

УДК. 614.8.

*А.І. Ісмагілов,
І.Н. Ісмагілов*

ДЕЯКІ ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПЛЕКСУ СИСТЕМИ РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

Розвинені у промисловому відношенні держави, у тому числі і Україна, мають у межах своїх територій велику кількість промислових та інших об'єктів, які за особливістю функціонування та технологій несуть велику небезпеку населенню та територіям власних держав, суміжних країн, а враховуючи наслідки Чорнобильської катастрофи 1986 р., і усій планеті [1].

До таких об'єктів, в першу чергу, треба віднести об'єкти ядерної енергетики, хімічно та біологічно небезпечні об'єкти. Враховуючи, що держави, крім факторів технологічної небезпеки, мають на озброєнні своїх армій засоби ядерного, хімічного та біологічного ураження існує визначена вірогідність забруднення великих територій високотоксичними небезпечними речовинами внаслідок аварій, катастроф, а також при розгортанні конфліктних ситуацій з застосуванням засобів збройної боротьби.

У цих умовах з метою своєчасного виявлення радіоактивного, хімічного та біологічного забруднення територій та населення, повинно організовуватись радіаційне та хімічне спостереження [2], а для запобігання опромінення та ураження сильнодіючими отруйними та іншими небезпечними речовинами необхідно систему раннього виявлення надзвичайних ситуацій [3].

Мета статті: запропонувати системний підхід до розробки єдиної системи забезпечення безпеки інфраструктури об'єкта, який дозволить знизити фінансові витрати на проектування, виготовлення і експлуатацію за рахунок виключення дублювання різновидів систем безпеки.

Комплекс систем виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій, а також виявлення таких ситуацій та оповіщення працюючого персоналу і населення, яке проживає або знаходиться в прогнозованих

зонах ураження небезпечними чинниками потенційно небезпечних об'єктів складається з таких складових частин:

- система раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій;
- система виявлення надзвичайних ситуацій;
- система оповіщення керівного складу та працюючого персоналу потенційно-небезпечних об'єктів про загрозу чи виникнення надзвичайних ситуацій;
- система оповіщення відповідальних посадових осіб територіальних органів Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи (далі — МНС) та цивільного захисту населення і цивільної оборони, органів виконавчої влади;
- пульти централізованого моніторингу;
- пульти централізованого спостереження;
- система оповіщення населення, що проживає або знаходиться в прогнозованих зонах ураження небезпечними чинниками потенційно небезпечних об'єктів [4].

Концептуальна розробка єдиної системи дистанційного контролю доступу, пожежного та екологічного стану на території об'єкта

Розробка радіометричного способу дистанційного контролю доступу (виявлення та реагування на несанкціоноване проникнення на територію, що знаходиться під контролем і захистом), сигналізацію про осередки загорянь і пожежну ситуацію та моніторингу забруднення повітря відпрацьованими і іншими газами [5].

На даний час проблему безпеки на території об'єкта прийнято розглядати за її окремим напрямленням (або видам): технічна, охоронна, пожежна, інформаційна, радіаційна, хімічна, екологічна тощо. Єдина си-

стема контролю побудована за ієархічним принципом, де на нижньому рівні використається радіометричний метод виявлення несанкціонованих порушень, осередків пожеж та шкідливих викидів у повітря.

Унікально широкий діапазон можливостей перебудови довжини хвилі, активний, пасивний та активно-пасивний режим роботи, НВЧ-радіометр, незалежність його показань від погодних умов (туман, хмарність, випадки), умов освітлення, часу доби (день, ніч) може зробити радіометричний метод дуже перспективним з погляду дистанційного зондування і контролю території об'єкта.

З іншого боку, висока питома і повна потужність сучасних РЛС, що працюють у широкому спектральному діапазоні, детально пророблення фізичних принципів їхньої роботи і розмаїтість конкретних НВЧ-радіометрів, які випускаються (у тому числі і серійно), дозволить створити єдину систему безпеки.

Фізичні основи роботи радіометричного пристрою. Для контролю пожежонебезпечної обстановки використовується вимірювання радіояскравісної температури за допомогою закону Релея-Джинса:

$$\Pi_f = \frac{2\pi K T_a}{\lambda_u^2}, \left(\frac{Bm}{m^2 \cdot G_u} \right) \quad (1)$$

де: $K=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К — стала Больцмана; T_a — радіояскрава температура, К; λ_u — довжина хвилі випромінювання коливань і коливань, на яких здійснюється прийом радіо теплового випромінювання, м.

