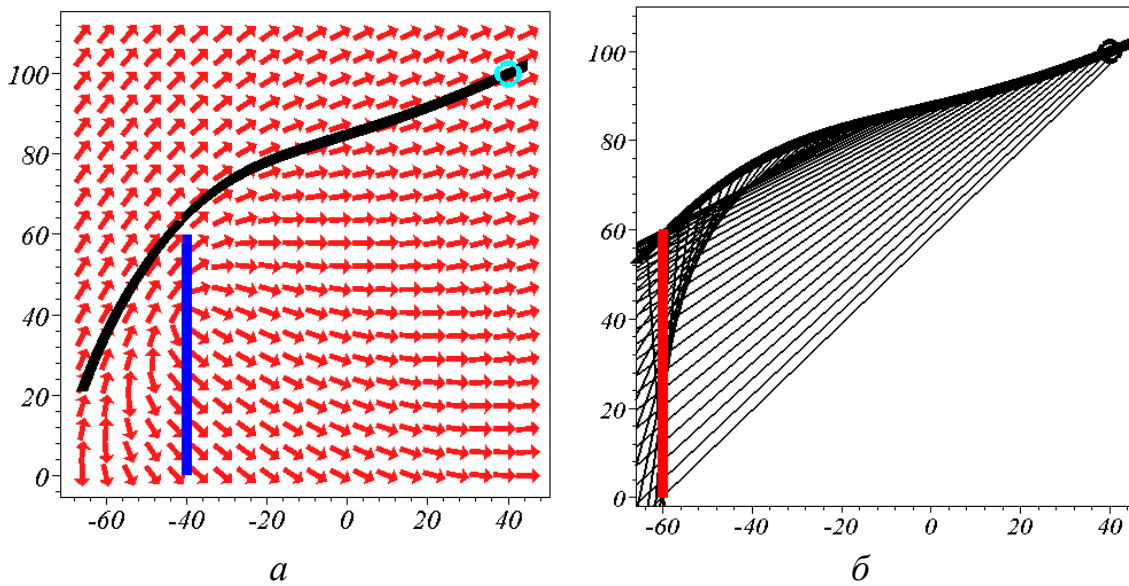


Рис. 4. Поле ізоклін і відбивальна крива (а),
та сім'я відбитих від неї променів (б)

Приклад 2. Нехай профіль чутливого елементу має вигляд півкола. На рис. 5 наведено варіант розрахунків для параметрів: $a = -66$; $b = 44$; $x_k = 40$; $y_k = 100$; $t_1 = -\pi$; $t_2 = 0$; $c = 40$; $d = -40$; $x_0 = -40$; $y_0 = 0$. Зображено відбивальну криву на полі ізоклін (а), а також промені (б), що нею відбиті на півколо (чутливий датчик).

