

УДК 004.942:504.05

Мирошник О. М., канд. техн. наук., доц., Землянський О. М., канд. техн. наук., доц.,
Лагно Д. В., Бас О. В.

Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля
Національного університету цивільного захисту України

АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ ЗОНИ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ В УМОВАХ НС З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКИХ ВЕЛИЧИН

Розглянуто аспекти визначення зони хімічного забруднення атмосфери в умовах нс з використанням нечітких величин. Доведено, що прогнозування наслідків аварій відбувається в умовах невизначеності, викликаній їх раптовістю і критичністю процесів прийняття рішень. Вказано на необхідність здійснення постпрогнозування або уточнення значень параметрів хімічних аварій в післяаварійний період. Запропоновано вихідні дані для постпрогнозування отримувати з експертних висновків з додатковим точковим вимірюванням концентрації небезпечної хімічної речовини в реперних точках, і на їх підставі здійснювати корекцію прийнятих рішень. Для визначення зони і характеру зараження використані моделі нечіткої логіки і нейромережеві технології.

Ключові слова: прогнозування; зона хімічного забруднення; післяаварійний період; нечіткі величини; НС.

Масштабність хімічних аварій та їх наслідків визначають необхідність вирішення науково-технічної проблеми прогнозування концентрації небезпечної хімічної речовини (НХР) в усій зоні зараження. Оскільки аварії відбуваються, в основному, на підприємствах, що виробляють НХР, в місцях їх зберігання або при транспортуванні, то для кожного такого випадку необхідно отримати моделі, що дозволяють за початковими параметрами аварії визначати поля концентрації у всій можливій зоні зараження або значення концентрації НХР в конкретних точках.

Прогнозування наслідків аварії відбувається в умовах невизначеності, викликаній їх раптовістю і критичністю процесів прийняття рішень. Очевидно, що потрібно розрізняти прогнозування як оперативне, тактичне і стратегічне. У першому випадку визначають масштаби аварії та передбачувані наслідки найближчим часом (3-5 годин). Стратегічне прогнозування покликане дати відповіді на питання про зону зараження, необхідність евакуації людей, можливі збитки і дії рятувальних служб. Визначення часу ліквідації наслідків аварії, її впливу на навколишнє середовище, кількісного і якісного складу технічних засобів становить

предмет стратегічного прогнозування. Необхідним є також постпрогнозування або уточнення значень параметрів хімічної аварії в післяаварійний період.

Результати дослідження. Оскільки вихідні точні значення параметрів аварії невідомі, вони визначаються в результаті експертних висновків. На їх підставі приймаються наступні рішення. Очевидно, що якщо точність таких висновків є низькою, то і ефективність прийнятих рішень буде невисокою. Тому необхідно здійснювати точкові виміри концентрації небезпечної речовини в реперних точках і на їх підставі здійснювати корекцію прийнятих рішень.

У період часу, що передуює аварії, необхідно ідентифікувати залежність

$$C = F(P), \quad (1)$$

де C – концентрація НХР. Вектор параметрів і факторів P має наступну структуру:

$$P = (x_0, y_0, z_0, t_0, x, y, z, t, M, W, D, T, V, R, U), \quad (2)$$

де: (x_0, y_0, z_0, t_0) – координати точки і часу виникнення аварії;

(x, y, z, t) – координати точки, в якій визначається концентрація НХР, і відповідний час; інші параметри аварії є відомими константами.

Ідентифікація (1) здійснюється з використанням нечітких продукційних правил. Далі буде запропоновано кілька методів ідентифікації параметрів (2), в залежності від того, чи відомі параметри функцій приналежності [1, 2]. Складовими технологіями є нечітке логічне виведення в формі Мамдані, нейронечітка мережа і еволюційне моделювання. Показано, що завдання постпрогнозування полягає у вирішенні оберненої задачі (визначення початкових значень параметрів аварії), тобто в ідентифікації відображення

$$G : C(x, y, z, t) \rightarrow (x_0, y_0, z_0, t_0). \quad (3)$$

Розглянемо завдання прогнозування техногенних та екологічних катастроф. При цьому будемо вважати, що об'єкт, який представляє потенційне джерело небезпеки, є нерухомим. Позначимо внутрішні процеси об'єкта – P , зовнішні дії – Q . Таким чином, маємо деяку інформаційну модель, на якій

$$s_j = F(D, E, Z) = F(g_1(d_1, d_2, \dots, d_m), g_2(e_1, e_2, \dots, e_k), g_3(z_1, z_2, \dots, z_l)), j = \overline{1, n}.$$

Кожна з функцій $g_i, i = \overline{1, 3}$, має характерні особливості. Так, значення чинників є вихідними характеристиками підприємств (джерел потенційної небезпеки) і є функціями їх внутрішнього стану і вхідних параметрів. Припускаючи стійку динаміку функціонування підприємств, значення $d_i, i = \overline{1, m}$, можна прогнозувати. Якщо інформація про його функціонування невідома, то статистика значень $d_i, i = \overline{1, m}$, дозволяє орієнтуватися на середні величини. Якщо необхідний більш точний прогноз, то раціонально використовувати експертні висновки.

