

МІНІСТЕРСТВО УКРАЇНИ З ПИТАНЬ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
ТА У СПРАВАХ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ ВІД НАСЛІДКІВ
ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ

УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

ПРОБЛЕМИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Випуск 8

Зареєстрований Державним комітетом
телебачення і радіомовлення України

28 лютого 2006 року

Серія КВ № 11041

Затверджено до друку Вченою радою
УЦЗ України
(протокол № 3 від 13.10.2008 р.)

Харків 2008

УДК 331.101+351.861+355.474+355.77+504.056+504.064.36:574+530.17+536.7+541.8(11)+[556.114:574.63](285.33)+614.355+614.8+614.84+614.841+621.396.96+621.865.8+697.953:537.56

Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України.
Вип. 8. – Харків: УЦЗУ, 2008. – 243 с.

Видання засноване у 2005 р. та включене до переліку видань ВАК України (постанова Президії № 1-05/7 від 04.07.2006 р.).

Наведені результати наукових досліджень у галузі забезпечення цивільного захисту. Розглядаються організаційно-технічні аспекти вдосконалення системи цивільної оборони, що відображають сучасні методи підвищення ефективності цивільного захисту та тенденції розвитку наукових досліджень в даній галузі.

Матеріали призначені для інженерно-технічних робітників цивільного захисту, професорсько-викладацького складу, докторантів, ад'юнктів, слухачів, курсантів та студентів вищих навчальних закладів.

Іл. – 76, табл. – 16

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ: д-р техн. наук, проф. *Ю.О. Абрамов* (відп. ред.), д-р техн. наук, проф. *Е.В. Бодянский*, д-р хім. наук, проф. *В.Д. Калугін*, д-р техн. наук, проф. *В.М. Комяк*, д-р техн. наук, проф. *В.І. Кривцова*, д-р техн. наук, проф. *Л.М. Куценко*, д-р техн. наук, проф. *О.М. Ларін*, д-р техн. наук, проф. *Е.Ю. Прохач*, д-р техн. наук, проф. *В.В. Соловей*, д-р фіз.-мат. наук, проф. *О.П. Сознік*, д-р техн. наук, проф. *І.Б. Туркін*, д-р фіз.-мат. наук, проф. *С.В. Яковлев*, д-р техн. наук, проф. *Р.А. Яковлева*

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. О.Н. Фоменко
д-р техн. наук, проф. О.Г. Руденко

Издание основано в 2005 г. и включено в перечень изданий ВАК Украины (постановление Президиума № 1-05/7 от 04.07.2006 г.)

Представлены результаты научных исследований в области обеспечения гражданской защиты. Рассматриваются организационно-технические аспекты совершенствования системы гражданской обороны, отражающие современные методы повышения эффективности гражданской защиты и тенденции развития научных исследований в данной области.

Материалы предназначены для инженерно-технических работников гражданской защиты, профессорско-преподавательского состава, докторантов, адъюнктов, слушателей, курсантов и студентов высших учебных заведений.

*Аветісян В.Г., канд. техн. наук, нач. каф., УЦЗУ,
Тригуб В.В., канд. техн. наук, ст. викл., УЦЗУ*

АЛГОРИТМ ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ПОТЕРПІЛИХ НА ЗРУЙНОВАНИХ БУДИНКАХ

(представлено д-ром техн. наук Бодянським Е.В.)

Показано підходи до визначення кількості потерпілих на зруйнованих будівлях

Постановка проблеми. Основна задача підрозділів МНС при ліквідації надзвичайних ситуацій, в тому числі і при руйнуванні будинків є рятування людей [1].

В роботі [2] запропонована методика розрахунку сил та засобів необхідних для ліквідації надзвичайних ситуацій, що пов'язані з руйнуванням будівель та споруд. Одним із показників для визначення необхідних сил для проведення рятувальних робіт є кількість постраждалих людей.

Поразка людей буде залежати від міцності матеріалів, відхилення будівельних елементів від проектних розмірів, розходження умов виготовлення елементів, імовірності розміщення людей у зоні ризику, щільності розселення в будинку та імовірності ураження людей уламками при одержанні будинком того або іншого ступеня ушкодження.

Отже, для оцінки кількості постраждалих при впливі наслідків НС, необхідно застосовувати імовірнісний підхід.

Таким чином, актуальною є проблема визначення кількості потерпілих для розрахунку кількості рятувальників при проведенні аварійно-рятувальних робіт на зруйнованих будівлях.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В попередніх дослідженнях докладно розглядаються питання, які стосуються прогнозування наслідків НС взагалі. В роботі [3] розглядається методика визначення обсягу завалів, яка дозволяє визначити потрібну кількість сил та засобів для їхнього розбирання. В [4-6] запропоновано загальний перелік та послідовність рятувальних робіт на зруйнованих будівлях. Ймовірність ураження людей від ступеню пошкодження будівлі і час необхідний для їхнього рятування розглядається в [7]. Не достатньо розглянуті питання про-

гнозування кількості людей, які можуть опинитися у завалах зруйнованих будівель.

Постановка завдання та його вирішення. В існуючих методиках розрахунку сил та засобів при проведенні аварійно-рятувальних робіт на зруйнованих будівлях кількість потерпілих задається [2], але не завжди ми можемо визначити скільки людей потребують допомоги. Тому необхідно уточнити методику розрахунку сил при проведенні аварійно-рятувальних робіт на зруйнованих будівлях [2] методикою визначення кількості потерпілих в завалах при аваріях та стихійних лихах.

При розрахунках необхідно враховувати, що подія C_i (загальні, безповоротні, санітарні втрати населення) може відбутися при одержанні спорудою одного зі ступенів ушкодження. Розрахунки проводяться по формулі

$$P(\Phi) = \sum_{i=1}^n P_{B_i}(\Phi) \cdot P(C_j/B_i), \quad (1)$$

де $P(\Phi)$ - імовірність ураження людей від впливу уражаючого фактора Φ ; $P_{B_i}(\Phi)$ - імовірність настання i -го ступеня ушкодження спорудою при заданому значенні уражаючого фактору (закон руйнування); $P(C_j/B_i)$ - імовірність одержання людьми j -го ступеня ураження за умови того, що наступила i -а ступінь ушкодження будинку; n - розглянуте число ступенів ушкодження будинку.

Значення $P(C_j/B_i)$ одержують на основі обробки матеріалів про наслідки аварій і стихійних лих.

При прогнозуванні визначають математичні очікування чисельності потерпілих.

Поставимо перед собою завдання по визначенню ймовірності ураження людей, що перебувають у місті в межах невеликої площадки з координатами x, y , маючи в якості вихідних даних параметричний закон поразки людей $P(\Phi)$ і функцію щільності розподілу $f(x, y, \Phi)$ інтенсивності вражаючого фактора - коли вплив розглядається у вигляді імовірнісної моделі.

Нехай у межах елементарної площадки, з координатами (x, y) , діє вражаючий фактор з інтенсивністю Φ . Тоді ймовірність одночасного виконання двох подій: події, що складається в тім, що люди будуть уражені при заданій інтенсивності вражаючого фактора та події, що полягає в тім, що в межах розглянутої площадки

буде діяти вражаючий фактор із заданою інтенсивністю, буде дорівнювати

$$P = P(\Phi) \cdot f(x, y, \Phi_3) \cdot \Delta \Phi, \quad (2)$$

де $P(\Phi_3)$ – імовірність ураження людей при впливі вражаючого фактора з інтенсивністю Φ_3 ; $f(x, y, \Phi_3) \cdot \Delta \Phi$ – імовірність влучення значення вражаючого фактора Φ_3 на інтервал $\Delta \Phi$.

Імовірність поразки населення в межах розглянутої площадки з урахуванням можливого впливу вражаючого фактора різної інтенсивності, буде дорівнювати

$$P(x, y) = \int_{\Phi_{\min}}^{\Phi_{\max}} P(\Phi) \cdot f(x, y, \Phi) d\Phi, \quad (3)$$

де Φ_{\min} , Φ_{\max} – відповідно мінімально і максимально можливе значення вражаючого фактора розглянутої НС; $P(\Phi)$ – параметричний закон ураження людей; $f(x, y, \Phi)$ – функція щільності розподілу інтенсивності вражаючого фактора в межах площадки з координатами (x, y) .

Математичне очікування втрат людей у межах усього міста визначається за формулою

$$M(N) = \iint_{S_r} \int_{\Phi_{\min}}^{\Phi_{\max}} P(\Phi) \cdot f(x, y, \Phi) \cdot \Psi(x, y) d\Phi dx dy, \quad (4)$$

де S – площа міста; $\Psi(x, y)$ – щільність населення в межах розглянутої площадки (приймається в якості вихідних даних).

Математичне очікування втрат людей (загальних, безповоротних, санітарних) і структура по вазі ураження можуть бути визначені з урахуванням імовірності розміщення людей у зоні ризику за формулою

$$M(N) = \iint_{S_r} \int_0^{24\Phi_{\max}} \int_{\Phi_{\min}} P(\Phi) \cdot f(x, y, \Phi) \cdot \Psi(x, y) \cdot f(t) \cdot d\Phi dt dx dy, \quad (5)$$

де $f(t)$ - функція щільності розподілу розміщення людей у будинках залежно від часу доби.

Функцію $f(t)$ одержують на основі статистичного аналізу матеріалів по міграції населення в місті протягом доби.

Висновки. В роботі наведена методика розрахунку імовірної кількості постраждалих для подальшого уточнення методики визначення сил для проведення рятувальних робіт на зруйнованих будинках. Ймовірнісний підхід прогнозування кількості потерпілих в зруйнованих будинках дозволяє врахувати досить велику кількість факторів, які впливають на його точність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про правові засади цивільного захисту: Закон України / Верховна Рада України. Київ, 2004.
2. Аветісян В.Г., Тригуб В.В. Прогнозування кількості рятувальників для проведення робіт на зруйнованих будинках // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 7. – Харків: УЦЗУ, 2008. С. 3 – 8.
3. Каммерер Ю.Ю., Харкевич А.Е. Аварийные работы в очагах поражения. - М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
4. Аветісян В.Г., Адаменко Н.И., Александров В.Л. Рятувальні роботи під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Посібник. Київ.: Основа, 2006. – 239 с.
5. Дементьев С.В., Чумак С.П., Дурнев Р.А. Отчет по результатам натурных экспериментальных исследований по отработке технологий и способов ведения спасательных работ в условиях разрушенных зданий. - М.: ВНИИ ГОЧС, 1993.
6. Шахмарьян М.А. Научно-методические основы планирования использования аварийно-спасательных сил при разрушительных землетрясениях // ВИНТИ. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. - 1993. - Вып.7. – С.23-29.
7. Аветісян В.Г., Дерев'янко І.Г., Сенчихін Ю.М. Методичні вказівки для виконання контрольної роботи з організації аварійно-рятувальних робіт. – Харків:УЦЗУ, 2006. – 33 с.

*Акулов В.М., викл., УЦЗУ,
Кулаков О.В., канд. техн. наук, заст. нач. каф., УЦЗУ,
Райз Ю.М., викл., УЦЗУ,
Сацюк Д.В., аспірант, ХНУРЕ,
Чорний С.В., канд. техн. наук, пров. наук. співр., ХНУРЕ*

**ВИКОРИСТАННЯ АЕРОСТАТІВ ТА АЕРОЗОНДІВ
ДЛЯ ПОВІТРЯНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА СТАНОМ ТЕРИТОРІЇ**
(представлено д-ром техн. наук Яковлевою Р.А.)

На прикладі спостереження за протипожежним станом лісових масивів проаналізовано існуючу в Україні систему спостереження за станом її території. Розглянуто перспективи використання прив'язних аеростатів та аерозондів для організації в країні цілодобового повітряного спостереження

Постановка проблеми. Сучасний стан суспільства характеризується зростанням втрат людей і шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами. Ризики надзвичайних ситуацій (НС) природного і техногенного характеру постійно зростають, що суттєво впливає на всі сфери суспільного життя. Забезпечення захисту населення і територій у разі загрози та виникнення НС, забезпечення гарантованого рівня безпеки особистості, суспільства і держави є одним з найважливіших завдань державної політики у сфері цивільного захисту [1].

За територією Україна є найбільшою державою Європи - її площа становить 603 тис. км². Одним із головних завдань цивільного захисту є своєчасне виявлення місць виникнення НС. Воно, як правило, вирішується шляхом спостереження. Останнім часом все ширше використовуються літаки різних класів [2]. Однак існуюча система спостереження, на наш погляд, не дозволяє у повній мірі забезпечити цілодобове спостереження. Суттєвим її доповненням може стати використання прив'язних аеростатів та аерозондів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз світових тенденцій розвитку повітроплавних засобів [3-7] свідчить, що інтерес до використання літальних апаратів (ЛА), легших за пові-

тря, з метою виконання завдань повітряного спостереження постійно зростає.

Провідні країни світу, зокрема США, разом з пілотованими та безпілотними ЛА використовують велику кількість аеростатів. Наприклад, фірма “Naval Electronics & Surveillance Systems” (США) виготовляє і постачає аеростати цивільним організаціям та силовим структурам. Найбільш сучасний з них - типу 420K - може знаходитись в повітрі до тижня, його бортова апаратура включає радіолокаційну станцію з дальністю дії до 300 кілометрів, інфрачервоні та оптико-електронні системи спостереження. Військово-повітряні сили США у 2002 році підписали контракт з цією фірмою на суму 79 мільйонів доларів про встановлення на аеростатах 420K трьох-координатної РЛС L – 88. Ці повітроплавні ЛА входять у систему TARС (Tethered Aerostat Radar System – радіолокаційна система на прив'язних аеростатах), яка забезпечує контроль всього південного повітряного кордону США. При цьому користувачами інформації є всі зацікавлені відомства.

Як правило, аеростат піднімається і опускається за допомогою лебідки, електроживлення забезпечується по кабель-тросу. Прийнята інформація передається на пункти її обробки по радіоканалах. Таким чином, типова схема застосування аеростатів вимагає створення наземних базових станцій.

Сучасні аеростати заповнюються гелієм, що забезпечує їх пожежну безпеку. Метеорологічна розвідка своєчасно подає дані, щоб вчасно опускати аеростат у випадку наближення шторму. Готовність аеростатів США становить близько 98 %.

Звичайно у аеростатів є й обмеження. Так від безпілотних літаків пошуково-рятувальної служби [8] їх відрізняє менша мобільність. В той же час використання аеростатів дає можливість суттєво економити кошти на цілодобове повітряне спостереження.

Постановка завдання та його вирішення. Розглянемо можливість використання аеростатів та аерозондів для цілодобового повітряного спостереження на прикладі спостереження за протипожежним станом лісових масивів (лісова пожежа – один з видів НС, код цієї НС за ДК-019 2001 – 20510).

Аналіз статистичних даних [1] свідчить про те, що проблема захисту лісових масивів на території України залишається актуальною. Ліси і торфовища займають більш ніж 10 мільйонів гектарів (10^5 км²) її території. Щорічно виникає 3,5 тисячі лісових пожеж, що знищують більш 5 тис. гектарів лісу. Близько 90% лісових

пожеж виникають у 10 - кілометровій приміській зоні, з них 60% - у 5-кілометровій зоні, у 90% випадків причиною яких є необережність чи зловмисність людини.