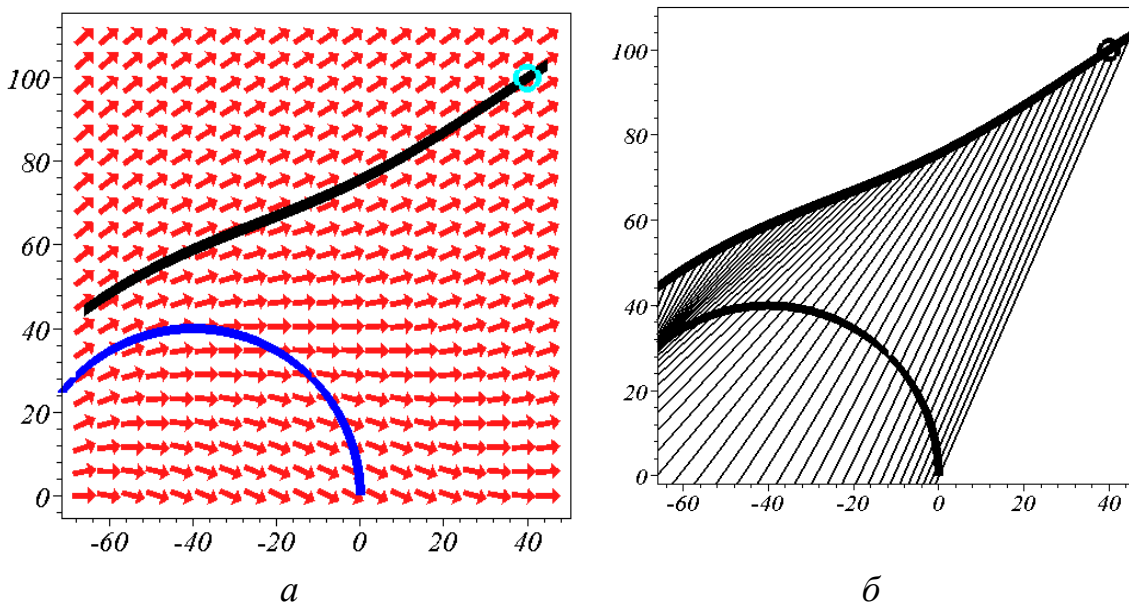


Рис. 5. Поле ізоклін і відбивальна крива (а),
та сім'я відбитих від неї променів (б)

Приклад 3. Нехай профіль активного елементу має вигляд «півкаплі». На рис. 6 наведено варіант розрахунків для параметрів: $a = -40$; $b = 45$; $x_k = 40$; $y_k = 100$; $t_1 = -\pi$; $t_2 = 0$; $c = -40$; $d = 40$;

$x_0 = 20$; $y_0 = 0$. Зображено відбивальну криву на полі ізоклін (*a*), а також сім'ю променів (*б*), що відбиті на чутливий датчик.

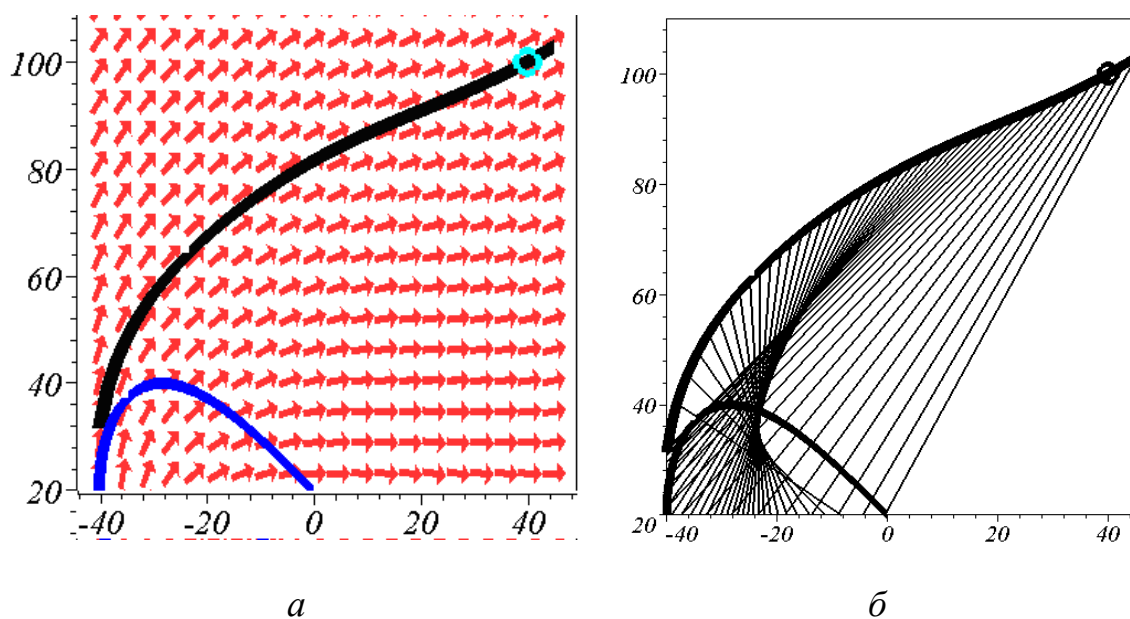


Рис. 6. Поле ізоклін і відбивальна крива (*a*), та сім'я відбитих від неї променів (*б*)

