

УДК 614.838; 623.459.59

А.Д. Левченко, к.т.н., доц., Д.Є. Левченко, В.М. Кришталь, О.М. Землянський, к.т.н.,
Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

КОМПЛЕКС РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ

Представлений комплекс раннього виявлення можливих надзвичайних ситуацій на ранніх стадіях їх виникнення.

Ключові слова: комплекс раннього виявлення надзвичайних ситуацій, потенційно небезпечні об'єкти, концентрація.

Постановка проблеми. Безпека потенційно-небезпечних об'єктів (ПНО) залежить від часу виявлення джерела безпеки та швидкості розповсюдження небезпечних речовин в навколишньому середовищі.

Потенційно небезпечні об'єкти в значній мірі забезпечені засобами (приладами) моніторингу навколишнього середовища, на базі яких створюють системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій. Проблема раннього виявлення надзвичайних ситуацій знайшла відображення в нормативних документах [1].

Мета дослідження – створення комплексу раннього виявлення надзвичайних ситуацій на ранніх стадіях їх виникнення.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Згідно наказу МНС України №288 від 15.05.2006 р. та доповненнями №793 від 03.08.2011 р. затверджені Правила улаштування, експлуатації та технічного обслуговування систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення - повинні бути обладнані всі ПНО. Сьогодні тільки біля 5% ПНО обладнані системами раннього виявлення та оповіщення про надзвичайні ситуації.

Зазначені Правила зобов'язують, щоб комплекс раннього виявлення надзвичайних ситуацій (КРВНС) складався із систем:

- раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій;
- виявлення надзвичайних ситуацій;
- оповіщення керівного складу та працюючого персоналу потенційно-небезпечних об'єктів про загрозу чи виникнення надзвичайних ситуацій;
- система оповіщення населення, що проживає або знаходиться в прогнозованих зонах ураження небезпечними чинниками потенційно небезпечних об'єктів та інші.

Забезпеченням виконання наказу займається значна кількість проектно-конструкторських організацій, фірм, отримана велика кількість патентів (особливо Росія).

В Україні основним базовим приладом прийнято «Дозор С», виробництво НВП «Оріон» м. Харків. Зазначений прилад працює на електрохімічних та каталітичних датчиках (сенсорах).

Система раннього виявлення надзвичайних ситуацій базується на видачі сигналів – поріг (P_1 , P_2) [4].

До недоліків роботи приладів «Дозор С» в системі раннього виявлення надзвичайних ситуацій необхідно віднести:

- сенсори мають перехресну чутливість – при визначенні концентрацій шкідливих речовин, при наявності 5-8 інгредієнтів, особливо на малих концентраціях, селективність практично відсутня;
- при визначенні концентрацій вибухонебезпечних газів використовується каталітичний датчик, який калібрують по метану, а прилад забезпечує визначення 143

пожежовибухонебезпечних газів. Похибки визначення концентрацій „тяжких” та „легких” газів по відношенню до метану, значно збільшуються. І відповідно, сигнали P_1 , P_2 будуть нечіткими та невизначеними, в залежності від фізичних властивостей газів.

Прилади «Дозор С» та їм подібні [8] калібрують і повіряють при нормальних кліматичних умовах, при цьому їх додаткова похибка від кліматичних змін не враховується і може бути більша від основної.

В багатьох країнах світу займаються розробками газоаналізаторів на низькі концентрації продуктів горіння, які виділяються на перших фазах горіння. Це H_2 (0,001-0,002)%, CO (0,002-0,008)%.

Але ці розробки мають інноваційний характер, масове виробництво відсутнє і вони мають високу вартість.

Для забезпечення виконання зазначених завдань створення систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій можливо використовувати і стрічкові, таблеткові газоаналізатори, але вони мають вихідний сигнал також як критичний.

В розробках систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій термін «ранне» характеризується в оперативному (швидкісному) оповіщенні усіх інстанцій про надзвичайну ситуацію, але для запобігання її виникнення часу вже немає.

Постановка задачі та її розв’язання.