Одним із головних завдань у боротьбі з лісовими пожежами є своєчасне виявлення місць загоряння.

Визначимо характеристики аеростату для вирішення завдань протипожежного спостереження за станом лісових масивів.

Щоб отримати дані про об'єкти, що спостерігаються, можливо використовувати фотоапаратуру перспективної зйомки або засоби радіотехнічного спостереження (зокрема радіолокаційні станції (РЛС)). При використанні аеростатів слід враховувати рельєф місцевості, висоту на яку можливо реально підняти аеростат (від висоти розташування засобів спостереження залежить їх дальність дії). Відомо [9], що максимальна відстань між двома об'єктами $D_{нев}$, при якій забезпечується пряма видимість, внаслідок сферичності земної кулі пов'язана з висотами розташування об'єктів H_1 та H_2 (усі відстані вимірюються у км)

$$D_{нев} \approx 113 \cdot (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}). \quad (1)$$

При висоті підйому аеростату H_2 від 1 км до 5 км [3-7] та висоті об'єкта спостереження $H_1=0$ км максимальна похила дальність дії його систем спостереження над наземними об'єктами складатиме $D_{нев}=113 \div 253$ км.

Виходячи з цього, надамо оцінку необхідної кількості пунктів спостереження за станом лісових масивів для України в цілому. Припустимо, що апаратура спостереження має зону спостереження у вигляді кола. Тоді площа району спостереження $P_{нев}$ (км²) може бути визначена з (1) з геометричних міркувань

$$P_{нев} \approx 3.14 \cdot (((113 \cdot (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}))^2 - (H_2 - H_1)^2). \quad (2)$$

Таким чином, для означених вище висот площа району спостереження складатиме від 40112 км² до 200496 км². У такому випадку загальна найменша (ідеальна) кількість пунктів спостереження за територією України складатиме від 15 до 3, а для території лісових масивів від 3 до 1.

Проте обмеження дальності дії систем спостереження виникають не тільки внаслідок сферичності Землі. Стан атмосфери

Використання аеростатів та аерозондів для повітряного спостереження за станом території

(зокрема хмарність) впливає на дальності спостереження усіх без винятку сучасних систем спостереження. При виборі висоти спостереження слід враховувати метеорологічні умови району спостереження, зокрема ймовірні висоти появи хмарності, а також реальну дальність видимості для конкретних систем спостереження.

Виходячи з того, що для європейської частини континенту найбільш ймовірні висоти появи хмар на протязі року складають 1000 м та вище [10], для аеростату або аерозонду можна рекомендувати висоти підйому не вище за 1000 м.

Найменшу дальність спостереження мають системи оптичного видимого діапазону (0,4-0,75мкм). Наприклад, для району м. Харків у серпні 2008 року (за даними www.wunderground.com) метеорологічна дальність видимості не перевищувала 20 км. Доцільна висота H_2 підйому аеростату у разі використання систем спостереження з обмеженою дальністю дії $D_{зад}$ з (1) визначається, як

$$H_2 \approx (D_{зад} / 113 - \sqrt{H_1})^2. \quad (3)$$

Тоді, для вказаних умов спостереження висота підйому аеростату складатиме, згідно з (3) лише 31м, площа зони спостереження становитиме 1257м², кількість пунктів спостереження для загальної площі лісових масивів складатиме 80 одиниць, а для території України - 480 одиниць. Таким чином, кількість пунктів спостереження коливатиметься у межах 15-480 для території України та 3-80 для загальної площі лісових масивів в залежності від максимальної дальності спостереження використаних систем.

Важливою характеристикою аеростату, що характеризує його вантажні можливості, є відношення його об'єму до ваги корисного навантаження

$$P = \frac{V}{M}, \quad (4)$$

де P - питомий об'єм на одиницю ваги корисного навантаження, м³/кг; V – об'єм аеростату, м³; M – корисне навантаження, кг.

У таблиці 1 наведено характеристики аеростатів фірми “Naval Electronics&Surveillance Systems” (США). Аналіз наведених характеристик дозволяє зробити висновок про те, що для аеростатів з висотою підйому до 1000 м достатнім є питомий об'єм 4,13 м³/кг, а для висот до 5000 м – 13÷16 м³/кг.

Акулов В.М., Кулаков О.В., Райз Ю.М., Сацюк Д.В., Чорний С.В.

Таблиця 1 – Характеристики аеростатів фірми “Naval Electronics & Surveillance Systems” (США)

Тип аеростату	56К	275К	420К	
Питомий об'єм, [м ³ /м]	4,13	16,35	6,61	13,10
Висота, [м]	900	4000	3000	5000

Таким чином, при типовій вазі сучасної станції повітряного спостереження у 11,5 кг, достатній об'єм аеростату складатиме 48 м³ для висот підйому до 1000 м, і, відповідно, 184 м³ для висот підйому до 5000 м.

У разі використання найбільш сучасних малогабаритних телевізійних або цифрових фотографічних систем спостереження корисна вага може складати всього 0,1-0,5 кг (наприклад, Інтернет-орієнтована безпроводна цифрова відеокамера фірми Dlink DCS-2120 з передачею інформації по WiFi каналах). У цьому випадку для підйому можуть бути використані взагалі метеорологічні аерозонди. Перевагою використання метеорологічних зондів у порівнянні з прив'язними аеростатами є можливість оперативного нарощування їх об'єму завдяки одночасному використанню кількох аерозондів одночасно. Мініатюризація оптико-електронних систем спостереження дає змогу зменшити витрати на наземне обладнання станції запуску повітроплавних засобів протипожежного спостереження до рівня одного робочого місця.

Якість зображення місцевості визначається розв'язуючою спроможністю апаратури спостереження. Для РЛС добре відображення місцевості забезпечується, якщо лінійне розв'язання δD РЛС по дальності та азимуту задовольняє вимогам [9]

$$\delta D \leq 0,1 \cdot l \text{ та } \delta l_{аз} = \theta \cdot D \leq 0,1 \cdot l. \quad (3)$$

де l - лінійний розмір пожежі, $l_{аз}$ - елемент розв'язання за азимутом, θ - азимут.

Чітке розпізнавання цілі у вигляді площини та її конфігурацію (лісова пожежа) забезпечується, якщо на її поверхні укладається не менше 100-200 елементів розв'язання РЛС ($\delta D \times \delta l$).

Слід зауважити, що до радіоелектронного обладнання аеростатів та аерозондів у порівнянні з іншими ЛА пред'являються менш жорсткі вимоги відносно стійкості до вібрацій та перевантажень. Проте є проблема стабілізації платформи з обладнанням.

Використання аеростатів та аерозондів для повітряного спостереження за станом території

Висновки. Використання прив'язних аеростатів та аерозондів у поєднанні з сучасними системами спостереження можна розглядати як один з перспективних напрямів розвитку систем цілодобового спостереження, зокрема за протипожежним станом лісових масивів та території держави в цілому.

Таким чином, для України аеростати та аерозонди рятувального спостереження можуть стати оптимальною технікою по ефективності застосування та ціною.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки України у 2007 році. // Сайт МНС України www.mns.gov.ua.
2. Маховський О. Ті, що атакують вогонь із повітря // Пожежна безпека. – 2008. - №8(107). - С. 2-3.
3. Номенклатура аеростатів фірми TARS // Сайт www2.acc.af.mil.
4. Аеростати фірми HOTAIR // Сайт www.hotairballooning.org.
5. Аеростати фірми TCOMLP // Сайт www.tcomlp.com.
6. Аеростати фірми NBC // Сайт www.nbc4.com.
7. Аеростати фірми BOSCHAERO // Сайт www.boschaero.com.
8. Акулов В.М., Кулаков О.В., Райз Ю.М., Чорний С.В. Обґрунтування радіусу дії безпілотного літака пошуково-рятувальної служби // Проблеми НС: Сб. науч. тр. АЦЗ України. Вып. 7. – Харьков: Фолио, 2008. с.13-17.
9. Авиационное радиоэлектронное оборудование. Под ред. Н.Т. Василенко. – М.: ВВИА им. Н.Е.Жуковського. - 264 с.
10. Атлас метеорологических данных / Под гл. ред. Борисенкова Е.П. – М.: Военное издательство, 1991. – 440 с.

Альбоцій О.В., канд. військ. наук, нач. каф., УЦЗУ

ДО ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДГОТОВКИ ПІДРОЗДІЛІВ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНОЇ СЛУЖБИ

(представлено д-ром фіз.-мат. наук Созніком О.П.)

В статті розглядається задача максимізації ефекту від проведення навчальних заходів, рішення якої може бути корисним при плануванні та організації підготовки підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту

Постановка проблеми. Для органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту важливим питанням є підтримання їх підготовки на належному рівні, оскільки характер завдань, які на них покладено, потребує постійної готовності до їх виконання. Для підтримання в постійній готовності органів управління та підрозділів МНС до виконання відповідних професійно-службових завдань організовується службова підготовка, яка передбачає здійснення у плановому порядку системи навчальних заходів [1]. Система заходів проводиться в обсязі програми із службової підготовки, що дозволяє сформувати та підтримувати деякий плановий рівень навченості. При цьому, з метою забезпечення ефективності службової підготовки конкретного підрозділу до рекомендованої тематики занять можуть вноситись зміни з врахуванням його завдань, специфіки об'єктів, розташованих в районі можливих дій реагування, та фактичного рівня навченості.

Незважаючи на існуючі досить чіткі організаційні основи службової підготовки, потребують подальшого розвитку теоретичні питання, які стосуються обґрунтування планових навчальних заходів, оцінювання планового рівня підготовки, забезпечення ефективності системи навчальних заходів. Актуальність даних питань загострюється і у зв'язку з обмеженим фінансуванням. Адже більш високий рівень навченості потребує проведення більшої кількості навчальних заходів, відпрацювання навчальних завдань більшої складності, занять з імітуванням реальної обстановки. Це потребує значних ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням забезпечення ефективності процесу навчання різних професійно-орієнтованих формувань приділяється значна увага як на практиці так і в теорії. Наприклад, організаційні основи підготовки органів управління та підрозділів МНС викладені в [1].

Як показав аналіз спеціальної літератури, існують різні підходи до теоретичного опису процесу навчання. Їх основи розкриті в [2, 3]. Підходи до оцінювання параметрів планів підготовки, оцінювання показників рівня підготовки наведені в роботі [2]. В статті [3] зроблений аналіз підходів до кількісного оцінювання впливу рівня підготовки особового складу на результати службової діяльності підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту. В той же час, серед питань, які потребують подальших досліджень, є питання визначення достатньої кількості навчальних заходів та періодичності їх проведення. Для відповіді на ці питання необхідно вирішити задачу максимізації ефекту від проведення сукупності навчальних заходів.

Постановка завдання та його вирішення. Припустимо, що початковий рівень підготовки оперативно-рятувального підрозділу (P_n) нижчий за потрібний (P_n). Досягнення рівня P_n можливе вже в результаті проведення одного навчального заходу. Якщо в якості показника ефекту від проведення декількох (сукупності) навчальних заходів розглядати тривалість інтервалу часу, впродовж якого рівень навченості не знизиться нижче потрібного значення P_n , то задача зводиться до знаходження максимально можливої тривалості даного інтервалу.

Розглянемо два варіанти проведення навчальних заходів.

Перший варіант. Два однакових заходи з граничним рівнем навченості P_{gp} , який може бути досягнутим при численних повтореннях (тренуваннях), проводяться послідовно один за одним. Після проведення першого заходу досягається деяке значення рівня навченості P_1 . Причому $P_1 > P_n$. Після закінчення другого заходу рівень навченості зростає до значення P_{21} . Далі, впродовж часу $\Delta\tau_1$, відбувається зниження рівня навченості до значення P_n .

Другий варіант. Проводиться перший навчальний захід. Аналогічно першому варіанту досягається значення рівня навченості P_1 . Після закінчення цього заходу впродовж інтервалу часу $\Delta\tau_{12}$ рівень навченості знижується до значення P_n . В цей момент часу проводиться другий навчальний захід, в результаті якого на-

вченість підвищується до рівня P_{22} . Далі, впродовж інтервалу часу $\Delta\tau_{22}$ знову відбувається зниження рівня навченості до значення P_n .

Спираючись на [2], динаміка рівня навченості для першого варіанту проведення навчальних заходів може бути описаною наступним чином

$$\begin{aligned} P_1 &= P_{ep} - (P_{ep} - P_n) \cdot (1 - d), \\ P_{21} &= P_{ep} - (P_{ep} - P_n) \cdot (1 - d)^2 = P_{ep} - (P_{ep} - P_1) \cdot (1 - d), \\ P(t) &= P_n = P_n - (P_{ep} - P_{21}) \cdot (1 - d_3)^{\Delta\tau_1}. \end{aligned} \quad (1)$$

Звідси

$$\Delta\tau_1 = \frac{\ln(P_n - P_n) - \ln(P_n - P_{21})}{\ln(1 - d_3)}.$$

Графічна інтерпретація першого варіанту показана на рис. 1.

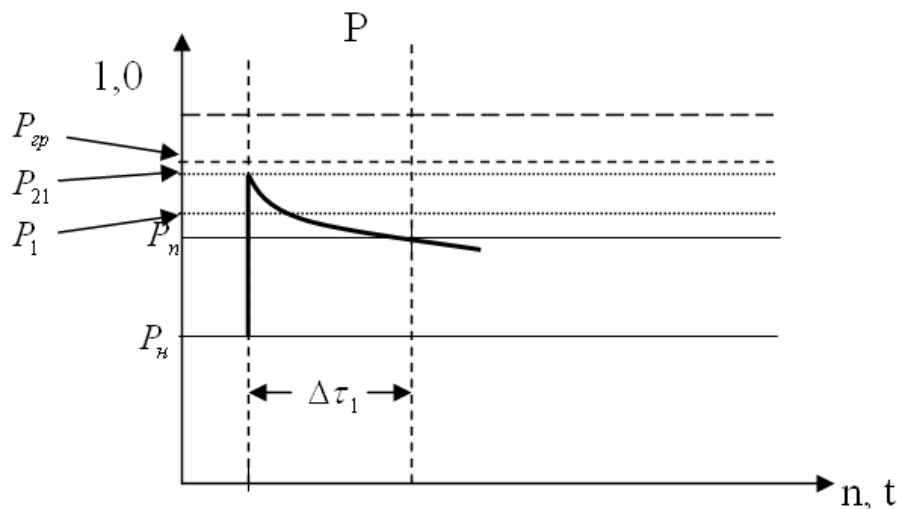


Рис. 1 – Динаміка рівня навченості при послідовному проведенні двох навчальних заходів

Для другого варіанту аналітична модель динаміки рівня навченості має вигляд

$$P_1 = P_{ep} - (P_{ep} - P_n) \cdot (1 - d),$$

$$\Delta\tau_{12} = \frac{\ln(P_H - P_n) - \ln(P_H - P_1)}{\ln(1 - d_3)},$$

$$P_{22} = P_{zp} - (P_{zp} - P_n) \cdot (1 - d), \quad (2)$$

$$\Delta\tau_{22} = \frac{\ln(P_H - P_n) - \ln(P_H - P_{22})}{\ln(1 - d_3)},$$

$$\Delta\tau_2 = \Delta\tau_{12} + \Delta\tau_{22}.$$

Графічна інтерпретація другого варіанту показана на рис. 2.