Припустимо, що об'єкт Ω може бути пошкоджений або зруйнований в результаті тривалої дії внутрішніх, зовнішніх факторів або їх композиції. Якщо це не так, то має місце випадкова аварія чи катастрофа, викликана швидкою дією іншої системи, яка не має безпосереднього відношення до

показано, що об'єкт Ω знаходиться в сфері впливу систем різної природи, які, в більшості випадків, мають ієрархічну структуру.

Визначимо аварію (A) як стан деякого об'єкта, при якому значення однієї або кількох характеристик перевищує граничні значення, тобто

$$A = \langle S = (s_1, s_2, \dots, s_n) / \exists s_j : s_j > K_j \rangle,$$

де $s_i, i = \overline{1, n}$ – характеристики об'єкта, K_j – критичне значення s_j - й характеристики; s_j – концентрація деякої речовини, перевищення значення якої K_j призводить до негативних наслідків без можливості повернення. Припустимо, що значення характеристики є наслідком впливу сукупності факторів $D = (d_1, d_2, \dots, d_m)$ з m джерел, на неї впливають некеровані фактори зовнішнього середовища $E = (e_1, e_2, \dots, e_k)$ і здійснює вплив на людину шляхом проведення сукупності заходів $Z = (z_1, z_2, \dots, z_l)$. Таким чином, значення s_j визначається функціональною залежністю:

об'єкту Ω і релевантних систем. Звичайно така дія має механічну природу. Нехай внутрішні чинники є елементами множини $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, зовнішні дії – елементами множини $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_m\}$. Очевидно, що кількість факторів, і зовнішніх дій є значно більше, але такий склад множин P и Q визначається значимістю їх складових. Спростимо задачу і припустимо, що аварія або катастрофа можлива при критичному значенні одного або декількох елементів з множини Q .

В такому випадку необхідно вирішити задачу ідентифікації залежності

$$K_j = f_j(t, \xi_j), \quad (4)$$

де K_j – концентрація небезпечної речовини, ξ_j – означення групи факторів, що впливають

нечітке мно-дружність для змінної виходу з функцією приналежності

$$\mu_\theta(Z) = C(Z) = C_1(z) \vee C_2(Z) = (\alpha_1 \wedge C_1(Z)) \vee (\alpha_2 \wedge C_2(Z)).$$

Крок 5. Виконуємо дефазифікації, наприклад за методом центра ваги і знаходимо чітке значення

$$y_{Z_0} = \frac{\int_{\underline{z}}^{\bar{z}} z \mu_\theta(z) dz}{\int_{\underline{z}}^{\bar{z}} \mu_\theta(z) dz},$$

де інтервал $[\underline{z}, \bar{z}]$ є носієм

функції приналежності.

Таким чином, система (8) дозволяє здійснити прогнозування і сценарний аналіз, оскільки, підставляючи значення параметрів $(q_1^0, q_2^0, \dots, q_m^0)$ в (8), визначимо шукане значення концентрації K_j^0 небезпечної речовини. Система (8) відображає досвід одного експерта і результат, одержаний за її використанням, часто є зміщеним, таким, що представляє інтерес тільки для попереднього висновку. Для об'єктивізації результатів прогнозування (8) може бути узагальненим.

У такому випадку система виразів типу (8) подає висновки колективу експертів.

Ще одним аспектом аварій і катастроф є те, що в багатьох випадках процеси, що до них призводять, розвиваються з часом. Існують такі моменти часу, після яких катастрофа неминуча. Як приклад, достатньо уявити концентрацію шкідливих речовин у воді. До певного рівня вона вважається допустимою, але перевищення цього рівня стає катастрофою і причиною людських жертв. У той же самий час такі процеси важко зупинити, оскільки навіть при зупинці небезпечного виробництва зростання концентрації шкідливих речовин якийсь час триває. У зв'язку з цим раціонально враховувати загальні положення теорії катастроф [10]. Динаміка відповідного процесу представлена на рис. 1.