Необхідно створити комплексну систему раннього виявлення надзвичайних ситуацій, яка б дозволила на ранніх стадіях її виникнення сповістити технічний персонал про можливість виникнення надзвичайної ситуації.

Розв’язання поставленої задачі необхідно виконувати в таких напрямках:

1. В системах раннього виявлення надзвичайних ситуацій враховувати зовнішні фактори впливу на процеси вимірів фізичних величин.
2. Розробити системи раннього визначення можливих надзвичайних ситуацій.
3. Забезпечити врахування стану технологічного обладнання (процесу).
4. Підвищити селективність первинних датчиків – «Дозор».

Необхідно в системі раннього виявлення надзвичайних ситуацій вводити корективи на властивості речовини, концентрація якої визначається.

Вирішення загальної проблеми.

Існуючі методи визначення концентрації небезпечних речовин враховують тільки один фактор – сигнал критичної ситуації на рівні гранично допустимої концентрації (ГДК), або встановлюють пороги (P_1 , P_2).

Додаткові похибки, які виникають від впливу зовнішніх факторів в СРВНС, не враховуються, але вони можуть бути більше основних похибок.

До зовнішніх факторів впливу на процеси вимірювання необхідно віднести:

- стан навколишнього середовища;
- технічні характеристики об’єкту та його розташування
- організаційні заходи по забезпеченню надійної роботи об’єкту та інші.

При використанні масових засобів контролю навколишнього середовища, таких як індикаторні трубки, використовують поправочні коефіцієнти на температурні та тискові похибки. Але ці засоби одноразового використання, їх використати в автоматичних СРВНС неможливо.

Стан навколишнього середовища – це множина динамічних природних та технічних факторів, які впливають на процеси, пов’язані з виникненням НС, та показники приладів, які забезпечують визначення критичного стану.

До основних факторів природного впливу можливо віднести: температура більше $20^{\circ}C$, менше $20^{\circ}C$, вологість повітря, тиск повітря, напрям та швидкість повітря, дощ, сніг, туман, радіаційні випромінювання та інші.

Технічні фактори впливу на процеси визначення НС різноманітні та впливові, а інколи можуть бути і вирішальними, тому їх необхідно враховувати. Це такі як:

- місце розташування об’єкту на місцевості (рельєф місцевості);

- розташування серед інших об'єктів;
- конфігурація об'єкту;
- технічний стан об'єкту;
- властивості забруднювачів;
- можливості ініціації вибухів та багато інших.

Організаційні фактори впливу на створення НС на об'єктах можуть бути впливові, а в окремих випадках і з летальними наслідками. Це такі як: якість підготовки кадрів, своєчасність і якість проведення профілактичних робіт, дисциплінарні фактори та інші.

Зовнішні фактори впливу необхідно враховувати як коефіцієнти впливу.

Природні фактори впливу визначаються як, змінні коефіцієнти в постійній динаміці, а технічні та організаційні – періодично в залежності від зміни умов експлуатації об'єкту.

Визначення коефіцієнтів впливу проводилося шляхом експертної оцінки. Результати експертної оцінки коефіцієнтів впливу необхідно фіксувати у вигляді табл. 1.

Таблиця 1 – Фактори впливу

| № п/п | Фактор впливу | Позначення фактору впливу | Величина коефіцієнта впливу |
|--------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| I. Фактори стану середовища | | | |
| 1. | температура повітря | X _{1.1} | B _{1.1} |
| 2. | температури речовини | X _{1.2} | B _{1.2} |
| 3. | температура конструкцій | X _{1.3} | B _{1.3} |
| 4. | вологість повітря | X _{1.4} | B _{1.4} |
| 5. | тиск повітря | X _{1.5} | B _{1.5} |
| 6. | швидкість руху повітря | X _{1.6} | B _{1.6} |
| 7. | напрямок руху повітря | X _{1.7} | B _{1.7} |
| 8. | атмосферні опади | X _{1.8} | B _{1.8} |
| 9. | наявність туману | X _{1.9} | B _{1.9} |
| 10. | сонячне випромінювання | X _{1.10} | B _{1.10} |
| II. Фактори постійного впливу | | | |
| 11. | розташування об'єкту | X _{2.1} | B _{2.1} |
| 12. | конфігурація об'єкту | X _{2.2} | B _{2.2} |
| 13. | рельєф місцевості | X _{2.3} | B _{2.3} |
| III. Змінні технічні фактори | | | |
| 14. | технічний стан обладнання | X _{3.1} | B _{3.1} |
| 15. | технологічність процесів | X _{3.2} | B _{3.2} |
| 16. | якість профілактичних робіт | X _{3.3} | B _{3.3} |
| 17. | рівень підготовки кадрів | X _{3.4} | B _{3.4} |
| 18. | джерела запалювання | X _{3.5} | B _{3.5} |