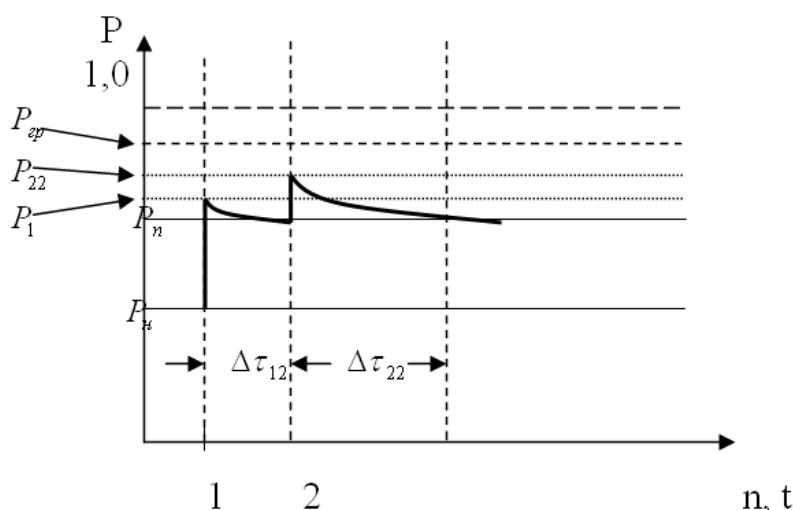


Рис. 2 – Динаміка рівня навченості при проведенні двох навчальних заходів з перервою в часі

Розглянемо різницю інтервалів часу другого та першого варіантів, впродовж яких рівень навченості буде не нижчим потрібного. Очевидно, якщо вона буде додатньою, то переважним буде другий варіант, а якщо від'ємною – то перший.

$$\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1 = \left[\frac{\ln(P_H - P_n) - \ln(P_H - P_1)}{\ln(1 - d_3)} + \frac{\ln(P_H - P_n) - \ln(P_H - P_{22})}{\ln(1 - d_3)} \right] -$$

$$- \left[\frac{\ln(P_H - P_n) - \ln(P_H - P_{21})}{\ln(1 - d_3)} \right] =$$

$$= \frac{\ln(P_H - P_n) - \ln(P_H - P_1) + \ln(P_H - P_n) - \ln(P_H - P_{22})}{\ln(1 - d_3)} -$$

$$- \frac{\ln(P_H - P_n) - \ln(P_H - P_{21})}{\ln(1 - d_3)} =$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\ln(P_n - P_n) - \ln(P_n - P_1) + \ln(P_n - P_n)}{\ln(1 - d_3)} - \\
 &- \frac{\ln(P_n - P_{22}) + \ln(P_n - P_n) - \ln(P_n - P_{21})}{\ln(1 - d_3)} = \\
 &= \frac{\ln(P_n - P_n) - \ln(P_n - P_1) - \ln(P_n - P_{22}) + \ln(P_n - P_{21})}{\ln(1 - d_3)} = \\
 &= \frac{\ln(P_n - P_n) - \ln(P_n - P_1) - [\ln(P_n - P_{22}) - \ln(P_n - P_{21})]}{\ln(1 - d_3)} = \\
 &= \frac{\ln\left(\frac{(P_n - P_n)}{(P_n - P_1)}\right) - \ln\left(\frac{(P_n - P_{22})}{(P_n - P_{21})}\right)}{\ln(1 - d_3)}.
 \end{aligned}$$

Розглянемо знаменник отриманого математичного виразу. Оскільки величина d_3 лежить в інтервалі від 0 до 1, то й величина $(1 - d_3)$ теж змінюється в таких же межах. Тоді $\ln(1 - d_3) \leq 0$. Звідси можна зробити висновок, що для того щоб різниця інтервалів, яка розглядається, була позитивною, необхідно, щоб чисельник отриманого виразу був від'ємним. Іншими словами, повинна виконуватися нерівність

$$\ln\left(\frac{(P_n - P_n)}{(P_n - P_1)}\right) - \ln\left(\frac{(P_n - P_{22})}{(P_n - P_{21})}\right) < 0.$$

Перепишемо нерівність наступним чином

$$\ln\left(\frac{(P_n - P_n)}{(P_n - P_1)}\right) < \ln\left(\frac{(P_n - P_{22})}{(P_n - P_{21})}\right).$$

Спростимо отриманий вираз, для чого позбудемось логарифмів.

$$e^{\ln\left(\frac{(P_n - P_n)}{(P_n - P_1)}\right)} < e^{\ln\left(\frac{(P_n - P_{22})}{(P_n - P_{21})}\right)}.$$

Тоді перейдемо до нерівності вигляду

$$\frac{(P_n - P_n)}{(P_n - P_1)} < \frac{(P_n - P_{22})}{(P_n - P_{21})}. \quad (3)$$

Чи завжди виконується дана нерівність?

Виходячи із змістовної сторони задачі, повинна бути дотримана умова $P_n \leq P_n \leq P_1$, яка визначає область допустимих значень величини P_n . В протилежному випадку задача втрачає сенс, так як, якщо проведення одного заходу не забезпечує потрібного рівня навченості, то необхідно проводити додатково заходи, що змінює постановку розв'язуваної задачі. А, якщо початковий (існуючий) P_n вище за потрібний, то проведення заходу завідома не потрібне.

Розглянемо поводження нерівності (3) за граничних значень величини P_n . Нехай $P_n = P_1$, тобто знаходиться на верхній межі. Тоді, виходячи з формул (1) та (2), будемо мати

$$P_{22} = P_{2p} - (P_{2p} - P_1) \cdot (1 - d) = P_{21}.$$

Нерівність перетворюється в рівність, а саме

$$\frac{(P_n - P_1)}{(P_n - P_1)} < \frac{(P_n - P_{21})}{(P_n - P_{21})} = 1.$$

Розглянемо поводження нерівності при нижньому граничному значенню P_n , а саме коли $P_n = P_n$. При цьому

$$P_{22} = P_{2p} - (P_{2p} - P_n) \cdot (1 - d) = P_1.$$

Нерівність (3) набуває вигляду

$$\frac{(P_n - P_n)}{(P_n - P_1)} < \frac{(P_n - P_1)}{(P_n - P_{21})}.$$

Ліва частина нерівності дорівнює нулю, так як дорівнює нулю її чисельник. Права – більша нуля, так як $P_{21} > P_1 > P_n$.

Проаналізуємо поводження нерівності при значеннях, які лежать всередині інтервалу $[P_n, P_1]$. Ліва частина змінюється від 0 до 1. Права – від деякого значення, більшого нуля до одиниці. Так як функції є монотонними і ведуть себе однаково, то в області до-

пустимих значень величини P_n права частина нерівності залишається більша за ліву. В лише на верхній межі, коли $P_n = P_1$, нерівність обертається в рівність. Сумарний інтервал часу, коли рівень навченості не нижчий за необхідний, для другого варіанту буде більшим ніж інтервал часу для першого варіанту.

Висновки. Для досягнення максимального ефекту від двох однакових навчальних заходів, їх необхідно проводити за другим варіантом, коли між ними витримується інтервал часу, тривалість якого визначається моментом зниження рівня навченості до потрібного значення. Результат може бути розповсюдженим на більшу кількість заходів за умови рівності їх параметрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тимчасова настанова з організації професійної підготовки працівників органів управління та підрозділів МНС України (наказ МНС України від 27.11.03 № 455).- К.: МНС, 62 с.
2. Военно-экономический анализ Под ред. С.Ф. Викулова. М.: Военное издательство, 2001., С 243-277.
3. Альбошій О.В. Підходи до визначення впливу рівня підготовки особового складу підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту на ефективність їх професійно-службової діяльності // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. – Харків: УЦЗУ, – 2006. – Вип. 4. – С.34-40.

Бабич О.С., канд. техн. наук, доц., ДДАУ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ КОНВЕРСІЙНИХ ПАЛИВ

(представлено д-ром техн. наук Комяк В.М.)

Однією з головних проблем є механізація проведення робіт в осередках радіаційного, хімічного та біологічного зараження, на об'єктах з складним обладнанням та на території сільськогосподарського призначення.

Проведений аналіз показує, що існуючі технічні засоби, призначені для проведення захисних заходів у мирний час дозволяють механізувати роботи із рідкими активними речовинами об'ємом до 1 л і, далі, починаючи з 400 л, а в проміжку зазначених об'ємів така можливість відсутня.

Задовольнити поставлені вимоги можливо, використовуючи енергію газів, що утворюються при згорянні пороху і твердих газифікуючих сполук (ТГС) в газогенеруючих пристроях (ГГП).

Постановка проблеми. Сьогодні змінюється характер небезпек, що загрожує життю населення. Ще недавно найбільшу небезпеку для людей представляли війни, то тепер у промислово розвинених країнах на перше місце виходять небезпеки, викликані технічним прогресом - техногенні небезпеки. Зростаюча кількість високих технологій та ріст кількості підприємств разом з урбанізацією населення ставлять проблему захисту від техногенної й екологічної небезпеки на одне з перших місць серед державних проблем в Україні [1].

Для її рішення потрібне проведення великого об'єму науково-дослідних робіт, особливо в області створення захисних технологій і спеціальної техніки захисту.

Однією з головних проблем є механізація проведення робіт в осередках радіаційного, хімічного та біологічного зараження на промислових об'єктах та території сільськогосподарського призначення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Успішне виконання робіт при ліквідації надзвичайної ситуації багато в чому залежить від наявності необхідних засобів механізації. Для ведення робіт можуть бути використані всі наявні на об'єкті господарювання машини та механізми. Але вони можуть бути застосовані

тільки при наявності енергоносіїв або електричної енергії, що за багатьох причин буває проблематично.

Існуючі автономні засоби знезараження можна розділити на два типи. До першого типу відносяться пересувні засоби знезараження, які змонтовані на самохідному шасі або можуть транспортуватися на причепах. До другого типу - засоби знезараження, з якими може рухатися оператор. За видом джерела енергії засоби, що використовуються для знезараження підрозділяються на пристрої, що використовують енергію згоряння нафтопродуктів, ручну механічну енергію і енергію стиснутих або скраплених газів.

Проведений аналіз показує, що існуючі технічні засоби, призначені для проведення захисних заходів у мирний час дозволяють механізувати роботи із рідкими активними речовинами об'ємом до 1 л і, далі, починаючи з 400 л, а в проміжку зазначених об'ємів така можливість відсутня.

У вітчизняній і закордонній практиці знаходять застосування різні системи витиснення, наддування, подачі активної речовини, які можна об'єднати в наступні групи:

1. Системи із застосуванням ручних гідропультів.
2. Балонні системи закачного типу на основі ручних насосів і електричних компресорів.
3. Балонні системи ежекторного типу.
4. Витисні системи з використанням хімічних реакцій для створення робочого тиску.
5. Балонні системи з ємністю високого тиску, розміщені усередині або зовні робочої ємності.
6. Аерозольні балони.

Необхідно відзначити, що групи один і два без наявності компресорів перебувають поза конкуренцією в будь-яких умовах, тому що використовують мускульну силу операторів і, таким чином, не залежать від традиційних видів енергії. Основні недоліки: значні фізичні зусилля, які необхідно прикладати для приведення в дію, невисока продуктивність таких систем, наявність великої кількості рухливих сполучених елементів знижують надійність функціонування.

Системи четвертої групи вимагають спеціального вибору хімічних інгредієнтів, які були б хімічно інертні відносно робочих розчинів і стінок робочих корпусів. У цих випадках подача робочої речовини не регулюється. Крім того необхідна періодична заміна хімічних речовин, застосовуваних як заряд.

Системи п'ятої групи містять вмонтовані усередині, або розташовані зовні ємності високого тиску, наявність таких балонів істотно знижує безпеку роботи із пристроями. Дуже велика металоемність балонів з газом високого тиску. Через можливий витік газів при зберіганні надійність роботи пристроїв у цілому знижується. Крім того, профілактичні перевірки, що проводяться з метою визначення працездатності таких таких систем у процесі зберігання, вимагають значних матеріальних і трудових витрат, а перезарядження балонів припускає наявність дорогого й громіздкого парку компресорного господарства.

Особливе місце у витисних системах займають аерозольні балони (упаковки). Вони гарні при невеликих обсягах роботи й застосовуються як пристрої разового використання. Тиск у корпусі балона залежить тільки від температури навколишнього середовища й у процесі витиснення активної речовини залишається постійним. Основні недоліки - складність підбору хімічних речовин (пропелентів), використовуваних для створення тиску в балоні, а також обмежений строк зберігання.

Більшість розглянутих засобів генерування аерозолі вимагають для їхньої експлуатації наявності паливно-мастильних матеріалів. Однак, виходячи з досвіду ліквідацій аварій і катастроф, та існуючих прогнозних даних про господарювання в особливий час можна зробити висновок, що будуть проблеми з постачанням енергоносіїв.

Можливість використання для знезараження електричної енергії малоімовірна у зв'язку з можливим порушенням централізованого електропостачання об'єктів господарювання. Зазначені вище особливості технічних систем змушують шукати такі способи одержання робочого тіла, які б не були пов'язані із застосуванням нафтопродуктів і виключали високий тиск, принаймні, у процесі зберігання.

Постановка завдання та його вирішення. Задовольнити поставлені вимоги можливо використовуючи енергію газів, що утворюються при згорянні пороху і твердих газифікуючих сполук (ТГС). У цьому випадку їхні переваги очевидні:

- газоприхід при згорянні одного кілограма твердопаливних газифікуючих сполук, становить більше 1500 л, що значно вище, ніж у будь-яких зкращених або стиснутих газів, що перебувають у балонах під високим тиском;

- виключаються ємності, що перебувають під високим тиском при зберіганні на складі й у робочому положенні, а максимальний тиск, що розвивається в камері згоряння може бути обмежений й не перевищувати 2,9...4,9 МПа (30-50 кг/см²);
- висока оперативність пристроїв на основі ТГС – вони готові до застосування через 0,5 ... 5 с і час готовності можна регулювати;
- виключається парк дорогого й енергоємного компресорного господарства;
- високий гарантійний строк зберігання ТГС (10-15) років.

У наш час в Україні накопичилися запаси твердих газифікуючих сполук, застосування яких за прямим призначенням неможливо у зв'язку з закінченням ресурсу зберігання, а спалювання їх вимагає значних додаткових витрат.

Створення автономних засобів, що споживають енергію ТГС для виконання комплексу захисних і профілактичних заходів в умовах надзвичайних ситуацій вимагає вирішення наступних задач:

- теоретично дослідити процеси, що відбуваються в балонному аерозольному генераторі;
- розробити конструктивні схеми газогенеруючих пристроїв (ГГП) з урахуванням тактико технічних вимог ліквідації надзвичайних ситуацій;
- створити методику розрахунку для визначення їх параметрів;
- створити й випробувати експериментальний зразок газогенеруючого пристрою для технічних засобів цивільного захисту;
- розробити рекомендації із застосування газогенеруючих пристроїв для ефективного їх використання при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Газогенеруючі пристрої повинні задовольняти цілому ряду вимог, які умовно можна розбити на 4 групи: тактичні, балістичні, фізико-хімічні, економічні.