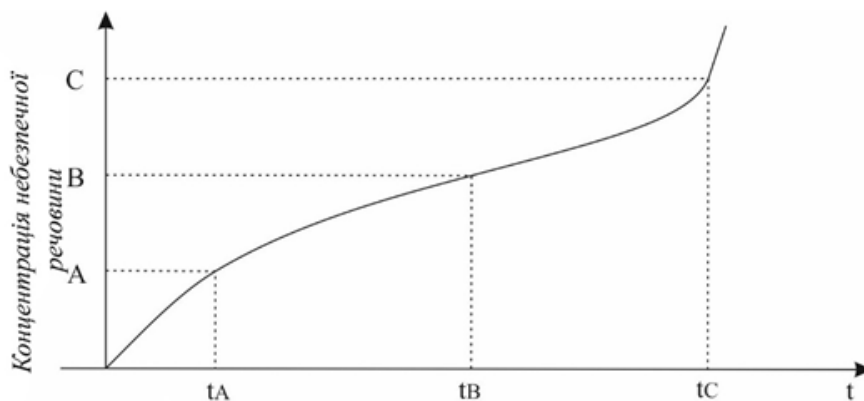


Рисунок 1 – Динаміка концентрації небезпечних речовин

Точками позначені наступні події: А – концентрація НХР досягла небезпечного рівня і необхідно проводити заходи щодо її зменшення; В – точка, що передуює катастрофі, оскільки в момент часу t_B катастрофу зупинити, в більшості випадків неможливо, внаслідок інерційності процесу зростання концентрації небезпечної речовини; С – точка катастрофи, після якої зростання концентрації речовини має форму квадратичної або експоненційної залежності.

Здійснюючи формування бази даних та ідентифікацію залежності (8), необхідно враховувати те, що процеси на

ділянках $(0, t_A)$, (t_A, t_B) , (t_B, t_C) , (t_C, \dots) мають розмитий характер. Облік відповідних особливостей і досвіду експертів, сконцентрованого в функціях приналежності системи (8), дозволить здійснювати керуючі дії з метою запобігання катастроф. Зауважимо, що технології задач першого типу, тобто прогнозування аварій і катастроф, в сучасній науковій літературі майже відсутні.

На відміну від них, завдання визначення масштабів аварій або катастроф, розрахунку зони можливого зараження широко представлені різного роду методиками. У той же час відзначимо, що вони орієнтовані на

розрахунок розмірів і площі зони зараження, часу підходу хмари зараженого повітря до певного об'єкту, часу вражаючої дії та можливих втрат, виходячи з таблиць, що

містять значення різного роду поправочних коефіцієнтів. Відомо, що зона зараження розраховується, виходячи зі схеми (рис. 2).

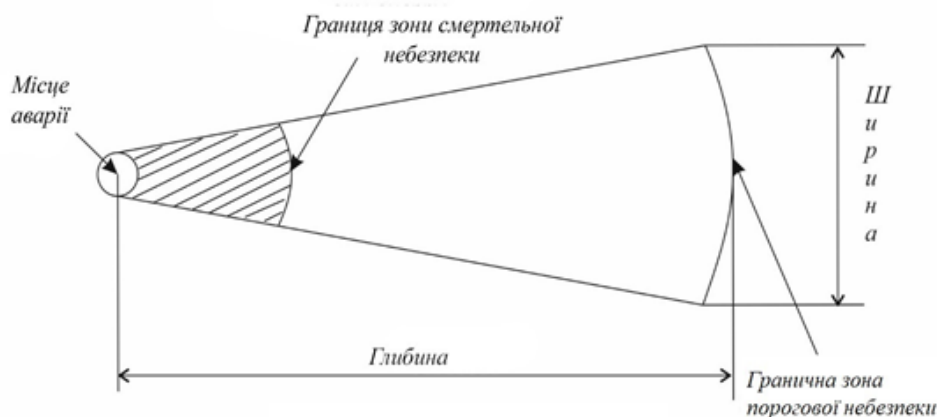


Рисунок 2 – Зона хімічного забруднення

Всі методики розрахунків базуються на цій схемі. У більшості практичних ситуацій відповідні результати не будуть відображати реальний післяаварійний стан. Це пов'язано з неповним урахуванням факторів, що впливають на концентрацію небезпечних речовин, зокрема, рельєф місцевості і його характер можуть бути причиною збільшення або зменшення концентрації. Ще одна причина – це зміна характеру погодних умов і характеру аварії. В такому випадку отримуємо схему (рис. 3), використання якої дозволить уточнити результати попередніх розрахунків (на схемі рис. 2).