Вираховування зовнішніх факторів впливу на процеси визначення фізичних величин (концентрацій хімічнонебезпечних речовин) дозволить з відповідною точністю визначати параметри фізичної величини в даний час на даному об'єкті.

Крім цього, зазначений підхід дозволяє використати існуючі прилади визначення концентрації шкідливих речовин.

Загальний коефіцієнт впливу буде виражений функцією в залежності від всіх факторів зовнішнього впливу $K_B = f(X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1n}; X_{21}, \dots, X_{2n}; X_{31}, \dots, X_{3n})$.

Сучасні прилади, які використовуються в системах виявлення НС, працюють по принципу – «факт здійснення». Сигнали тривоги подають в залежності від встановленого порогу (Π_1, Π_2). Часу для прийняття технічного рішення по запобіганню НС не вистачає. Як правило, пороги (Π_1, Π_2) встановлюють на граничнодопустиму концентрацію (ГДК) даної речовини.

Пожежні сповіщувачі також спрацьовують від ознак пожежі (температура, полум'я, дим та ін.) в той час, коли НС здійснюється.

Сенсори на малі концентрації оксиду вуглецю та водню, як початок горіння, на даний час носять інноваційний характер.

В системах РВНС хімічно вибухового характеру використовуються прилади «Дозор С», в яких подача сигналу тривоги регулюється (зміщується) з допомогою Π_1, Π_2 .

Крім цього, селективність приладів недостатня (наявність перехресної чутливості, калібрування приладів виявлення вибухонебезпечних газів та парів рідин здійснюється тільки по метану, але прилад виявляє 143 пожежовибухонебезпечних речовин, та інші) не дозволяє в повній мірі використати як базу для створення КРВНС. Але на цьому принципі будуються СРВНС.

Підприємства «Інтерпром», «НАФТОГАЗ КАРД», «ТЕЛЕКОМ-КОМПЛЕКТ», «Атомекосистема» та інші використовують за базові датчики прилади «Дозор С». Системи на базі зазначених приладів працюють на критичну ситуацію Π_1, Π_2 , метеорологічні параметри подають на монітори для візуального визначення, але з великою швидкістю через всі види зв'язку (провідний, бездротовий) передають по системі до ДСНС України(рис. 1).

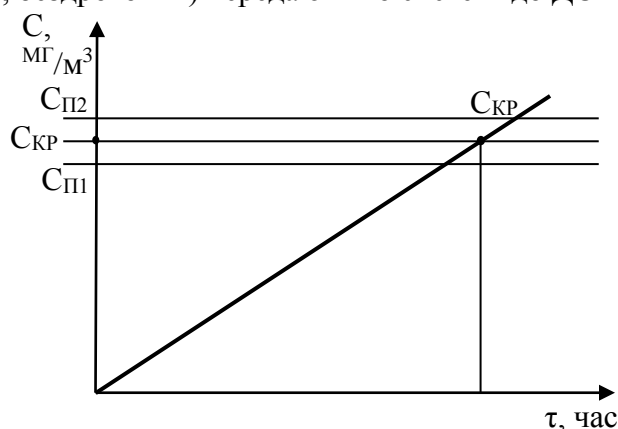


Рисунок 1 – Динаміка наростання концентрації.