Групу тактичних вимог становить: автономність, мінімальний час підготовки до роботи, мінімальний час перезарядження, кількість операторів, мінімальна вага пристрою, безпечність, максимальна продуктивність, умови зберігання й транспортування, що не вимагають спеціальних засобів.

Балістичні вимоги пов'язані із процесом газифікації ТГС при застосуванні її як палива. Це стійкість горіння, одержання продуктів згоряння заданої температури, надійність займання.

Стійкість горіння ТГС визначає мінімальний тиск у камері ГПП при газифікації, а значить і його масу.

Температура продуктів згоряння ТГС є важливою характеристикою, що визначає нагрівання конструкції й взаємодію їх з активною речовиною.

Займистість ТГС характеризується мінімальною кількістю енергії, необхідною для надійного займання з найменшим періодом затримки, чим краще займистість, тим менше необхідно матеріалу, що займається й тим вище надійність ГПП.

Фізико-хімічні вимоги включають стійкість фізико-хімічних властивостей і хімічну нейтральність ТГС, активної речовини, пожежобезпечність.

Стійкість фізико-хімічних властивостей ТГС визначають тривалість їхнього зберігання.

Хімічна нейтральність ТГС стосовно конструкційних матеріалів забезпечує відсутність корозії й разом із попередніми вимогами визначають тривалість зберігання споряджених ГПП у змінних зовнішніх умовах - температурі, вологості й тиску навколишнього середовища, інтенсивності освітлення, вібрації.

Пожежобезпечність в умовах зберігання забезпечується неможливістю загоряння на повітрі газифікуючої сполуки, при терті, ударі, пострілі й т.д.

До групи економічних вимог, які визначають вартість заряду для роботи газогенеруючого пристрою, відносяться, насамперед, наявність дешевої сировинної бази, простоти технології виготовлення компонентів сполуки, механізація й автоматизація її виготовлення.

Існує два найважливіших класи твердих газифікуючих сполук. Основою першого є складні ефіри азотної кислоти, такі, наприклад, як нітроцелюлоза й нітрогліцерин. Ці сполуки прийнято називати двохосновними або баліститними. Основою другого є неорганічний окислювач, в основному перхлорат амонію або селітри, а також органічне пальне: смоли, каучук або полімери, такі сполуки називаються сумішеві. Сумішеві сполуки мають більш високі енергетичні характеристики, але з погляду економічності й відпрацьовування технології виготовлення баліститні ТГС є кращими та й запаси їх більшими.

Вибір тиску в камері ГПП, часу роботи, необхідного запасу ТГС, оптимізація процесу витікання продуктів згоряння повністю визначаються тактико – технічними вимогами до робіт при ліквідації наслідків надзвичайної ситуації (НС).

Застосування в якості джерела енергії твердих газифікуючих сполук стримується малою вивченістю процесів, що протікають у пристроях такого класу, а також відсутністю наукового обґрунтування рекомендацій з вибору їх раціональних енергетичних і конструктивних параметрів.

Таким чином з'явилась необхідність створення автономних засобів генерування аерозолу, що споживають енергію твердих газифікуючих сполук. Такий пристрій було названо балонний аерозольний генератор (БАГ).

Відсутність експериментальних даних про вплив конструктивних і енергетичних параметрів на робочі характеристики БАГів викликало необхідність дослідження процесу наддування БАГа й визначення його оптимальних конструктивних і енергетичних параметрів.

Експерименти виконувалися на установці, що мала зварний сталевий балон, на горловині якого розміщався газогенеруючий пристрій (ГПП), штуцер для приєднання манометра, запобіжний клапан і вентиль для видачі рідини. Розпилення рідини забезпечувалося форсункою. У ємність балона мірною посудиною заливалася рідина, і після спрацьовування ГПП фіксувався тиск у вільному об'ємі балона. Відкриттям вентиля встановлювалася витрата 0,2 л/с. Кінець процесу витиснення фіксувався візуально. З видаткового патрубку проривався газ, і величина тиску різко падала.

Згідно з тактико-технічними вимогами аерозольної обробкизначається діапазон зміни діаметра краплі, який в свою чергу залежить від початкового і кінцевого тиску в об'ємі балона аерозольного генератора.

На величину тиску впливає ряд факторів, що діють сумісно, і визначення їх представляє значні труднощі. Як правило, у таких випадках визначають ефективну роботоспроможність газової суміші, при цьому не розкривається дія тих або інших факторів, а враховується їхній комплексний вплив. Проте можна з достатньою вірогідністю сказати, що найбільший вплив на величину тиску, а значить й на величину ефективної роботоспроможності, має маса продуктів згоряння, тобто маса твердої газифікуючої сполуки і величина вільного об'єму балона.

В процесі проведення експериментів була визначена залежність тиску в ємності балона аерозольного генератора після спрацювання ГПП й після витіснення рідкого препарату від величині вільного об'єму балона й маси твердої газифікуючої сполуки

$$P_{\sigma} = f(M_n, V_{\sigma}),$$

де P_{σ} - тиск в балоні БАГа, M_n - маса палива (ТГС), V_{σ} - об'єм балона.

В експериментальних точках факторного простору розраховувалась ефективна роботоспроможність газової суміші й визначалась залежність її від маси ТГС та вільного об'єму балона

$$(RT)_{\sigma} = f(M_n, V_{\sigma})$$

у ємності балона після спрацювання ГПП й після витіснення рідкої активної речовини й розглядалась можливість застосування цих результатів для БАГів інших об'ємів.

Аналізуючи одержані дані із залученням тактико-технічних вимог, можна зробити висновок, що для визначення маси заряду ТГС можна застосувати рівняння стану газу

$$P_{\sigma} V_{\sigma} = M_n (RT)_{\sigma},$$

де $(RT)_{\sigma}$ варто брати не нижче 41400 Дж/кг, тоді

$$M_n = \frac{P_{\sigma} V_{\sigma}}{41400}, \text{ кг}$$

Зразки БАГів, створених за указаною схемою мають такі технічні характеристики.

Об'єм балона, л.....	2...50.
Діапазон температур використання, °С.....	-3...+50.
Маса газифікуючого заряду, кг.....	0,012...0,150;
Час роботи ГПП, с.....	0,5...2.
Тиск в об'ємі балона в процесі роботи, МПа:	
на початку.....	2,5;
в кінці.....	0,6.

Діаметр краплі при розпиленні рідкого препарату через форсунку, мкм..... 60...180.
Час перезарядження балонного аерозольного генератора, хв 6.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

При правильно призначеному об'єму БАГа енергія, що витрачається на утворення аерозолі, значно менше енергії, що витрачається установками з двигунами внутрішнього згорання при

розпилі об'ємів до 1 м³. Головним обмеженням для застосування балонних аерозольних генераторів у санітарній практиці розмір часток аерозолію і його монодисперсність.

Відповідно до існуючих рекомендацій БАГи найбільш ефективно застосовувати для одержання спрямованих аерозолів для знезараження технічного обладнання до якого немає легкого доступу, приміщень, тварин і для аерозолів у відкритій природі. А саме: дегазація, аерозольна дезінсекція у відкритій природі, дезінсекція й дезінфекція приміщень холодними й гарячими розчинами, обприскування тварин[2].

На рис. 1 показано БАГ 30 з спорядженим газогенеруючим пристроєм в розрізі. Він заправляється 30 літрами рідкої активної речовини. Маса ТГС складає 0,1 кг. Призначений для знезараження значних площ приміщень, обладнання, техніки та групи тварин. Для зручності розташований на візку.

На рис. 2 показано БАГ 10, який вміщає 10 літрів активної речовини. Маса ТГС складає 0,04 кг. Кріпиться на спині оператора, для чого має два ремені.

На рис. 3 показано БАГ 2. Він вміщає 2 літри активної речовини. Маса ТГС складає 0,012 кг. Внизу показано газогенеруючий пристрій. ТГС з ініціатором горіння (запалювач) розташовані в одному корпусі. Цей пристрій має назву твердопаливний акумулятор тиску (ТАТ). БАГ 2 призначений для знезараження рухливих технічних засобів, в тому числі і військової техніки, що при необхідності працює в осередку враження, як замітник ТДП (танковий дегазационный прибор). БАГ 2 розташовують біля водія по два.

Висновки. Балонні аерозольні генератори дозволяють скорегувати технологію аерозольних робіт по знезараженню, зменшити витрату активної речовини, обробка займає значно коротший час, зберігається людський ресурс.

В умовах сільськогосподарського виробництва БАГи найбільш ефективно застосовувати в екстремальних умовах, у польових умовах, в умовах крайньої півночі й важкодоступних гірських районах. На пасовища для проведення дезінфекції та дезінсекції балонні аерозольні генератори й активно діючі речовини можна доставляти автотранспортом, авіаційними засобами доставки, в'ючними тваринами. Такі аерозольні генератори переміщаються спільно із чередою тварин і завжди готові до застосування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Малышев В.П. Угрозы в высокотехнологичном обществе и пути их преодоления. Рос. хим. ж. 2005, т XLIX, № 4.
2. Бабич О.С., Лукашенко Н.И. Ліквідація наслідків радіаційного забруднення приміщень. «Безопасность жизнедеятельности в XXI веке», Материалы пятого международного симпозиума. Украина, Днепропетровск, январь 2005.

УДК 504.056

*Басманов А.Е., д-р техн. наук, гл. науч. сотр., УГЗУ,
Говаленков С.С., адъюнкт, УГЗУ*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИФФУЗИИ ПАРОВ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ (представлено д-ром техн. наук Абрамовым Ю.А.)

В статье рассматривается решение уравнения диффузии паров веществ в воздухе для оценки чрезвычайной ситуации с наличием опасных химических веществ. Предложен стохастический подход к построению математической модели распространения паров веществ в воздухе в результате чрезвычайной ситуации, связанной с мгновенной утечкой газа. Источником случайности являются случайные изменения направления и скорости ветра.

Постановка проблемы. При авариях на химически опасных объектах (ХОО), возникают ситуации, которые могут привести к выбросу (разливу) из резервуара или других емкостей хранения опасных химических веществ (ОХВ) в окружающую среду [1]. Особенностью таких процессов является образование газо-воздушного облака, с последующим его распространением на территории объекта в воздухе, что при уровне концентрации выше критического, может привести к поражению обслуживающего персонала и (или) личного состава аварийно-спасательных подразделений МЧС. Вероятность возникновения таких чрезвычайных ситуаций (ЧС) в последние годы постоянно растет [2] и зависит от множества факторов: физико-химических особенностей химических веществ, условий их хранения, переработки, транспортировки и др. [3].

Сложность задачи моделирования параметров аварий и их последствий заключается в том, что проливы или выбросы ОХВ в воздух, подвержены случайным изменениям различных факторов, в том числе изменениям направления и скорости ветра. В данной статье предложен стохастический подход построения математической модели распространения паров ОХВ в воздухе в результате чрезвычайной ситуации, связанной с мгновенной утечкой газа. Источником случайности являются случайные изменения направления и скорости ветра.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время для моделирования, количественной оценки основных параметров ЧС и прогнозирования последствий аварий, наибольшее распространение получили интегральные модели, гауссовы модели рассеивания, модели численного моделирования [4]. На основе использования таких моделей разработаны методики определения основных параметров последствий аварий. Так, например, гауссовы модели реализованы в методиках России РД 03-409-01, ПБ 09-540-03, интегральные методы – в ГОСТ 12.3.047-98, модели численного моделирования в методиках ОНД-86 [5]. Методы, основанные на решении уравнений в частных производных, реализованы в программных продуктах CFD и методике «ТОКСИ» [6], методике прогнозирования масштабов заражения на ХОО и транспорте – РД 52.04.253-90, методика «СРО РЭА» детерминированной оценки степени опасности ХОО используется для прогнозирования последствий аварий.

Учитывая недостатки используемых в методиках методов, в частности, учета среднего значения направления и скорости ветра при прогнозировании развития ЧС и ее последствий, авторами был предложен алгоритм построения стохастической модели прогнозирования параметров полей концентраций в воздухе при выбросе ОХВ в атмосферу [7].

Постановка задачи и ее решение. Целью статьи является решение уравнения диффузии паров вещества в воздухе для построения стохастической модели распределения концентраций ОХВ в воздухе с учетом случайного направления и значения скорости ветра. Уравнение диффузии паров в воздухе с начальными и краевыми условиями, принятыми в [7], с учетом случайного направления и значения скорости ветра принимает вид

$$\frac{\partial \mu}{\partial t} = a \frac{\partial^2 \mu}{\partial x^2} + a \frac{\partial^2 \mu}{\partial y^2} + a_z \frac{\partial^2 \mu}{\partial z^2} - \xi(t) \frac{\partial \mu}{\partial x} - \eta(t) \frac{\partial \mu}{\partial y}, \quad (1)$$

$$\mu(x, y, z, 0) = m \delta(x, y, z - z_0), \quad (2)$$

$$\frac{\partial \mu}{\partial z} = 0, \quad \mu(0) = \infty, \quad (3)$$

где предполагается, что выброс быстроиспаряющегося или газообразного ОХВ произошел в точке $(0, 0, z_0)$; $\mu(x, y, z, t)$ – концентрация его паров; (ξ, η) – ветер; $\xi(x)$, $\eta(x)$ – стационарные случайные процессы, имеющие нормальное распределение.

В силу случайности параметров ξ , η , концентрация паров $\mu(x, y, z, t)$, $t > 0$, также будет случайной. Зафиксировав реализацию горизонтальной составляющей вектора скорости ветра $v_x(t)$ случайного процесса $\xi(t)$ и реализацию вертикальной составляющей вектора скорости ветра $v_y(t)$ случайного процесса $\eta(t)$, можем получить соответствующую им реализацию $q(x, y, z, t)$ случайного процесса $\mu(x, y, z, t)$. Для этого следует решить краевую задачу

$$\frac{\partial q}{\partial t} = a \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + a \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} + a_z \frac{\partial^2 q}{\partial z^2} - v_x(t) \frac{\partial q}{\partial x} - v_y(t) \frac{\partial q}{\partial y}, \quad (4)$$

$$q(x, y, z, 0) = m \delta(x, y, z - z_0), \quad (5)$$

$$\frac{\partial q}{\partial z} = 0, \quad q(0) = \infty \quad (6)$$

где $q(x, y, z, t)$, $v_x(t)$, $v_y(t)$ – реализации соответствующих случайных процессов.