Потужність випромінюючих радіохвиль буде дорівнювати:

$$P = \frac{2\pi K}{\lambda_u^2} T_a \Delta f S, \quad (Bm), \quad (2)$$

де Δf — смуга високочастотної частини приймача;

S — площа випромінюючого середовища (осередку пожежі).

Порогів контраст температур, що виявляється із заданою вірогідністю, визначається за формулою:

$$\Delta T_{nop} = \frac{T_n [\Phi^{-1}(1 - P_{nm}) + \Phi^{-1}(1 - P_{nc})]}{0,7 \sqrt{\frac{\Delta t}{\Delta F}}}, \quad (K), \quad (3)$$

де Φ^{-1} — інтеграл імовірності;

P_{pt} — імовірність хибної тривоги;

P_{pc} — $1 - P_{po}$;

P_{po} — імовірність виявлення осередку загоряння;

T_n — повне зниження температури джерела випромінювання з урахуванням температури приймача;

ΔF — смуга фазоперетворювача низької частоти (ФНЧ).

Умова виявлення вогнища загоряння:

$$\Delta T \geq \frac{\Delta T_{nop} \Omega_A}{\Omega_y}, \quad (K), \quad (4)$$

де $\Omega_A = 4\pi / G_\Pi$ — ширина головної спрямованої дії приймальної системи;

G_Π — коефіцієнт спрямованої дії системи;

$\Omega_y = S_y / D^2$ — кутовий розмір осередку загоряння;

де S_y — площа пожежі; D — шлях до вогнища пожежі.

Дальність дії НВЧ-радіометра:

$$L_{max} = \sqrt{\frac{S_y G_\Pi}{4\pi D T_{nop}}}, \quad (km), \quad (5)$$

Виходячи з основної формули радіолокації й з огляду на ослаблення потоку випромінювання за рахунок його поглинання у повітрі й у газовому (димовому) середовищі, можна записати:

$$M(f, \phi) = X_a (L - d) + \int_0^d X(t, x) dx, \quad (6)$$

де M — коефіцієнт поглинання, який має функцію виду:

$$M(t, \phi) = \ln \left(\frac{\sqrt{G_0 S_0 S P_0}}{4\pi D^2 \sqrt{P}} \right) \quad (7)$$

де f — частота випромінювання;

X, X_0 — коефіцієнти поглинання атмосфери та газу (забруднювача);

P_0 — потужність випромінювання;

P — потужність відбитого сигналу на вході приймача;

S — ефективна площа розсіювання реперу;

S_0, G_0 — ефективна площа та коефіцієнт спрямованої дії антени, що передає;

L — шлях НВЧ-радіометра — репер;

D — товща шару газового утворення;

ϕ — поточний азимутальний кут.

Середня концентрація газу:

$$N = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \left\{ \frac{\partial M(f_i, \phi_i)}{\partial t} \left[\frac{\partial \sigma(t)}{\partial t} d(\phi_i, \phi_0 R_i R_0) \right] \right\}, \quad (8)$$

де R_0, ϕ_0 — координати центру газового утворення.

Наприклад, для сірководню середня частота обертального спектра складає $f_0 = 168,7$ ГГц, а ширина спектра $\Delta f = 1,7$ ГГц. Адекватний цьому радіолокаційний сигнал з $f_0 = 168,7$ ГГц повинний мати тривалість імпульсу приблизно 10 нс. В табл. 1 наведені лінії поглинання деяких газів.

Таблиця 1

Лінії поглинання деяких газів

Газове середовище	NH ₃	NO	NO ₂	CO	CO ₂	NO	O ₃	HS
Частота, ГГц	23,87	25,12	26,62	115,19	150,1	153,1	101,74	168,7

Спектроскопічний ефект, обумовлений квантовими переходами між різними енергетичними рівнями газового середовища при зондуванні електромагнітними хвильами визначених діапазонів. Вимірюючи інтегральні інтенсивності поглинання контролюваного газу на частотах, що відповідають обертальному переходу (табл. 1), можна визначити середню концентрацію відповідного (контролюємого) газу.

Варіанти побудови системи. На даний час створені й апробовані датчики НВЧ-радіометри на базі резонатора Фарбі-Перо й об'ємних резонаторів у 4-х і 2-х міліметровому діапазонах хвиль; прийомопередавач

просторового випромінювання у 8-ми міліметровому діапазоні, що працює у режимах на відображення і на прохід; автоматична установка для вимірювання інтенсивності поглинання з погрішністю не більше 5,0 % (до 10 дБ) та резонансною частою з погрішністю не більше 1,0 %. У склад системи (рис. 1) входить антена (1), генератор шуму (2), комутатор (3), лінійний тракт (4), квадратичний детектор (5), підсилювач низької частоти (6), синхронний детектор (7), генератор опорних сигналів (8), ФНУ (9), ПЕОМ (10).