Малюнок 3 є лише приблизною схемою для визначення наслідків аварії. Можна запропонувати два способи визначення концентрації небезпечної речовини в даній зоні. Перший з них базується на ідентифікації залежності

$$K_j = F_j(x, \varphi, P, Q), \quad (9)$$

де x і φ – полярні координати точки, в якій визначаємо концентрацію, внутрішні чинники інтегрують в собі показники, пов'язані з об'єктом і місцем аварії, Q – чинники зовнішнього впливу

(погодні умови, рельєф і т. п). Ставлячи значення заданих параметрів, за допомогою (9) можна розрахувати значення концентрації небезпечної речовини в будь-якій точці. Другий спосіб полягає в інтеграції експертних оцінок за допомогою системи (8). Нечіткі множини, які присутні в (8), дозволяють врахувати розмитість кордонів як зони смертельної небезпеки, так і порогової зони небезпеки.

Побудова моделей (8) і (9) необхідно здійснювати в пасивному режимі, тобто тоді, коли ні аварій, ні катастроф немає. Для цього необхідна ретроспективна інформація, яка містить або параметри аварій, що вже відбулися, або оцінки експертів. Очевидно, що такі дані не «покривають» всю область зараження, тому отримати і (8) і (9) можна за допомогою навчання і, як наслідок, інтерполяцією або екстраполяцією. За результатами попереднього аналізу моделей ідентифікації визначено, що для моделі (9) оптимальною демонстрацією є прямозв'язана нейронна мережа, а для моделей типу (8) – нейрончїтка мережа типу TSK або ANFIS [11, 12, 13]. Вибір тієї чи іншої нейромережевої архітектури визначається типом вихідних даних, передбачуваних результатів і задачі.

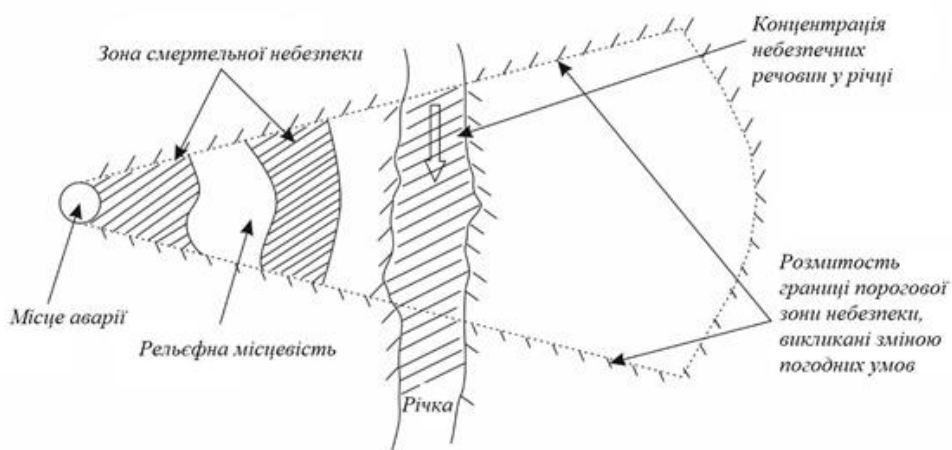


Рисунок 3 – Уточнена зона хімічного забруднення

Висновки. Таким чином в статті розглянуті аспекти визначення зони хімічного забруднення атмосфери в умовах НС з використанням нечітких величин. Доведено, що вирішити завдання третього класу («після-аварійні завдання») можна за допомогою отриманих результатів попередньо вирішених завдань. При цьому потрібно використовувати Марковський принцип - «Майбутнє залежить від теперішнього часу і не залежить від минулого». Зокрема, визначення концентрації небезпечної речовини в повітрі, ґрунті або у воді залежить від її початкового значення відразу ж після аварії, або, в

окремих випадках, від того, якого максимального значення досяг рівень концентрації речовини після аварії.