Висновки. Диференціальне рівняння (4) дозволяє визначити криву, здатну відбити направлені на неї паралельні промені так, що відбиті промені досягнуть фокальної лінії обраної форми. Рівняння (4) можна використати при розрахунку відбивачів пожежних сповіщувачів диму, чутливий профіль з нанокмпозиційного матеріалу якого визначається фокальною лінією неточкового приймача променів, а також при проектуванні освітлювальних приладів з врахуванням геометричної форми балонів криптонових ламп як джерел світла (за умови врахування перебігу променів у зворотному напрямку).

Література

1. Макаров Д. Детекторы дыма / Д. Макаров // [Электронный ресурс]. Сайт «Автоматизация и электрика». Режим доступа: <http://www.asutpp.ru/datchiki/datchik-pozharnej-signalizacii.html>.
1. Яблоков М. Комбинированный пожарный извещатель для сверххранного обнаружения очагов возгорания / М. Яблоков // [Электронный ресурс]. Сайт «Магазин систем видеонаблюдения CCTVPRO». Режим доступа: <http://house-control.org.ua/article/3500/m--yablokov--kombinirovannyy-pojarnyy-izveshatel-dlya-sverhhrannogo-obnaruzheniya-ochagov-vozhgoraniya-/>.
2. Зайцев А.В. Размеры частиц дыма и корректность проведения огневых испытаний пожарных извещателей / А.В. Зайцев //

- [Електронний ресурс]. Журнал «Алгоритм безпеки» – №3, 2014. Режим доступу: <http://avtoritet.net/library/press/245/9061/articles/10458>.
3. Зайцев А. В. Чувствительность пожарных извещателей к различным типам дыма // А.В.Зайцев / Журнал «Алгоритм безопасности» – №3, 2012. Режим доступу: <http://avtoritet.net/library/press/245/9061/articles/10458>.
 4. Сітабдієва О.Л. Геометричне моделювання квазіеліпсоїдів з неточковими фокусами // О.Л.Сітабдієва / Геометричне та комп'ютерне моделювання. – Харків: ХДУХТ, 2005. – Вип. 9. – С. 122-127.
 5. Куценко Л.М. Квазіпарабола з неточковими фокусом як основа відбивача освітлювального приладу // Л.М.Куценко, А.Ф. Сухобоков / Прикладна геометрія та інженерна графіка. – Київ: КНУБА, 2005.– Вип. 75. – С.58-64.
 6. Підгорний О.Л. Опис подери, ортотоміки і катакаустики як елементів відбивальної системи // О.Л.Підгорний, Л.М.Куценко / Труды / Таврическая гос. агротехн. академия. – Мелитополь: ТГАТА, 1999. – Вып. 4, том 10. – С. 14 - 18.
 7. Ушаков Л.В. Проектування відбивача освітлювального приладу на основі квазіпараболи з неточковим фокусом // Л.В.Ушаков / Прикладна геометрія та інженерна графіка – Київ: КНУБА, 2006. – Вип. 76. – С. 137-142.

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ОТРАЖАТЕЛЯ ПОЖАРНОГО ИЗВЕЩЕТЕЛЯ ДЫМА

Шевченко С.Н., Адашевская И.Ю.

Рассмотрен способ расчета отражателей пожарных извещателей дыма, профиль чувствительных элементов которых определяется фокальной линией неточечного приемника лучей.

Ключевые слова: извещатель дыма, нанокмпозиционные материалы, отражательная система, фокальная линия.

GEOMETRICAL MODEL OPERATION OF THE PROFILE REFLECTOR OF THE FIREFIGHTER IZVESHCHETEL OF SMOKE

Shevchenko S., Adashevskaya I.

The way of calculation of reflectors of fire announcers of smoke whose profile of sensing devices is defined by the focal line of not dot receiver of beams is considered.

Keywords: the announcer of smoke, nanokompozitsonny materials, reflective system, the focal line.