Для нахождения решения уравнения (4) с начальными и краевыми условиями (5)-(6) перейдем к новым переменным [8]

$$\begin{cases} x' = x - \int_0^t v_x(t) dt, \\ y' = y - \int_0^t v_y(t) dt. \end{cases}$$

и будем рассматривать функцию

$$u(x', y', z, t) = q \left(x' + \int_0^t v_x(t) dt, y' + \int_0^t v_y(t) dt, z, t \right)$$

В этом случае

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial q}{\partial x} v_x(t) + \frac{\partial q}{\partial y} v_y(t) + \frac{\partial q}{\partial t}, \quad (7)$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x'^2} = \frac{\partial^2 q}{\partial x^2}, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial y'^2} = \frac{\partial^2 q}{\partial y^2}, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 q}{\partial z^2}. \quad (8)$$

Подставляя (7)-(8) в (4), получим уравнение относительно функции $u(x', y', z, t)$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a \frac{\partial^2 u}{\partial x'^2} + a \frac{\partial^2 u}{\partial y'^2} + a_z \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}, \quad (9)$$

где $q(x, y, z, t) = u \left(x - \int_0^t v_x(t) dt, y - \int_0^t v_y(t) dt, z, t \right)$. При этом начальное

и краевое условия остаются аналогичными (5)-(6)

$$u(x', y', z, 0) = m \delta(x', y', z - z_0), \quad (10)$$

$$\frac{\partial u}{\partial z} = 0. \quad (11)$$

Решение задачи (9)-(11) имеет вид [3, 9]

$$u(x', y', z, t) = \frac{m}{8(\pi t)^{3/2} a \sqrt{a_z}} \exp\left[-\frac{x'^2 + y'^2}{4at}\right] \times \\ \times \left\{ \exp\left[-\frac{(z - z_0)^2}{4a_z t}\right] + \exp\left[-\frac{(z + z_0)^2}{4a_z t}\right] \right\}.$$

Возвращаясь к переменным x , y и функции $q(x, y, z, t)$, получим концентрацию паров в воздухе

$$q(x, y, z, t) = \frac{m}{8(\pi t)^{3/2} a \sqrt{a_z}} \exp\left[-\frac{\left(x - \int_0^t v_x(t) dt\right)^2 + \left(y - \int_0^t v_y(t) dt\right)^2}{4at}\right] \times \\ \times \left\{ \exp\left[-\frac{(z - z_0)^2}{4a_z t}\right] + \exp\left[-\frac{(z + z_0)^2}{4a_z t}\right] \right\}. \quad (12)$$

Аналогичное соотношение имеет место для случайных процессов $\mu(x, y, z, t)$, $\xi(t)$, $\eta(t)$, описывающих концентрацию паров в точке (x, y, z) и скорость ветра соответственно

$$\mu(x, y, z, t) = \frac{m}{8(\pi t)^{3/2} a \sqrt{a_z}} \exp\left[-\frac{\left(x - \int_0^t \xi(t) dt\right)^2 + \left(y - \int_0^t \eta(t) dt\right)^2}{4at}\right] \times \\ \times \left\{ \exp\left[-\frac{(z - z_0)^2}{4a_z t}\right] + \exp\left[-\frac{(z + z_0)^2}{4a_z t}\right] \right\}. \quad (13)$$

Введем следующие обозначения

$$\theta(t) = \int_0^t \xi(t) dt, \quad (14)$$

$$\rho(t) = \int_0^t \eta(t) dt. \quad (15)$$

Поскольку $\xi(t)$ и $\eta(t)$ распределены нормально, то $\theta(t)$ и $\rho(t)$ также распределены нормально [10] с математическими ожиданиями

$$M\theta(t) = \int_0^t M\xi(t) dt = \int_0^t \bar{v}_x dt = \bar{v}_x t, \quad (16)$$

$$M\rho(t) = \int_0^t M\eta(t) dt = \int_0^t \bar{v}_y dt = \bar{v}_y t \quad (17)$$

и корреляционными функциями [10]

$$K_\theta(t_1, t_2) = \int_0^{t_2} (t_2 - \tau) K_\xi(\tau) d\tau + \int_0^{t_1} (t_1 - \tau) K_\xi(-\tau) d\tau - \int_0^{t_2 - t_1} (t_2 - t_1 - \tau) K_\xi(\tau) d\tau, \quad (18)$$

$$K_\rho(t_1, t_2) = \int_0^{t_2} (t_2 - \tau) K_\eta(\tau) d\tau + \int_0^{t_1} (t_1 - \tau) K_\eta(-\tau) d\tau - \int_0^{t_2 - t_1} (t_2 - t_1 - \tau) K_\eta(\tau) d\tau. \quad (19)$$

Подставляя в (18) выражение (8) для корреляционной функции и интегрируя по частям, получим

$$\int_0^{t_2} (t_2 - \tau) K_\xi(\tau) d\tau = \int_0^{t_2} (t_2 - \tau) \sigma_\xi^2 e^{-\alpha_\xi \tau} d\tau = \frac{\sigma_\xi^2}{\alpha_\xi^2} \left[e^{-\alpha_\xi t_2} + t_2 \alpha_\xi - 1 \right], \quad (20)$$

$$\int_0^{t_1} (t_1 - \tau) K_\xi(-\tau) d\tau = \int_0^{t_1} (t_1 - \tau) \sigma_\xi^2 e^{-\alpha_\xi \tau} d\tau = \frac{\sigma_\xi^2}{\alpha_\xi^2} \left[e^{-\alpha_\xi t_1} + t_1 \alpha_\xi - 1 \right], \quad (21)$$

$$\int_0^{t_2-t_1} (t_2 - t_1 - \tau) K_\xi(\tau) d\tau = \int_0^{t_2-t_1} (t_2 - t_1 - \tau) \sigma_\xi^2 e^{-\alpha_\xi \tau} d\tau =$$

$$= \frac{\sigma_\xi^2}{\alpha_\xi^2} \left[e^{-\alpha_\xi (t_2-t_1)} + (t_2 - t_1) \alpha_\xi - 1 \right]. \quad (22)$$

Объединяя (18), (20)-(22) окончательно получим выражение для корреляционной функции

$$K_\theta(t_1, t_2) = \frac{\sigma_\xi^2}{\alpha_\xi^2} \left[e^{-\alpha_\xi t_1} + e^{-\alpha_\xi t_2} - e^{-\alpha_\xi (t_2-t_1)} + 2t_1 \alpha_\xi - 1 \right] \quad (23)$$

и дисперсии

$$D_\theta(t) = K_\theta(t, t) = \frac{\sigma_\xi^2}{\alpha_\xi^2} \left[2e^{-\alpha_\xi t} + 2t \alpha_\xi - 2 \right]. \quad (24)$$

Повторяя те же рассуждения для случайного процесса $\rho(t)$, получим

$$K_\rho(t_1, t_2) = \frac{\sigma_\eta^2}{\alpha_\eta^2} \left[e^{-\alpha_\eta t_1} + e^{-\alpha_\eta t_2} - e^{-\alpha_\eta (t_2-t_1)} + 2t_1 \alpha_\eta - 1 \right], \quad (25)$$

$$D_\rho(t) = K_\rho(t, t) = \frac{\sigma_\eta^2}{\alpha_\eta^2} \left[2e^{-\alpha_\eta t} + 2t \alpha_\eta - 2 \right]. \quad (26)$$

Полученные математические ожидания и дисперсии случайных процессов $\theta(t)$, $\rho(t)$ зависят от времени: математическое ожидание растет линейно по времени, а дисперсия – асимптотически линейно (рис. 1). Таким образом, эти случайные процессы уже не являются стационарными.

Найдем совместную корреляционную функцию случайных процессов $\theta(t)$ и $\rho(t)$.

$$K_{\theta\rho}(t_1, t_2) = M[\theta(t_1) - \bar{v}_x t_1][\rho(t_2) - \bar{v}_y t_2] =$$

$$\begin{aligned}
&= M \left[\int_0^{t_1} (\xi(\tau_1) - \bar{v}_x) d\tau_1 \int_0^{t_2} (\eta(\tau_2) - \bar{v}_y) d\tau_2 \right] = \\
&= M \left[\int_0^{t_1} \int_0^{t_2} (\xi(\tau_1) - \bar{v}_x)(\eta(\tau_2) - \bar{v}_y) d\tau_1 d\tau_2 \right].
\end{aligned}$$

Меняя местами операции математического ожидания и интегрирования, применяя затем определение совместной корреляционной функции, получим

$$K_{\theta\rho}(t_1, t_2) = \int_0^{t_1} \int_0^{t_2} M[(\xi(\tau_1) - \bar{v}_x)(\eta(\tau_2) - \bar{v}_y)] d\tau_1 d\tau_2 = \int_0^{t_1} \int_0^{t_2} K_{\xi\eta}(\tau_1, \tau_2) d\tau_1 d\tau_2.$$

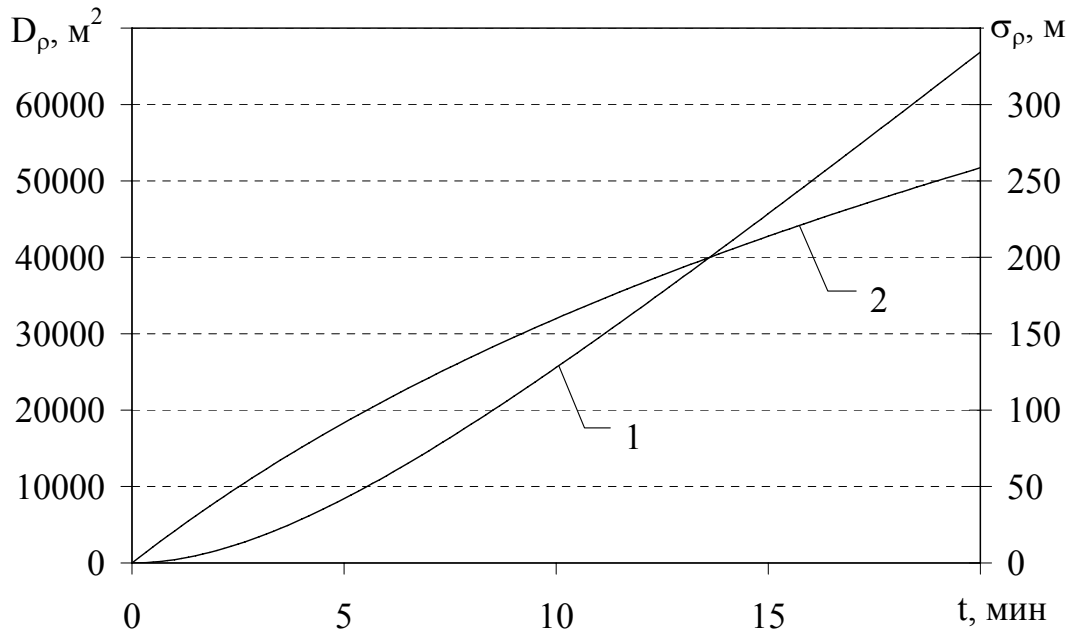


Рис. 1 – Рост дисперсии $D_\rho(t)$ (1) и среднеквадратического отклонения $\sigma_\rho(t)$ (2, по правой оси) со временем при $\sigma_\eta^2 = 0,13$ и $\alpha_\eta = 0,0036$

С учетом стационарности случайных процессов $\xi(t)$, $\eta(t)$ и того, что $K_{\xi\eta}(\tau_1, \tau_2) = K_{\xi\eta}(\tau_1 - \tau_2)$, полученное выражение может быть упрощено [10]

$$K_{\theta\rho}(t_1, t_2) = \int_0^{t_2} (t_2 - \tau) K_{\xi\eta}(\tau) d\tau + \int_0^{t_1} (t_1 - \tau) K_{\xi\eta}(-\tau) d\tau - \int_0^{t_2 - t_1} (t_2 - t_1 - \tau) K_{\xi\eta}(\tau) d\tau.$$

Подставляя сюда (10) и интегрируя по частям, по аналогии с (23) и (25) получим

$$K_{\theta\rho}(t_1, t_2) = \frac{s_{\xi\eta}}{\alpha_{\xi\eta}^2} \left[e^{-\alpha_{\xi\eta} t_1} + e^{-\alpha_{\xi\eta} t_2} - e^{-\alpha_{\xi\eta} (t_2 - t_1)} + 2t_1 \alpha_{\xi\eta} - 1 \right]. \quad (27)$$

Тогда ковариация между случайными процессами $\theta(t)$, $\rho(t)$ будет равна

$$\text{cov}(\theta, \rho) = K_{\theta\rho}(t, t) = \frac{s_{\xi\eta}}{\alpha_{\xi\eta}^2} \left[2e^{-\alpha_{\xi\eta} t} + 2t \alpha_{\xi\eta} - 2 \right],$$

а коэффициент корреляции

$$r_{\theta\rho}(t) = \frac{\text{cov}(\theta, \rho)}{\sqrt{D_\theta(t)} \sqrt{D_\rho(t)}} = \frac{s_{\xi\eta}}{\sigma_\xi \sigma_\eta} \frac{\alpha_\xi \alpha_\eta}{\alpha_{\xi\eta}^2} \frac{e^{-\alpha_{\xi\eta} t} + \alpha_{\xi\eta} t - 1}{\sqrt{e^{-\alpha_\xi t} + \alpha_\xi t - 1} \sqrt{e^{-\alpha_\eta t} + \alpha_\eta t - 1}}. \quad (28)$$

На рис. 2 приведено изменение коэффициента корреляции $r_{\theta\rho}(t)$ для следующих параметров: $s_{\xi\eta} = 0,181$, $\sigma_\xi^2 = 0,441$, $\sigma_\eta^2 = 0,13$, $\alpha_{\xi\eta} = 0,0037$, $\alpha_\xi = 0,0042$, $\alpha_\eta = 0,0036$.

$$\lim_{t \rightarrow 0} r_{\theta\rho}(t) = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{s_{\xi\eta}}{\sigma_\xi \sigma_\eta} \frac{\alpha_\xi \alpha_\eta}{\alpha_{\xi\eta}^2} \frac{(\alpha_{\xi\eta} t)^2 / 2}{\sqrt{(\alpha_\xi t)^2 / 2} \sqrt{(\alpha_\eta t)^2 / 2}} = \frac{s_{\xi\eta}}{\sigma_\xi \sigma_\eta}, \quad (29)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} r_{\theta\rho}(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{s_{\xi\eta}}{\sigma_\xi \sigma_\eta} \frac{\alpha_\xi \alpha_\eta}{\alpha_{\xi\eta}^2} \frac{\alpha_{\xi\eta} t}{\sqrt{\alpha_\xi t} \sqrt{\alpha_\eta t}} = \frac{s_{\xi\eta}}{\sigma_\xi \sigma_\eta} \frac{\sqrt{\alpha_\xi \alpha_\eta}}{\alpha_{\xi\eta}}. \quad (30)$$