Прогнозування значень параметрів зони і характеру зараження, може бути здійснено за допомогою моделей нечіткої логіки і нейромережових технологій. Вихідні дані для прогнозування можна отримувати з експертних висновків з додатковим точковим вимірюванням концентрації небезпечної хімічної речовини в реперних точках. На підставі останніх - здійснювати корекцію прийнятих рішень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Байдик Т. Н. Нейронні мережі і завдання штучного інтелекту / Т. Н. Байдик. - К.: Наук. думка, 2001. - 260 с.
2. Снитюк В. Є. Прогнозування. Моделі, методи, алгоритми / В. Є. Снитюк. - К.: Маклаут, 2008. - 364 с.
3. Барсегян А. А. Методи і моделі аналізу даних: OLAP і Data Mining / А.А. Барсегян, М. С. Купріянов, В. В. Степаненко, І. І. Холод. - СПб.: БХВ-Петербург, 2004. - 336 с.
4. Землянський О. М. Елементи теорії прогнозування надзвичайних ситуацій в умовах невизначеності / О. М. Землянський // Матеріали V між. школи-семінару «Теорія прийняття рішень». - Ужгород: УжНУ, 2010. - С. 102.
5. Fuzzy Models and Algorithms for Pattern Recognition and Image Processing / James C. Bezdek (et al). - Springer Science + Business Media, Inc. - 2005. - 776 p.
6. Землянський О. М. Аспекти невизначеності процесу прогнозування концентрації небезпечних хімічних речовин після аварії / О.М. Землянський // Матеріали 15-ї між. наук.-техн. конф.: «Системний аналіз та інформаційні технології» - К.: ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2013. - С.111.
7. Нечіткі безлічі в моделях управління і штучного інтелекту / А. Н. Аверкін, І. З. Батиршін, А. Ф. Блішун [и др.]; Під ред. Д. А. Поспелова. - М.: Наука, 1986. - 311 с.
8. Kranenburg C. Fluid Mech. / C. Kranenburg. - 1984. - № 145. - P. 253-273.
9. Takagi T. Fuzzy identification of

systems and its application to modeling and control / T. Takagi, M. Sugeno // IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics. - 1985. - Vol. 15. - P. 116-132.

10. Арнольд В.І. Теорія катастроф / В.І. Арнольд. - М.: Физматлит, 1990. - 128 с.

11. Зайченко Ю. П. Дослідження ефективності нечіткої нейронної мережі ANFIS в задачах макроекономічного прогнозування / Ю.П. Зайченко, Ф. сівби // Системні дослідження та інформаційні

технології. - 2005. - № 1. - С. 100-112.

12. Землянський О. М. Прогнозування і моніторинг передаварійного розвитку процесів / О. М. Землянський / Матеріали III міжн. наук.-практ. конф. «Системний аналіз. Інформатика. Управління» СAIУ-2012. - Запоріжжя: КПУ, 2012. - С. 119-120.

13. Назаров А. В. Нейромережеві алгоритми прогнозування і оптимізації систем / А. В. Назаров, А.І. Лоскутов. - СПб.: Наука і Техніка. - 2003. - 384 с.

REFERENCES

1. Baidyk T. N. (2001) Neyronnyie seti i zadachi iskusstvennogo intellekta [Neural networks and artificial intelligence tasks]. Kyiv: Naukova dumka

2. Snytiuk V. Ye. (2008) Prognozirovaniye. Modeli, metody, algoritmy [Predicting. Models, methods, algorithms]. K.: Maklout.

3. Barsegian A. A. (2004) Metody i modeli analiza dannyh: OLAP i Data Mining [Methods and models of data analysis: OLAP and Data Mining] SPb.: BKhV-Peterburg.

4. Zemlianskiy O. N. (2010) Elementy teorii prognozirovaniya chrezvyichaynykh situatsii v usloviyakh neopredelennosti [Elements of the theory of forecasting emergencies in conditions of uncertainty]. *Materialy V mezhd. shkolyi-seminara «Teoriya prinyatiya resheniy» - Materials of the V International School-Seminar "Theory of Decision Making"*. Uzhgorod: UzhNU

5. Fuzzy Models and Algorithms for Pattern Recognition and Image Processing / James C. Bezdek (et al). - Springer Science+Business Media, Inc. - 2005. - 776 p.

6. Zemlianskiy O. N. (2013) Aspekty neopredelennosti protsessa prognozirovaniya kontsentratsii opasnykh himicheskikh veschestv posle avarii [Aspects of uncertainty in the process of predicting the concentration of hazardous chemicals after an accident] *Materialy 15-y mezhd. nauchn.-tehn. konf.: «Sistemniy analiz i informatsionnyie tehnologiiyu» - Materials of the 15th International Scientific and Technical Conference: "System Analysis and Information Technology"* (p.111). K.: UNK «IPSA» NTUU «KPI»

7. N. Averkin (1986) *Nechetkie mnozhestva v modelyakh upravleniya i iskusstvennogo intellekta [Fuzzy sets in control models and artificial intelligence]* D. A. Pospelov (Ed). M.: Nauka

8. Kranenburg C. Fluid Mech. / C. Kranenburg. - 1984. - № 145. - P. 253-273.

9. Takagi T. Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control / T. Takagi, M. Sugeno // IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics. - 1985. - Vol. 15. - P. 116-132.