Основні тактико-технічні характеристики розробленої системи надані у табл. 2.

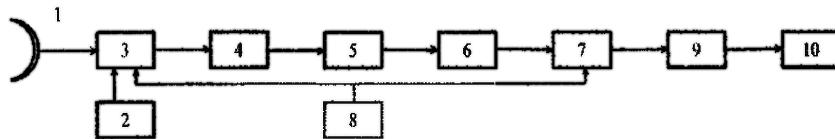


Рис. 1. Структурна схема системи

Таблиця 2

Основні тактико-технічні характеристики системи

Основні характеристики	Діюча	Розроблювальна	
	Стандартна РЛС	НВЧ-радіометр	Активно-пасивний комплекс
Діапазон хвиль	міліметрові	міліметрові (сантиметрові)	міліметрові
Ширина діаграми спрямованості в азимутальній і кутовій площині, град.	~ 1	≤ 1	~ 1
Потужність передавача, кВт	2	–	–2
Тривалість імпульсу, нс	10; 1	–	10; 1
Дальність дії, км	~ 15	~ 10	~ 15
Точність визначення дальності, м	0,8	–	0,8
Точність визначення кутових координат, град.	0,5	1,0	0,5
Імовірність визначення аномалій:			
- вогнище загорання	0,85	0,90	0,95
- біологічний об'єкт	0,80	0,90	0,95
- газових утворень	0,75	0,80	0,90
Точність визначення аномалій, %:			
- вогнище загорання	10	5	7
- біологічний об'єкт	15	10	10
- газових утворень	5	7	5
Маса, кг	35	20	70
Габарити, м	0,5 × 0,5 × 0,8	0,3 × 0,3 × 0,5	0,6 × 0,6 × 0,5
Вартість розробки, тис. грн.	90	60	150

На рис. 2 зображена двопозиційний кутомірно-дальньомірний активно-пасивний радіометричний комплекс (РМК), що складається з двох рознесених на відстань 10—15 км центрального пункту (ЦП) і винесного пункту (ВП). У кожному з пунктів маються дві підсистеми: пасивний НВЧ-радіометр і активна радіолокаційна станція, що здійснює вимірювання дальності в заданих пеленгах. Існують інші варіанти реалізації РМК для дистанційного контролю за лісовими пожежами з борта літака або вертольота.

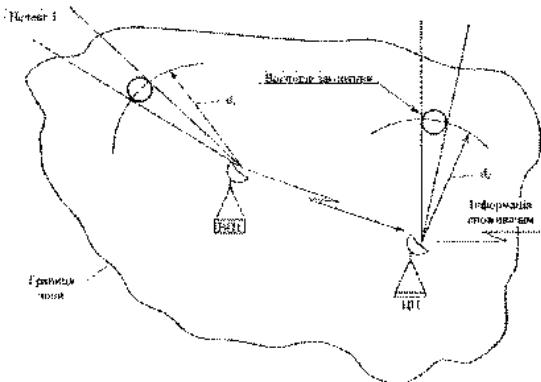


Рис. 2. Структура двопозиційної кутомірно-дальньомірної активно-пасивної системи

Раннє виявлення осередків загорянь в лісах здійснюється за допомогою НВЧ-радіометра, що працює в різних режимах вимірювань (інтегральний, диференціальний), що дозволяє дистанційно встановити вміст вологи в пальних матеріалах і безупинно стежити за динамікою зміни температури поверхні лісових масивів. У той же час шляхом критеріального аналізу і виділення корисних сигналів у ЦП про параметри пожежі робиться прогноз розвитку і поширення лісової пожежі, а також проводяться розрахунок міграції радіоактивних продуктів згоряння й оцінка радіоекологічних наслідків. Структурна сполука РМК із мінімальною комплектацією представлений наступними головними блоками і пристроями (рис. 1): приймально-передавальна антена, пристрій сполучення, пристрій первинної обробки інформації, персональна ЕОМ.