При виникненні надзвичайних ситуацій, концентрації хімічно-пожежо-вибухово небезпечних речовин збільшуються з визначеною швидкістю. Зазначений фактор швидкості збільшення концентрації можливо визначити на перших стадіях виникнення НС.

Швидкість нарощування концентрації можливо виразити кутом α . $tg\alpha$ визначає критичний час можливого критичного стану (рис.2).

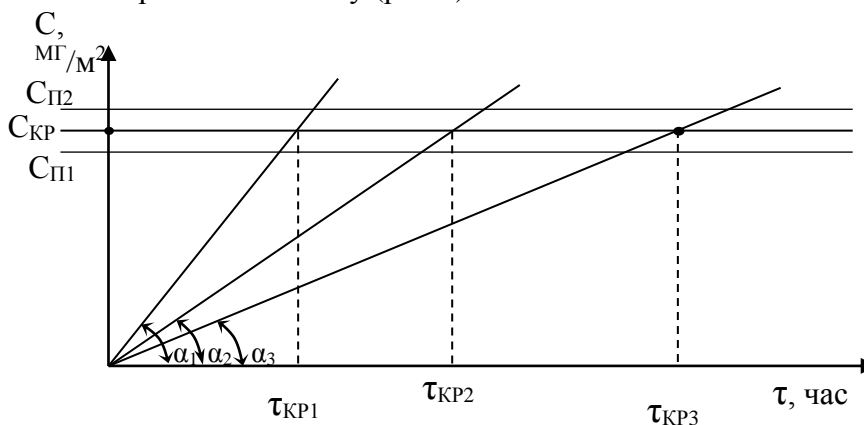


Рисунок 2 – Залежність швидкості наростання концентрації.

При визначенні швидкості нарощування концентрації ($\operatorname{tg} \alpha$) необхідно вибрати дві точки (заміри концентрації, як середні показники), і між ними провести пряму. Утворений кут α – швидкість нарощування концентрації.

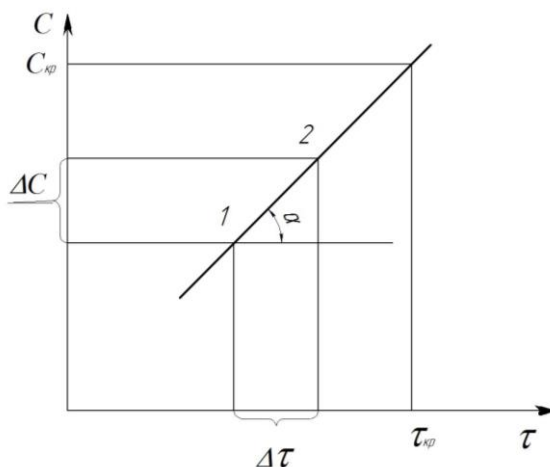


Рисунок 3 – Визначення швидкості наростання концентрації.

Після визначення кута α можливо визначити конкретно час виникнення НС – $\tau_{кр}$.

Такий підхід, що заснований на визначенні швидкості нарощування концентрації, дасть змогу виявити НС на самих ранніх стадіях розвитку (виникнення), слідкувати в динаміці та вжити завчасно технічні та організаційні заходи для її ліквідації.

Крім цього, такий підхід до створення СРВНС дозволяє використати існуючі прилади, які виготовляються промисловістю України – «Дозор-С», «Сеніс», перетворювач газоаналітичний GS-D та інші.

Виклад основного матеріалу.

Для створення СРВНС, яка б відповідала вимогам чинних законів України, необхідно врахувати всі чинники (фактори) зовнішнього впливу на систему заміру шкідливих факторів:

- фактори стану навколишнього середовища, що визначаються метеорологічною станцією «струна» та іншими;
- фактори постійного впливу, що визначаються, як постійні величини і змінюються при зміні технічних характеристик об'єкту;
- змінні технічні фактори – відносно постійні, але періодично корегуються при інспекторських спеціальних обслідуваннях.