10. Arnold V. I. (1990). *Teoriya katastrof [The Theory of catastrophes]* (128 p.) M.: Fizmatlit

11. Zaichnko Yu. P. (2005) Issledovaniye effektivnosti nechetkoy neyronnoy seti ANFIS v zadachah makroekonomicheskogo prognozirovaniya [Research of efficiency of ANFIS fuzzy neural networks in problems of macroeconomic forecasting] (pp. 100-112) *Sistemni doslidzhennya ta informatsiini tehnologii - System researches and information technology*.

12. Zemlianskiy O. N. (2012) Prognozirovaniye i monitoring predavariynogo razvitiya protsessov [Predicting and monitoring of pre-emergency development of processes] (pp. 119-120.). *Materialy III mizhn. nauk.-prakt. konf. «Sistemniy analiz. Informatyka. Upravlinnya» SAIU-2012 - Materials of the III International. Scientific and Practical Conference «System Analysis. Computer Science. Management» SAIU-2012. Zaporizhzhya: KPU.*

13. Nazarov A. V. (2003) Neyrosetevyie algoritmy prognozirovaniia i optimizatsii sistem [Neural network algorithms for prediction and optimization of systems].

*Мирошник А. Н., канд. техн. наук., доц., Землянський А. Н., канд. техн. наук., доц.,
Лагно Д. В., Бас А. В.,
Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобыля
Національного університету громадянської захисту України*

АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОНЫ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В УСЛОВИЯХ ЧС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ВЕЛИЧИНЫ

Рассмотрены аспекты определения зоны химического загрязнения атмосферы в условиях ЧС с использованием нечеткой величины. Доказано, что прогнозирования последствий аварий происходит в условиях неопределенности вызванной их внезапностью и критичностью процессов принятия решений. Указано на необходимость осуществления построения или уточнения значений параметров химических аварий в послеаварийный период. Предложено исходные данные для построения

получать с экспертных заключений с дополнительным точечным замером концентрации опасного химического вещества в реперных точках, и на их основании осуществлять коррекцию принимаемых решений. Для определения зоны и характера заражения использованы модели нечеткой логики и нейросетевые технологии.

Ключевые слова: *прогнозирование; зона химического загрязнения; послеаварийный период, нечеткие величины; ЧС.*

*Myroshnyk O. M., PhD in Technical Sciences, Docent,
Zemliansky O. M., PhD in Technical Sciences, Lagno D.V., Bas O. V.,
Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes
of National University of Civil Protection of Ukraine*

ASPECTS OF DETERMINATION OF THE AREA OF CHEMICAL POLLUTION OF THE ATMOSPHERE IN THE CONDITIONS OF EMERGENCIES USING NEGLIGIBLE QUANTITIES

The aspects of the uncertainty of the process of monitoring the concentration of hazardous substances during an accidental discharge are considered. It is proved that the prediction of the consequences of accidents occurs in conditions of uncertainty caused by their suddenness and criticality of decision-making processes. The necessity of post-prediction or clarification of values of parameters of chemical accidents in the post-accident period is indicated. It is suggested to obtain the initial data for post-prediction from expert conclusions with additional point measurement of concentration of dangerous chemical substances at the reference points, and to make corrections of decisions on their basis. Models of fuzzy logic and neural network technologies are used to determine the zone and nature of infection.

All calculation methods are based on this scheme. In most practical situations, the

corresponding results will not reflect the actual Post-emergency status. This is due to the incomplete consideration of the factors affecting the concentration of hazardous substances, in particular, the terrain and its nature can cause an increase or decrease in concentration. Another reason is the change in the nature of the weather conditions and the nature of the accident.

The prediction of the values of the parameters of the zone and the nature of the infection can be accomplished using fuzzy logic models and neural network technologies. Output data for forecasting can be obtained from expert conclusions with additional point measurement of the concentration of dangerous chemical substances at the reference points. On the basis of the latter - to make corrections of the decisions made.

Keywords: *prognostication; zone of chemical pollution; post-accident period fuzzy quantities; emergency situation.*