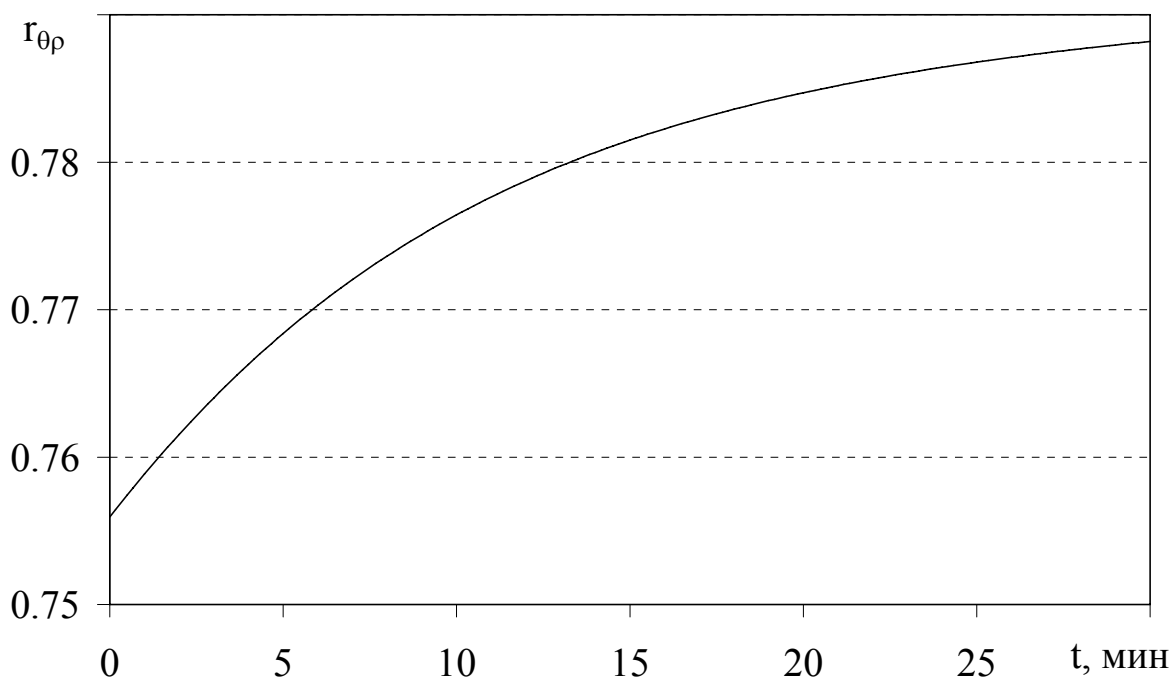


Рис. 2 – Изменение коэффициента корреляции $r_{\theta\rho}(t)$ при $s_{\xi\eta} = 0,181$, $\sigma_{\xi}^2 = 0,441$, $\sigma_{\eta}^2 = 0,13$, $\alpha_{\xi\eta} = 0,0037$, $\alpha_{\xi} = 0,0042$, $\alpha_{\eta} = 0,0036$

Из (28)-(30) и рис. 2 видно, что коэффициент корреляции между случайными процессами $\theta(t)$, $\rho(t)$ возрастает и изменяется от

$$\frac{s_{\xi\eta}}{\sigma_{\xi}\sigma_{\eta}} \text{ при } t = 0 \text{ до } \frac{s_{\xi\eta}}{\sigma_{\xi}\sigma_{\eta}} \frac{\sqrt{\alpha_{\xi}\alpha_{\eta}}}{\alpha_{\xi\eta}} \text{ при } t = \infty.$$

В приведенном на рис.2 примере эти значения составляют $r_{\theta\rho}(0) = 0,756$ и $r_{\theta\rho}(\infty) = 0,79$.

Выводы. Полученное решение уравнения диффузии паров в воздухе с принятыми начальными и краевыми условиями, с учетом случайного направления и значения скорости ветра позволит определять:

- математическое ожидание, дисперсию и среднеквадратическое отклонение концентрации выброшенного вещества в воздухе;
- влияние дисперсии скорости ветра на область, в которой ожидаемое значение концентрации вещества будет превосходить некоторое критическое значение;
- влияние дисперсии скорости ветра на распространение облака.

Знание математического ожидания и среднеквадратического отклонения позволит оценить вероятность превышения концентрацией выброшенного вещества некоторого критического значения. Учет этих параметров необходим при рассмотрении возможных сценариев чрезвычайной ситуации и планировании действий подразделений МЧС по ее локализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маршалл В. Основные опасности химических производств. - М.: Мир, 1989. – 672 с.
2. Кірючкін О.Ю., Мурін М.М., Тютюник В.В., Шевченко Р.І. Оцінка багатокритеріальної методики аналізу хімічно-небезпечного стану об'єктів та регіонів України // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2006. - №6. – С. 62 – 73.
3. Моніторинг надзвичайних ситуацій. Підручник./Абрамов Ю.О., Грінченко Є.М., Кірючкін О.Ю., Коротинський П.А., Миронець С.М.- Вид-во: АЦЗУ м. Харків, 2005. – 530 с.
4. Защита атмосферы от промышленных загрязнений. Справочник. Изд.: В 2-х ч. Ч.2 Пер. с англ. /Под редакцией Калверта С., Инглунда Г.М. М.: Металлургия, 1998. – 712 с.
5. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий (ОНД-86). – Л.: Гидрометеиздат, 1987.
6. Моделирование аварийных ситуаций на опасных производственных объектах. Программный комплекс ТОКСИ+ (версия 3.0): Сборник документов. Серия 27. Выпуск 5 /Колл. авт.– М.: Научно-технический центр по безопасности в промышленности, 2006. – 252 с.
7. Шматко А.В., Говаленков С.С. Алгоритм построения стохастической модели определения полей концентраций при выбросе химических веществ. // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2008. – №7. – С.177-183.
8. Полянин А.Д. Справочник по линейным уравнениям математической физики. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 576 с.
9. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1977. – 735 с.
10. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. – М.: Наука, 1968. – 463 с.

Безуглов О.Е., нач. каф., УГЗУ

СТОХАСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ЗАДАЧЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

(представлено д-ром физ.-мат. наук Яковлевым С.В.)

Рассмотрен стохастический подход к моделированию чрезвычайной ситуации техногенного характера на примере начальной стадии пожара в производственном помещении. Модель может быть использована при разработке систем автоматического пожаротушения.

Постановка проблемы. Обнаружение и ликвидация чрезвычайной ситуации техногенного характера на начальной стадии ее развития позволяет минимизировать ущерб от нее. Это требует разработки математических моделей, описывающих данный тип чрезвычайной ситуации и используемых при проектировании систем обнаружения и ликвидации чрезвычайной ситуации. Частным случаем является чрезвычайная ситуация, связанная с проливом и воспламенением горючей жидкости в производственном помещении. Одной из сложностей моделирования такой ситуации является неопределенность ряда параметров, входящих в модель.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах [2, 3] построена математическая модель среднеобъемной температуры в помещении при возникновении чрезвычайной ситуации, связанной с разливом и пожаром горючей жидкости в помещении. Построенная модель содержит ряд параметров (тепловой поток от очага горения, коэффициент конвективного теплообмена газовой смеси с ограждающими конструкциями), значения которых не могут быть определены теоретически.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является построение математической модели стохастического типа, описывающей чрезвычайную ситуацию техногенного характера на примере среднеобъемной температуры в помещении на начальной стадии пожара.

Уравнение, описывающее среднеобъемную температуру в помещении, может быть записано в виде

$$\frac{dT}{dt} = \frac{T}{c_p \rho_0 T_0 V} \left[\eta \psi_y F Q - \alpha_0 F_1 (T - T_0)^{4/3} \right], \quad (1)$$

где η – коэффициент полноты горения; ψ_y – удельная массовая скорость выгорания; F – площадь горения; Q – теплота сгорания; F_1 – площадь поверхности ограждений; c_p – изобарная теплоемкость газов; T – среднеобъемная температура; V – объем помещения; ρ_0 , T_0 – плотность и температура среды перед началом пожара; α_0 – приведенный коэффициент конвективного теплообмена между газовой средой и ограждающими конструкциями

$$\alpha_0 = 1,74d^{4/3}, \quad (2)$$

где d – константа, лежащая в диапазоне $0,78 \div 0,9$.

Количество тепла $q = \eta \psi_y Q$, выделяемое в единицу времени с единицы площади очага горения, и приведенный коэффициент конвективного теплообмена α_0 , входящие в уравнение (1), зависят от ряда неподдающихся учету факторов. В частности, турбулентный характер горения приводит к случайным пульсациям температуры и формы факела, и, следовательно, к случайным изменениям плотности теплового потока q от очага горения. Учитывая вышесказанное, целесообразно представлять плотность теплового потока от очага горения в виде случайного процесса

$$q = \eta \psi_y Q = \xi(t),$$

где $\xi(t)$ – стационарный случайный процесс [4]. Такой случай процесс полностью характеризуется плотностью распределения $p_\xi(x)$ и корреляционной функцией

$$K_\xi(\tau) = M[\xi(t) - M\xi(t)][\xi(t + \tau) - M\xi(t + \tau)]. \quad (3)$$

Особенностью стационарного случайного процесса является независимость от времени функции плотности распределения. Следовательно, математическое ожидание $M\xi$ и дисперсия $D\xi$ также не будут зависеть от времени.

Типичные корреляционные функции стационарных случайных процессов имеют вид [4]

$$K_{\xi}(\tau) = \sigma_{\xi}^2 e^{-\alpha|\tau|}, \quad (4)$$

$$K_{\xi}(\tau) = \sigma_{\xi}^2 e^{-\alpha\tau^2}, \quad (5)$$

$$K_{\xi}(\tau) = \sigma_{\xi}^2 e^{-\alpha|\tau|} \cos \beta\tau, \quad (6)$$

$$K_{\xi}(\tau) = \sigma_{\xi}^2 e^{-\alpha\tau^2} \cos \beta\tau, \quad (7)$$

где σ_{ξ}^2 – дисперсия случайного процесса $\xi(t)$; α, β – параметры. При этом с физической точки зрения корреляционные функции вида (6) и (7) означают наличие периодических колебаний в системе. Очевидно, что для плотности теплового потока от очага горения таких предпосылок нет. Функции вида (4) и (5) представляют собой монотонно убывающие к нулю функции, основное различие между которыми состоит в дифференцируемости функции (5) в точке $\tau = 0$ (а значит, и дифференцируемости случайного процесса $\xi(t)$) и недифференцируемости (4) (соответственно, недифференцируемости случайного процесса). Поскольку дифференцируемость случайного процесса $\xi(t)$ для нас несущественна, то в качестве корреляционной функции выберем функцию (4), как более простую.

Приведенный коэффициент конвективного теплообмена определяется геометрией ограждающих конструкций, материалом их покрывающим, качеством поверхности (шероховатость) и т.д., что и отражается в неопределенности константы d . Поэтому его также целесообразно считать величиной случайной. Но, в отличие от плотности теплового потока, приведенный коэффициент теплообмена не изменяется со временем, т.к. зависит только от особенностей помещения. Поэтому он может быть охарактеризован только функцией плотности распределения $p_{\alpha_0}(y)$.

Для оценки закона распределения случайной величины α_0 примем во внимание то, что в соотношении (2) параметр d принимает значения от $a = 0,78$ до $b = 0,9$. Поэтому будем считать величину d случайной, равномерно распределенной на отрезке $[a, b]$

$$p_d(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & x \in [a, b] \\ 0, & x \notin [a, b]. \end{cases}$$

Тогда закон распределения случайной величины α_0 может быть определен следующим образом [1]

$$p_{\alpha_0}(x) = p_d(y(x))y'(x), \quad (8)$$

где $x(y) = 1,74y^{4/3}$. Выражая из последнего соотношения $y(x)$ и подставляя его в (8), получим

$$p_{\alpha_0}(x) = \begin{cases} \frac{1}{B^{3/4} - A^{3/4}} \frac{0,75}{\sqrt[4]{x}}, & x \in [A, B] \\ 0, & x \notin [A, B], \end{cases} \quad (9)$$

где $A = 1,74a^{4/3} \approx 1,25$; $B = 1,74b^{4/3} \approx 1,51$.

Тогда уравнение (1) примет вид

$$\frac{dT}{dt} = \frac{T}{c_p \rho_0 T_0 V} \left[\xi(t)F - \alpha_0 F_1 (T - T_0)^{4/3} \right], \quad (10)$$

где $\xi(t)$ – стационарный случайный процесс с корреляционной функцией вида (4); α_0 – случайная величина, распределенная по закону (9).

Ввиду того, что правая часть уравнения (10) в каждый фиксированный момент времени t представляет собой случайную величину, то и левая часть (прирост температуры dT) также будет случайной величиной. Таким образом, изменение среднеобъемной температуры будет описываться случайной функцией.

Выводы. Построена математическая модель стохастического типа, описывающая изменение среднеобъемной температуры в помещении в результате чрезвычайной ситуации, вызванной проливом и возгоранием горючей жидкости в помещении. Предложен и обоснован выбор законов распределения и корреляционных функций для параметров модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровков А.А. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1986. – 432 с.
2. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. – М.: Академия ГПС, 2000. – 118 с.
3. Кошмаров Ю.А., Рубцов В.В. Процессы нарастания опасных факторов пожара в производственных помещениях и расчет критической продолжительности пожара. – М.: МИПБ МВД России, 1999. – 89 с.
4. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. – М.: Наука, 1968. – 463 с.

УДК 504.064.36:574

Бессонный В.Л., преп., УГЗУ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ИНФОРМАЦИОННОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

(представлено д-ром техн. наук Прохачем Э.Е.)

Предлагается использование метода информационной избыточности для обеспечения достоверности результатов мониторинга чрезвычайных ситуаций путем введения в систему дополнительных переменных с целью получения контрольных соотношений между переменными, а также с использованием соответствующих организационных мер.

Постановка проблемы. Учет факторов, влияющих на снижение достоверности, позволяет еще на этапе проектирования систем мониторинга чрезвычайных ситуаций (СМЧС) заложить основы не только для контроля и анализа, но и для обеспечения и даже повышения достоверности информации в системе. Это повышение можно осуществить на основе системного подхода путем введения информационной избыточности в сочетании с использованием высоконадежных и помехозащищенных технических и программных средств, постоянным контролем и прогнозированием состояния всех компонентов СМЧС, а также с использованием соответствующих организационных мер и методов оценки результа-

тов с точки зрения заранее заложенных критериев и здравого смысла.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [1] приводятся требования к построению структурных подсистем мониторинга чрезвычайных ситуаций, в том числе обеспечение мониторинга радиационной опасности, а также аппарат математического моделирования систем мониторинга чрезвычайных ситуаций. Общие подходы к контролю передачи информации изложены в [2]. В работе [3] описываются методы обнаружения нарушения работы отдельных блоков системы путем вычисления дополнительной переменной.

Постановка задачи и ее решение. При решении задачи обеспечения достоверности информации на выходе СМЧС следует учесть, что очень важным этапом является недопущение ввода в СМЧС недостоверной информации, поступающей от внешних источников через преобразователи формы информации (ПФИ), такие, как детекторы, промежуточные усилители, формирователи и функциональные преобразователи, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи и т. п.

Информационная избыточность предполагает введение в систему избыточных переменных, т. е. дополнительной информации, с целью получения контрольных соотношений между переменными. Простейшим примером использования информационной избыточности являются корректирующие коды. Однако с помощью таких кодов можно обнаруживать помехи, влияющие, в принципе, на не изменяемую информацию (например, на информацию, передаваемую по каналу связи). Чтобы обнаружить нарушения в работе отдельных блоков системы, в процессе обработки данных вычисляется дополнительная переменная и выполняется контроль соотношения между этой переменной и некоторой функцией основных переменных. Здесь в отличие, например, от метода дублирования средств с «горячим» резервированием, где используются два одинаковых комплекта аппаратуры, возможно использование помимо основного комплекта технических средств весьма простого процессора, вычисляющего одну или несколько вспомогательных переменных и реализующего операции сравнения.

В простейшем случае кроме переменных y_1, \dots, y_n , подлежащих контролю, вычисляется дополнительная переменная

$y_{n+1} = \sum_{i=1}^n y_i$, причем непрерывное сравнение значений y_{n+1} , и фактической $\sum_{i=1}^n y_i$ суммы на выходе системы обеспечивает контроль за решением задачи.