Фактори впливу, які характеризують той чи інший фізичний процес, потрапляють в інтерфейсову систему, де відпрацьовуються сигнали у вигляді коефіцієнтів впливу $V_{11}, V_{12}, \dots, V_{1n}; V_{21}, V_{22}, \dots, V_{2n}; V_{31}, \dots, V_{3n}$ і далі потрапляють в систему фіксації факторів впливу та їх відпрацьовують у вигляді коефіцієнту впливу

$$K_{вп} = f(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}; x_{21}, \dots, x_{2n}; x_{31}, \dots, x_{3n}), \quad (1)$$

де x_{1n} – фактори стану навколишнього середовища, x_{2n} – фактори постійного впливу, x_{3n} – змінні технічні фактори.

Для визначення факторів впливу використаємо систему нечітких продукційних правил. Припустимо, що на об'єкті необхідно встановити однотипні датчики. Вважатимемо, що надзвичайна ситуація виявлена, якщо спрацював хоча б один датчик. Позначимо ймовірність спрацювання датчика, якщо має місце надзвичайна ситуація, p . Кількість експертів, висновки яких використовуються для передбачення факторів впливу, – m .

У найпростішому випадку, коли прогноуються лише кліматичні фактори впливу, модель для визначення концентрації небезпечних речовин у випадку виникнення надзвичайної ситуації є сукупністю нечітких продукційних правил:

$$\begin{aligned} \text{Якщо } x_{1.1} \in A_{11} \text{ і } x_{1.2} \in A_{21} \text{ і } x_{1.3} \in A_{31} \text{ і } x_{1.4} \in A_{41}, \text{ то } C \in Q_1; \\ \text{Якщо } x_{1.1} \in A_{12} \text{ і } x_{1.2} \in A_{22} \text{ і } x_{1.3} \in A_{32} \text{ і } x_{1.4} \in A_{42}, \text{ то } C \in Q_2; \\ \dots\dots\dots; \\ \text{Якщо } x_{1.1} \in A_{1r} \text{ і } x_{1.2} \in A_{2r} \text{ і } x_{1.3} \in A_{3r} \text{ і } x_{1.4} \in A_{4r}, \text{ то } C \in Q_r; \end{aligned} \quad (2)$$

де $(x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14})$ – фактори стану середовища; C – концентрація небезпечної речовини. Модель (2) формується за висновками одного експерта для різних факторів стану середовища за умови рівномірності поширення небезпечної речовини. $A_{1j}, A_{2j}, A_{3j}, A_{4j}, Q_j$ є нечіткими множинами із відповідними функціями належності, $j = \overline{1, r}$. Функції належності найчастіше є трикутними симетричними, трикутними несиметричними, трапецієподібними та гаусівськими. Кожна з них характеризується особливостями свого використання.

Сигнали від датчиків D_1, D_2, \dots, D_n (наприклад – вихідні сигнали пристрою «Дозор – С»), а також сигнальні величини загального коефіцієнту впливу потрапляють в систему відпрацювання ситуації.

В системі відпрацювання ситуації виконуються слідуючі операції:

1. Визначаються середні значення окремих двох концентрацій в часі τ .

$$\begin{aligned} C_1 &= \sum(C_{1.1}, \dots, C_{1.10}), \\ C_2 &= \sum(C_{2.1}, \dots, C_{2.10}), \end{aligned} \quad (3)$$

2. Визначається швидкість нарощування концентрації

$$tg\alpha = \frac{\Delta C_{\Sigma}}{\Delta \tau}, \quad (4)$$

3. Проводиться порівняння поточної концентрації із гранично-допустимою $C_{ГДК} - C_{\Sigma} \geq 0$, якщо є декілька шкідливих речовин, то забезпечується контроль співвідношень:

$$\frac{C_1}{C_{ГДК1}} + \frac{C_2}{C_{ГДК2}} + \dots + \frac{C_n}{C_{ГДКn}} \leq 1, \quad (5)$$

4. Проводиться порівняння

$$\begin{aligned} tg\alpha &\rightarrow \tau_{кр}, \\ \tau_{кр} &= f(C_{ГДК}, tg\alpha, C_{КВ}). \end{aligned} \quad (6)$$

Відпрацьований сигнал концентрації шкідливої речовини з урахуванням зовнішніх факторів впливу, у вигляді $C\tau_{кр}$ потрапляє в систему прийняття рішень.