При виявленні ділянок з підвищеною температурою способом зарубок із двох трьох ВП автоматично визначається номер лісової ділянки, у якому можливий пожежа, і відслідковується динаміка зміни температури в просторі і часі. При перевищенні контрольних рівнів сигнали із НВЧ-радіометрів через антени надходять на НВЧ-модулі центрального пункту, де вони також фільтруються, підсилюються і перетворюються по частоті. Перетворені сигнали

надходять у низькочастотні (НЧ) модулі, де вони також фільтруються і підсилюються. Спецобчислювач забезпечує автоматичну корекцію каналів, і триває їхнє нагромадження, необхідне для підвищення чутливості системи.

Прилади для систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій

Для виконання наказу МНС України № 288 від 15.05.2006 р. "Про затвердження правил улаштування, експлуатації та технічного обслуговування систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення" необхідно ряд технічних засобів для моніторингу потенційно небезпечних об'єктів [3].

Так, для об'єктів, у технологічних процесах яких використовуються отруйні та вибухонебезпечні речовини (хлор, аміак, нафтопродукти, природний і зріджений газ тощо), необхідне застосування автоматичних газоаналізаторів гранично допустимих концентрацій отруйних речовин і до вибухонебезпечних концентрацій горючих речовин, датчиків тиску, граничних рівнів і температури.

У цей час на ринку України є достатня кількість таких приладів як імпортного, так і вітчизняного виробництва.

Але при оснащенні конкретного об'єкту споживач (проектант) має справу з різноманіттям завдань з моніторингу, а відповідно й з більшою кількістю різновидів датчиків, які, як правило, пристосовані для розв'язання вузького кола завдань і не сумісні між собою. Крім цього, від об'єкто-вої системи раннього виявлення потрібні єдиний вихідний сигнал для пульта централізованого моніторингу і здатність працювати від резервного джерела живлення.

Найбільш підходящими приладами для систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій, що реалізують вимоги, викладені вище Системи, є сигналізатори-аналізатори газів ДОЗОР-С виробництва НВП "ОPIОН".

Сигналізатори ДОЗОР-С характеризуються такими особливостями:

1. Багатоканальність — до 64 каналів.
2. Можливість підключення різних за призначенням датчиків для контролю:
 - a) ГДК отруйних газів і парів;
 - b) до вибухонебезпечних концентрацій горючих газів і парів;
 - c) граничних рівнів заповнення резервуарів на бензо- і газозаправних станціях;
 - d) датчиків тиску й температури.
3. Видають попереджувальну й перед аварійну сигналізацію окремо для об'єкто-вих систем оповіщення та для пульта централізованого моніторингу.

4. Архівують усі виникаючі події з фіксацією дати і часу.
5. Обладнані вбудованим безперебійним джерелом живлення від зовнішнього акумулятора.
6. Виконані у вибухозахищенному виконанні [6].

Таким чином, пропонований системний підхід до розробки єдиної системи забезпечення безпеки інфраструктури об'єкта дозволить знизити фінансові витрати на проектування, виготовлення і експлуатацію за рахунок виключення дублювання різно-типних систем безпеки, а застосування сигналізаторів ДОЗОР-С є найпрактичнішим і економічно найдоцільнішим вирішенням завдання моніторингу при побудові об'єктових систем раннього виявлення загроз виникнення надзвичайних ситуацій.

В статье предложен системный поход к разработке единой системы обеспечения безопасности инфраструктуры объекта, который позволяет снизить финансовые затраты на проектирование, изготовление и

Література

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2008 році.
2. Наказ МНС України від 06.08.2002 р. № 186. “Про введення в дію Методики спостережень щодо оцінки радіаційної та хімічної обстановки”.
3. Наказ МНС України від 15.05.2006 № 288, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 5 липня 2006 р. за № 785/12659 “Про затвердження Правил улаштування, експлуатації та технічного обслуговування систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення”.
4. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Том 1. Техногенна та природна небезпека. МНС, Всеукраїнський НДІ ЦЗ населення і територій від НС техногенного та природного характеру МНС. — К., 2007.
5. Сидоренко В.Л. Розробка єдиної системи дистанційного контролю доступу, пожежного й екологічного стану на території аеропорту / В.Л. Сидоренко, Г.А. Сорокін, С.І. Азаров // Наука і молодь. Прикладна серія. — К. : НАУ, 2005. — Вип. 5.
6. Пожежно-рятувальний комплекс України. — К., 2009. — С. 119.

эксплуатацию за счет исключения дублирования разнотипных систем безопасности.

Ключевые слова: безопасность инфраструктуры, дублирование разнотипных систем, сигнализаторы ДОЗОР-С, системы раннего выявления угроз.