Если ввести k дополнительных переменных y_{n+1}, \dots, y_{n+k} , каждая из которых вычисляется своим блоком, то вместо скалярного уравнения контроля

$$\Delta = m_1 y_1 + \dots + m_n y_n + y_{n+1} = 0$$

используется векторное уравнение с матрицей коэффициентов $M = [m_{ij}]$ размером $k \times (n + k)$.

Если n переменных алгоритма y_i , где $i = \overline{1, n}$, образуют вектор Y , то для введения избыточности необходимо выполнить линейное преобразование вектора Y с помощью матрицы A размером $[n \times l]$, причем $l > n$

$$Y = A\bar{Y},$$

где Y – вектор, составленный из l избыточных значений переменной \bar{y}_i , $i = \overline{1, l}$.

Преобразование однозначно, если к системе n уравнений с l неизвестными добавить $k = l - n$ дополнительных уравнений, например, вида

$$M\bar{Y} = 0,$$

где $M = [k \rightarrow l]$ — матрица заданного вида.

Совместное решение уравнений, описывающих Y и $M\bar{Y}$, даст

$$\bar{Y} = BY,$$

где $B = [l \times n]$ — матрица обратного преобразования. Ее можно построить из условий $AB = E$ и $MB = 0$ следующим образом

$$B = \begin{bmatrix} A \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ M \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} E \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Отметим то, что выражение $\bar{Y} = BY$ или $y_{n+1} = \sum_{i=1}^n y_i$ нельзя рассматривать как формулы для вычисления избыточных переменных, а лишь как формулы для предварительного преобразования исходных алгоритмов. Так, если исходный алгоритм $y = F_i(x_1, \dots, x_m)$, $i = \overline{1, n}$ или (в векторной форме) $Y = F(x)$, то после линейного преобразования переменных с введением избыточности получим $\bar{Y} = \bar{F}(x)$, где $\bar{F} = B \cdot F$ — новая вектор-функция. В частности, из выражения $y_{n+1} = \sum_{i=1}^n m_i y_i$ имеем $f_{n+1} = \sum_{i=1}^n m_i f_i$.

Если $\sum_{i=1}^n m_i f_i$ «сворачивается» в компактную функцию f_{n+1} , то преобразование с введением избыточности приводит к экономичному избыточному алгоритму вычисления исходных функций f_i , $i = \overline{1, n}$ и дополнительной функции f_{n+1} . В противном случае приходится продублировать вычисление функций f_i для получения f_{n+1} .

Алгоритм контроля при использовании метода избыточных функций сводится к вычислению исходных переменных y_i , $i = \overline{1, n}$ а также y_{n+1} и определению контрольной суммы $\Delta = \sum_{i=1}^n m_i y_i - y_{n+1}$, причем если $|\Delta| \leq \Delta_{\text{доп}}$, ошибка не фиксируется. В противном случае вычисления повторяются. Если и повторно ситуация сохраняется, то сбой рассматривается как устойчивый. Блок-схема системы, использующей методы введения информационной избыточности, в общем виде представлена на рис. 1.

При использовании методов введения информационной избыточности сохраняется возможность необнаружения ошибок, с одной стороны, из-за компенсации ошибок в контрольной сумме, а с другой — из-за маскировки ошибки на фоне шума. Вероятность

Использование метода информационной избыточности для обеспечения достоверности результатов мониторинга чрезвычайных ситуаций

взаимной компенсации ошибок в контрольной сумме обратно пропорциональна динамическому диапазону системы и представляет собой весьма малую величину, которой можно пренебречь.

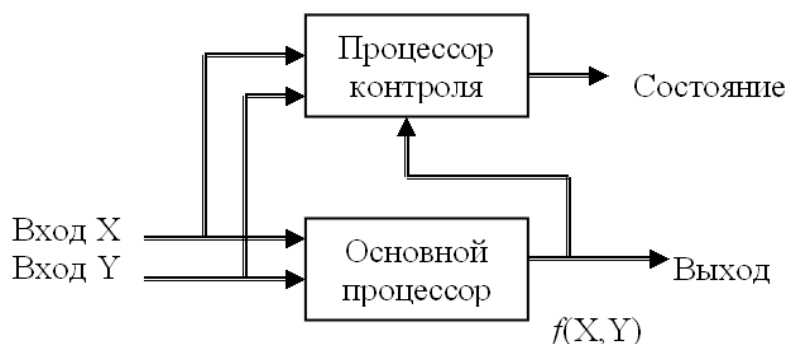


Рис. 1 – Блок-схема системы, реализующей принцип введения информационной избыточности

Вторая причина необнаружения ошибок связана с чувствительностью контроля к ошибкам переменных, особенно с максимальным коэффициентом влияния.

Методы введения информационной избыточности не только позволяют обнаруживать ошибки и локализовать их распространение, но также обеспечивают и их автоматическую коррекцию. Использование подобных методов связано с введением относительно небольшой избыточности. Однако они обладают серьезным недостатком – отсутствием универсальности и сложностью вычисления избыточных функций. Поэтому на практике систем обработки данных, к которым предъявляются повышенные требования и отношении отказоустойчивости, целесообразно использовать сочетание всех методов введения избыточности с целью получения оптимального решения проблемы.

Однако есть еще одна очень важная область, которую нельзя оставить вне поля зрения, если речь идет об оценке и обеспечении достоверности информации. Эта область охватывает проблемы организационно-методического характера. Достоверность данных зачастую тесно связана с принятой концепцией СМЧС, используемыми в ней методиками оценки обстановки, степенью четкости и нормализации аналитических методов и (или) результатов анализа, используемыми методами контроля качества. Недостаточно в процессе анализа обстановки ответить на вопросы «что присутствует», «сколько присутствует», «в какой форме присутствует». Необходимо при планировании и проведении анализа, а также ин-

терпретации результатов учитывать все релевантные факторы и соотношения системы «Окружающая среда», влияние отдельных элементов системы друг на друга и на систему в целом. В этом смысле представляет интерес рассмотрение структуры организационно-методологической системы «Анализ окружающей среды» концептуальная модель которой приведена на рис. 2. Эта система состоит из ряда подсистем. Законодательно-административная подсистема (ЗА) определяет области исследований, которые следует проводить, типы веществ и их допустимые концентрации, частоту и места отбора проб, точность и достоверность данных и их информационную ценность.

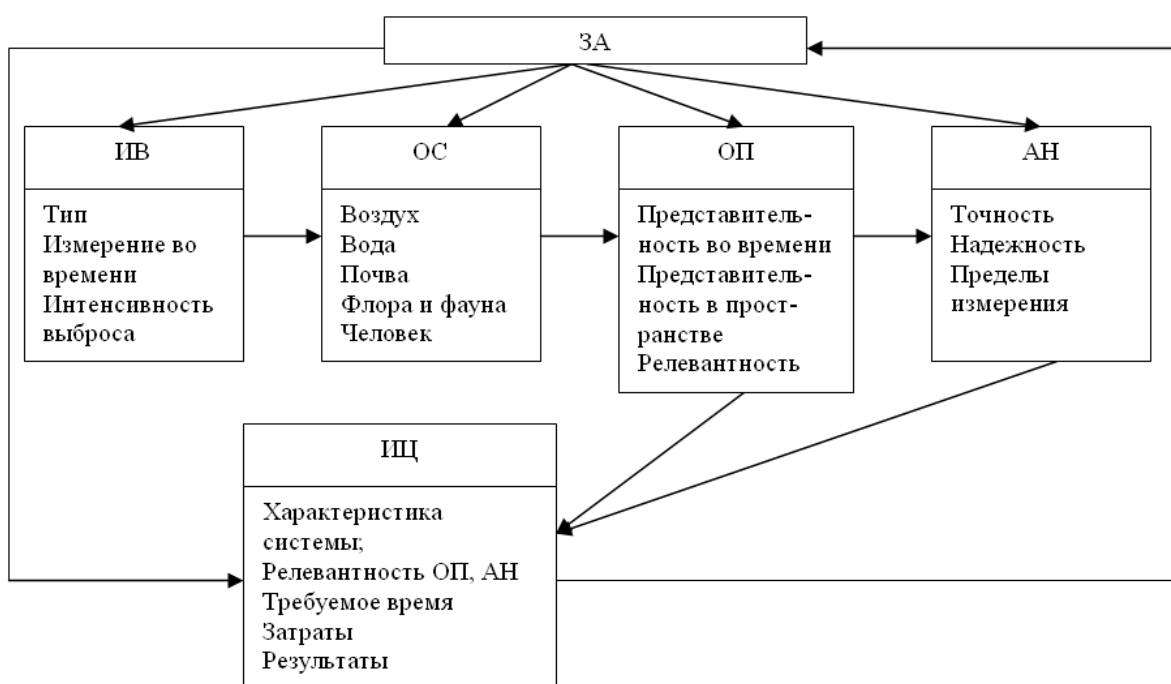


Рис. 2 – Концептуальная модель системы «Анализ окружающей среды» ЗА – законодательно-административная система, ИВ – источник вещества, ОС – окружающая среда, ОП – отбор проб, АН – анализ, ИЦ – информационная ценность

Между элементами подсистемы ЗА существуют определенные информационные соотношения. Так, элемент «источник вещества» (ИВ) характеризует (как правило, весьма недостоверно) типы, количество (интенсивность выброса) и время выброса, а также динамику выброса веществ. Этот элемент рассматривается в качестве базового для ряда подсистем и элементов подсистем, между которыми существуют материальные отношения. Подсистема «Ок-

ружающая среда» (ОС) содержит ряд элементов (воздух, осадки, вода, почва, флора, фауна, человек), между которыми, а также элементом «Отбор проб» (ОП) существуют определенные соотношения. Каждый выброс приводит к нарушению равновесия в распределении веществ в окружающей среде. Это в свою очередь приводит к изменению динамического равновесия материальных потоков. При знании всех биологических, химических и физических законов каждый шаг и переход в этом равновесии может быть понят и математически описан с помощью моделей. Конечной целью анализа в подобной ситуации являются описание распределения веществ в окружающей среде с учетом потенциального риска для человека и, хотя ни источник вещества, ни подробности материальных потоков достаточно точно не идентифицированы, вычисление точной нагрузки на человека.

Исчерпывающее описание распределения веществ в окружающей среде требует полного их контроля и знания вариаций в пространстве и времени. Из-за большого числа элементов в подсистеме ОС и неадекватного знания этой подсистемы в целом описание обстановки и ее контроль в полном объеме невозможны. Исследования могут быть ограничены случайными пробами, содержание которых может совершенно отличаться от характерного для данного элемента подсистемы ОС. Поэтому ценность информации, полученной при анализе пробы, должна определяться такими факторами, как представительность во времени и пространстве и релевантность (т. е. возможность экстраполяции анализа пробы на весь элемент подсистемы ОС).

Выводы. Исходя из сказанного выше, можно сформулировать следующие рекомендации, преследующие цель обеспечения достоверности данных мониторинга чрезвычайных ситуаций.

1. Методика выполнения измерений показателей чрезвычайной ситуации должна включать определенную долю избыточности, позволяющую критически оценивать процесс измерений, а программа предварительной обработки результатов измерений должна включать подпрограмму анализа достоверности измерений, обеспеченную надежными оценками пределов неопределенности, полученных на основе исследования характеристик процессов измерений, а также позволяющую осуществлять контроль параметров измерительного процесса в режиме реального времени.

2. Обработка данных измерений с целью оценивания чрезвычайной ситуации и выработки рекомендаций для принятия ре-

шений должна строиться с использованием принципа информационной избыточности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.О., Гринченко Є.М., Кірючкін О.Ю. та ін. Моніторинг надзвичайних ситуацій. Підручник. Вид-во: АЦЗУ м. Харків, 2005. – 530 с.
2. Савельев А.Я. Основы информатики. М.; МГТУ имени Н.Э.Баумана, 2003. – 460 с.
3. Еремеев И.С., Кондалев А.И. Интеллектуальные терминалы. – Киев: Техніка, 1984. – 128 с.

УДК 621.865.8

Бондаренко С.Н., канд. техн. наук, доц., УГЗУ

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К МОБИЛЬНЫМ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСАМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫМ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ (представлено д-ром техн. наук Бодянским Э.В.)

В статье рассмотрены область применения, круг решаемых задач, требования к мобильным РТК, предназначенных для работы в экстремальных условиях

Постановка проблемы. По мере интенсификации промышленного производства неуклонно растет количество чрезвычайных ситуаций (ЧС), обусловленных технологией производства, в таких отраслях как атомная энергетика, химическая, металлургическая, горнодобывающая отрасли промышленности. В ряде случаев при ЧС создаются такие условия, которые полностью исключают присутствие человека. Единственным средством, которое может его заменить являются мобильные робототехнические комплексы (РТК).

Поэтому существует необходимость применения РТК для исключения или минимизации фактора риска для жизни и здоровья человека.

Анализ последних исследований и публикаций. Лидирующие позиции в области создания и применения РТК принадлежат развитым странам: США, Японии, Франции, Германии. Несмотря на ежегодное увеличение парка промышленных РТК, комплексы, которые можно применять для ликвидации последствий ЧС, составляют лишь незначительную часть от общего количества роботов.

Авария на Чернобыльской атомной электростанции впервые предельно остро поставила вопросы о необходимости иметь технику для выполнения работ в неблагоприятной среде и показала решающую роль в этом робототехники [1]. В 1997 году в Лаборатории Всероссийского Научно-исследовательского института экспериментальной физики произошла ядерная вспышка, сопровождавшаяся резким повышением температуры и образованием мощного нейтронного излучения. Для ликвидации радиационной аварии без ущерба для здоровья людей были задействовано ряд мобильных РТК [2].

Постановка задачи и ее решение. Для решения задачи необходимо оценить возможности существующих РТК, применяемых для ликвидации ЧС, и сформулировать требования к вновь создаваемым роботам. Анализ функциональных возможностей и технических характеристик промышленных роботов показал, что РТК, предназначенные для ликвидации чрезвычайных ситуаций, должны обладать рядом дополнительных функций и возможностей для решения следующих задач:

- передвижение при наличии разрушений и непредвиденных препятствий;
- выполнение нестандартных манипуляционных операций с органами управления технологическим оборудованием;
- проведение демонтажных и ремонтных работ с технологическим оборудованием, разрезание трубопроводов и металлоконструкций;
- тушение пожаров;
- расчистка и разборка разрушений, очистка местности от вредных веществ;
- выявление и обезвреживание боеприпасов.