За доцільне в систему прийняття рішень подати сигнали від технічного стану технологічного процесу:

- різниця температур в обладнанні та допустима;
- тиск в обладнанні та допустимий;
- рівень рідин в ємкостях та допустимий;
- присутність виливу шкідливих речовин із обладнання та інші залежності від технологічного процесу на об'єкті.

При виявленні відхилень від нормального стану обладнання, необхідно отримати сигнал стану та врахувати його при прийнятті кінцевих рішень.

Схема системи раннього виявлення надзвичайної ситуації

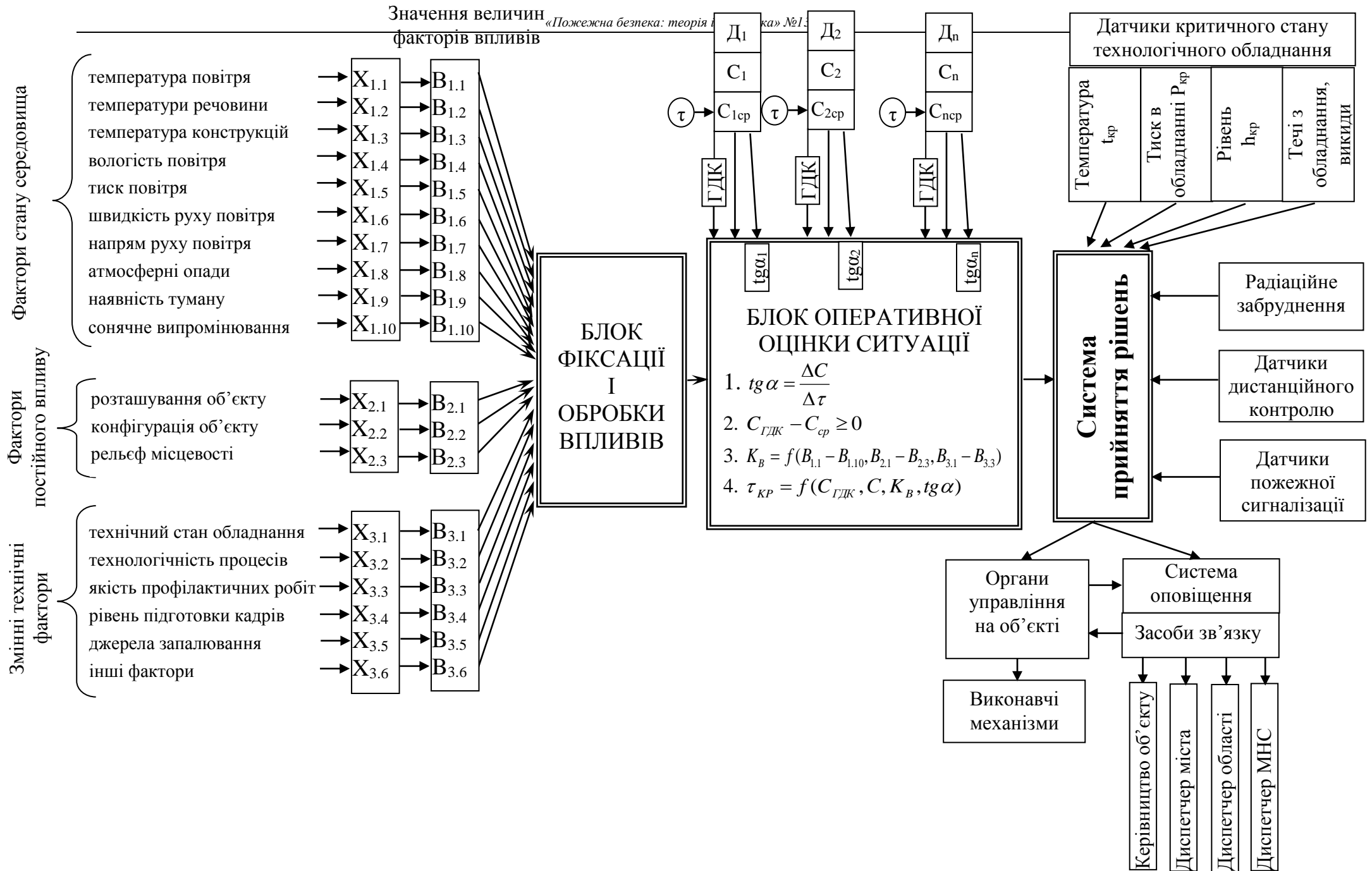


Рисунок 4 – Комплекс раннього виявлення надзвичайних ситуацій техногенного характеру

При створенні КСРВНС доцільно включати дистанційні датчики контролю (наприклад, на бойові отруйні речовини, компоненти ракетних палив, сильнодіючі органічні речовини та інші), а також пожежні сповіщувачі (теплові, димові, світлові та інші).

Далі відпрацьований сигнал із системи прийняття рішень потрапляє в:

- органи об'єктового управління;
- органи управління об'єктом;
- органи регіонального управління;
- органи державного управління.

Як первинні датчики шкідливих речовин необхідно використовувати системи «Дозор-С», перетворювач газоаналітичний GS-D та «Сенсіс», метеорологічні станції «Струна».

В системі фіксації факторів впливу та відпрацювання коефіцієнтів впливу можливо використати концентратор СИ-767, в якому вирішення задач здійснюється за допомогою нейронних сіток.

Обладнання інших систем визначення (дистанційних, пожежних, тощо) та оповіщення використовується стандартне.

Висновки. Запропоновано комплекс раннього виявлення надзвичайних ситуацій техногенного характеру, що відповідає наказу МНС України №288 від 15.05.2006 р. та доповненнями №793 від 03.08.2011 р., в якому враховується вплив зовнішніх факторів, технічний стан об'єкту. Алгоритм роботи комплексу дозволить виявити надзвичайну ситуацію на ранній стадії розвитку з урахуванням швидкості нарощування концентрації. Це дасть змогу вчасно вжити заходів по ліквідації і мінімізації наслідків надзвичайних ситуацій.

Перспективи подальших досліджень. Подальші наукові дослідження необхідно проводити в напрямках конкретного підходу до кожного об'єкту, а також введення в КСРВНС врахування зміни метеорологічних параметрів (рози вітрів) на можливе виникнення застійних зон – як джерела виникнення надзвичайних ситуацій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Патент України №73110. Спосіб раннього виявлення надзвичайних ситуацій на об'єктах / Левченко А.Д., Левченко Д.Є., Кришталь М.А., Кришталь В.М. (Україна). – №u201202703 заявл. 06.03.12; опубл. 10.09.12, Бюл. №17.
2. Сигнализаторы-анализаторы газов Дозор-С-х-хх-х23х-х-х, Дозор-С-х-хх-х36х-х-х. руководство по эксплуатации. АГАТ.468514.004.-36РЭ. НПП «Орион» г. Харьков, 2009. – 52 с.
3. Напівпровідникові сенсори: Теорія, конструкція, застосування / Буданов П.Ф., Калугін В.Д. та ін. // За ред. Ю.Г. Даника. – Харків: Вид-во Нац. ун-ту внутр. справ, 2001. – 252 с.
4. Комплексна система раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення. Підприємство «Интерпром». Проект 8.0530.000. – 260 с.
5. „Сигналізатор-аналізатор газів багатокомпонентний Дозор С-М”. Керівництво по експлуатації. ОКДМ.468514.004-36ПС.
6. Левченко А.Д. Окремі аспекти комплексних систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій / А. Д. Левченко, Д. Є. Левченко, В. М. Король, В. М. Кришталь, О. М. Землянський, О. М. Землянський // Пожежна безпека: теорія і практика: Збірник наукових праць. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2010. – № 5. – С. 76-80.