Анализ технических характеристик и функциональных возможностей существующих РТК [2–4], которые применяются для ликвидации ЧС различного характера (табл. 1), показал, что большинство реализованных на сегодняшний день комплексов

Таблица 1 – Основные технические характеристики мобильных робототехнических комплексов

Тип	МРК-25М	MV-3	МРК-46М	РТК-100Р	РТК-100М
Изготовитель	МГТУ им. Н.Э.Баумана	Telegrob, Германия	МГТУ им. Н.Э.Баумана	МНИИ ПМ "Ритм"	МНИИ ПМ "Ритм"
Масса, кг	180	600	650	320	320
Габаритные размеры (при сложенном манипуляторе) длина× ширина× высота, см:	95×65×90	226×72×108	250×120×180	114×74×78	135×84×
Скорость движения, км/ч	0...2.0	0...0.7	0...1.5	0,24	0,36
Преодолеваемые препятствия: подъем, градус/ стенка, м	40 / 0,20	40 / 0,60	32 / 0,25	35 / 0,25	30/0,13
Радиус действия (м), при управлении по радио/ по кабелю	500 / 150	- / 100	- / 200	- / 50	-/50
Тип движителя	гусеничный	гусеничный	гусеничный	колесный	колесный
Система энергообеспечения	аккумулятор	аккумулятор	380В, 50 Гц	аккумулятор	аккумулятор
Грузоподъемность манипулятора, кг	15	20	70	-	20
Характер выполняемых операций	проведение взрывотехнических работ, выполнение технологических операций	радиационно-дозиметрическая разведка, выполнение технологических операций	ликвидация последствий радиационных аварий	радиационно-дозиметрическая разведка	радиационно-дозиметрическая разведка, выполнение технологических операций

Анализ требований к мобильным робототехническим комплексам, используемым в условиях чрезвычайных ситуаций

Продолжение таблицы 1

Тип	MV-4	РТК-3 "Разведчик"	BROK Mini Cut	BROK -100D	BROK -330
Изготовитель	Telegob, Германия	ЦНИИ РТК (РФ)	Holmhed System AG	Holmhed System AG	Holmhed System AG
Масса, кг	295	140	380	1400	4100
Габаритные размеры (при сложенном манипуляторе) длина × ширина × высота, см:	136×66×80	140×65×141	119×60×94	234×111×125	111×111×—
Скорость движения, км/ч	0...3		0...2,0	0...3,5	
Преодолеваемые препятствия: подъем, градус / стенка, м	45 / 0,25	30 / 0,16	—	30 / —	30 / —
Радиус действия (м), при управлении по радио/ по кабелю	— / 100	500 / —	— / 60	200 / 10	200 / 63
Тип движителя	гусеничный	колесный	гусеничный	гусеничный	гусеничный
Система энергообеспечения	аккумулятор		380 В, 50 Гц	дизель агрегат	380 В, 50 Гц
Грузоподъемность манипулятора, кг	100	16	30	150	550
Характер выполняемых операций	проведение взрывотехнических работ	обнаружение, исследование опасных предметов	проведение аварийных работ в закрытых помещениях	демонтаж ядерных реакторов, разрушение строительных конструкций	

Продолжение таблицы 1

Тип	RASCAL	НОВО	Centauze 2B	Andros Marks	Sand Dragon
Изготовитель	Kentree, Ирландия	Kentree, Ирландия	La Calhene, Франция	REMOTEC, США	Sandie National Laboratories, США
Масса, кг	33	228	313	306	25
Габаритные размеры (при сложенном манипуляторе) длина × ширина × высота, см:	79×41×34,5	147×44×88	157×50×115	160×72×106	130×50×30
Скорость движения, км/ч	0...1,5	0...4,5	0...0,9	0...0,4	0...7,2
Преодолеваемые препятствия: подъем, градус / стенка, м	10 / 0,03	35 / 0,3	42,5 / 0,55	45 / 0,55	
Радиус действия (м), при управлении по радио/ по кабелю	250 / -	1000 / 150	- / 200	- / 150	1000 / 100
Тип движителя	колесный	колесный		гусеничный	гусеничный
Система энергообеспечения	аккумулятор	аккумулятор	380 В, 50 Гц	аккумулятор	аккумулятор
Грузоподъемность манипулятора, кг	7	75	16		
Характер выполняемых операций	разведка, проведение взрывотехнических работ	обезвреживание взрывных устройств и боеприпасов, пожаротушение	разведовательно-технологические операции	разведывательно-технологические операции	наблюдение, разведка, анализ состава газозов

Анализ требований к мобильным робототехническим комплексам, используемым в условиях чрезвычайных ситуаций

являются мобильными роботами, которые ориентированы на работы связанные с ликвидацией аварий на радиационно-опасных объектах и на решение задач по разминированию территорий.

Основным способом управления рассмотренных РТК является комбинация дистанционного автоматизированного управления со стороны человека-оператора и местного автоматического управления. Перемещение к месту работы обеспечивается специальными транспортными средствами или собственной системой передвижения. Энергопитание роботов – автономное, кабельное или комбинированное. По характеру выполняемых операций все РТК делятся на две группы – инспекционные и технологические.

Инспекционные комплексы обеспечены средствами видеонаблюдения, измерительной аппаратурой и манипуляторами, которые предназначены для расчистки проходов, взятия проб, поиска и взятия отдельных объектов, выполнения разных операций с органами управления технологического оборудования.

Технологические РТК предназначены для выполнения разных технологических операций обычно с помощью сменных рабочих органов, включая установленные на шасси бульдозерные отвалы, грейферы, сварочные аппараты, металлорежущий инструмент.

Анализ конструкции рассмотренных модификаций РТК, позволяет сделать вывод о том, что базовая модель мобильного робота должна иметь такие элементы и системы:

1. Мобильное шасси и система управления его движением.
2. Система энергообеспечения комплекса.
3. Манипулятор и система управления его положением.
4. Командно-телеметрическая система.
5. Система управления технологическими устройствами.
6. Телевизионная обзорно-измерительная система технического зрения.

При решении задач по разработке РТК, ориентированных на работу в экстремальных условиях, необходимо учитывать следующие особенности:

- сложность внешних условий, которые чаще всего находятся на границе возможностей современной техники;
- сложность, многообразие, нечеткость подлежащих выполнению функций, которые приводят к большой номенклатуре технических средств.

Выводы. При проектировании РТК, предназначенных для ликвидации ЧС, необходимо реализовать:

- функциональную и конструктивную унификацию РТК на основе их модульного построения;
- согласованность требований к РТК и к их техническому окружению, с которым они должны взаимодействовать, из условий максимума общей технико-экономической эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юревич Е.И. Авария на Чернобыльской АЭС и экстремальная робототехника // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2004. – № 3. – С. 14-18.
2. Батанов А.Ф., Грицынин С.Н., Муркин С.В. Технология применения дистанционно управляемых мобильных комплексов // Специальная Техника – 2000. – №3. – С. 21-30.
3. Захаров Ю.В., Мерцалов М.С. Мобильные робототехнические и дистанционно-управляемые комплексы для функционирования в экстремальных условиях // Чернобыль: долг и мужество. Под ред. Дьяченко А.А. – М., Воениздат, 2001 — 320 с.
4. Батанов А.Ф., Грицынин С.Н., Муркин С.В. Робототехнические системы для применения в условиях чрезвычайных ситуаций // Специальная Техника – 2000. – №2. – С. 16-22.

*Говаленков С.С., ад'юнкт, УГЗУ,
Панина Е.О., преп., УГЗУ*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ

(представлено д-ром техн. наук Туркиным И.Б.)

В статье рассматривается экспериментальное определение параметров корреляционных функций для построения стохастической математической модели распределения концентраций опасных химических веществ в воздухе в результате пожара, обусловленного мгновенной утечкой газа. Источником случайности являются случайные изменения направления и скорости ветра.

Постановка проблемы. К числу основных источников негативного воздействия на людей и окружающую среду при авариях на химически опасных объектах (ХОО) относятся: истечение жидкости через отверстие, перелив жидкости через обвалование при квазимгновенном разрушении резервуара, испарение жидкости, образование газо-паровоздушного облака, «пожар–вспышка», взрыв резервуара с перегретой жидкостью в очаге пожара, пожар пролива, «огненный шар», факельное горение газовой и жидкостной струи, вскипание горячей жидкости в резервуаре [1]. Для оценки степени поражения людей от теплового потока, токсичности опасных химических веществ, наибольшее распространение получили численные и вероятностные методы. Такие методы используют модели, которые имеют ряд недостатков, обусловленных тем, что коэффициенты моделей являются усредненными, кроме того, при одновременном воздействии нескольких химически опасных веществ (ХОВ) определение вероятности поражения затруднительно. Поэтому целесообразно построение стохастической модели, в которой источником случайности являются случайные изменения направления и скорости ветра.

Анализ последних исследований и публикаций. Как отмечается в работах [1-6], использование вероятностных критериев для анализа поражения людей, зданий и оборудования – одно из наиболее перспективных и широко используемых направлений

при моделировании чрезвычайных ситуаций (ЧС). В то же время эти методы используются, в основном, для прогнозирования поражения людей при авариях вследствие влияния теплового излучения и ударной волны [1,7]: в случае термического воздействия теплового потока интенсивностью 37 кВт/м² при длительности воздействия 30 с., будут смертельно поражены 90% людей, попавших в зону облучения. Например в [1,7] для определения вероятности поражения людей при горении разлива ХОВ с учетом теплового потока q , (кВт/м²) используется выражение

$$Pr = -14,9 + 2,56 \ln(t_{эф} \cdot q^{1,33}) \quad (1)$$

Таблица 1

d , м.	10	20	30	40	50
E_f , кВт/м ² .	(1)-80	(2)-63	(3)-50	(4)-43	(5)-40
H факела, м.	22,7	36,8	48,7	59,56	69,56

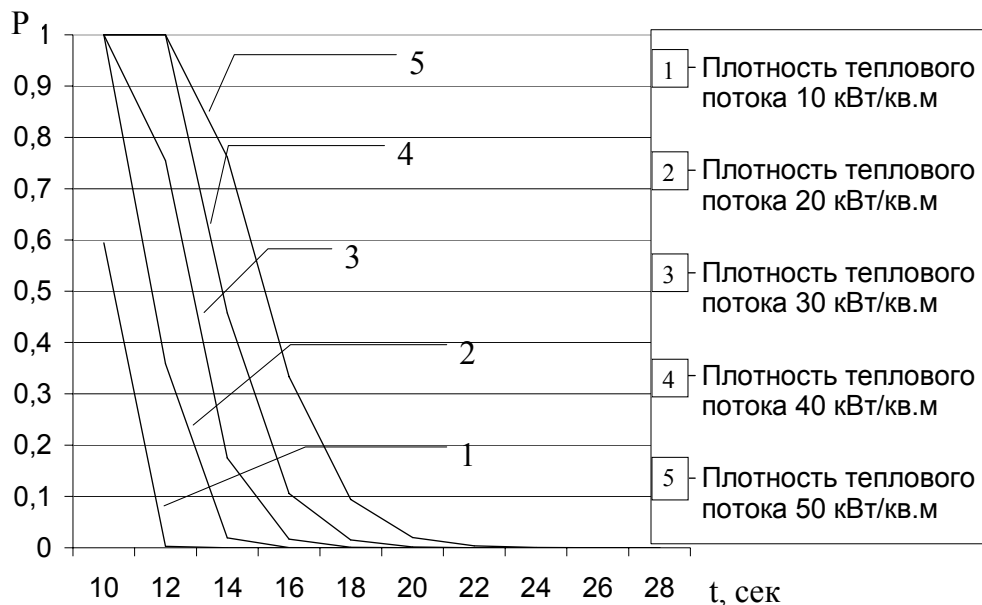


Рис. 1 – График зависимости вероятности смертельного поражения людей (P) от времени их пребывания в опасной зоне горения разлива пропан-бутана с различными плотностями теплового потока

Учитывая выражение (1) для разных значений плотности теплового потока графики зависимости вероятности смертельного поражения людей, от времени их пребывания в опасной зоне и от

Определение параметров корреляционных функций для построения стохастической модели распределения концентраций опасных химических веществ в воздухе

расстояния, при горении пропан-бутана с входными данными, представленными в табл.1, имеют вид, представленный на рис.1 и рис.2.

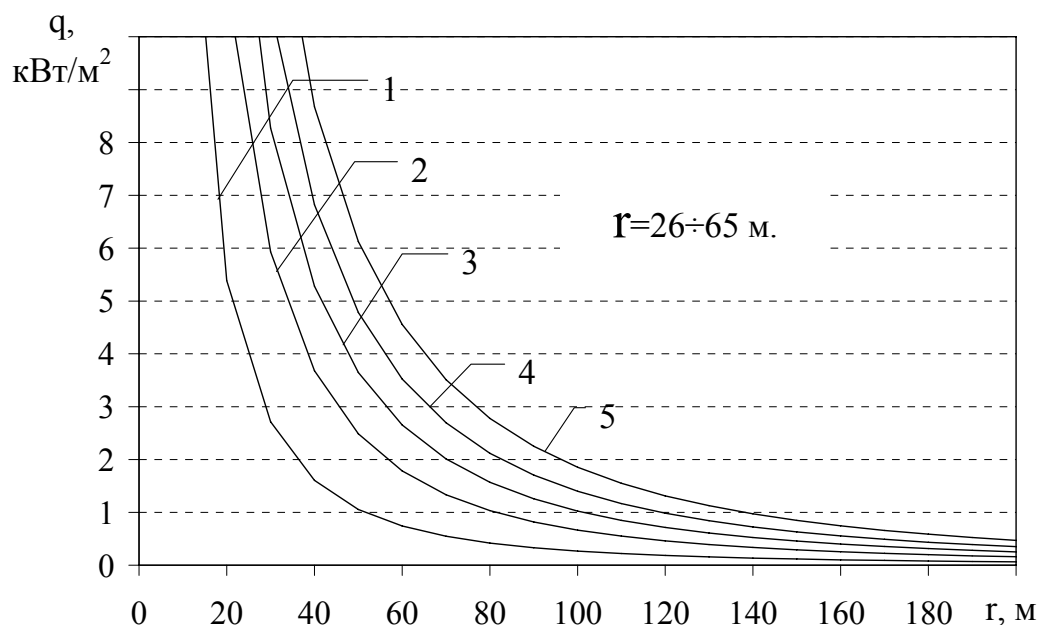


Рис. 2 – График зависимости интенсивности теплового излучения пламени при горении пропан-бутана от расстояния r

Учитывая недостатки используемых в методиках методов, в частности, учета среднего значения направления и скорости ветра при прогнозировании развития ЧС и ее последствий, авторами был предложен алгоритм построения стохастической модели прогнозирования параметров полей концентраций в воздухе при выбросе ОХВ в атмосферу [8].

Постановка задачи и ее решение. Целью статьи является получение параметров корреляционных функций $K_{\xi}(\tau)$, $K_{\eta}(\tau)$ и взаимной корреляционной функции $K_{\xi\eta}(\tau)$.

Рассмотрим чрезвычайную ситуацию, связанную с мгновенной утечкой вещества (например, пролив быстроиспаряющейся жидкости, разгерметизация емкости с сжиженным газом). В этом случае концентрация паров жидкостей или газообразных веществ в воздухе описывается уравнением диффузии [5]

$$\frac{\partial q}{\partial t} = a \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + a \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} + a_z \frac{\partial^2 q}{\partial z^2} - v_x \frac{\partial q}{\partial x} - v_y \frac{\partial q}{\partial y}, \quad (2)$$

где $q(x, y, z, t)$ – концентрация вещества, кг/м³; a , a_z – коэффициент турбулентной диффузии в горизонтальном и вертикальном направлениях, м²/с; $\vec{v}(v_x, v_y)$ – вектор, определяющий направление и скорость ветра, м/с.

Начальное условие примет вид

$$q(x, y, z, 0) = m\delta(x - x_0, y - y_0, z - z_0), \quad (3)$$

где m – масса разлившегося и испарившегося вещества, кг; $\delta(x, y, z)$ – дельта-функция Дирака [5]. Краевое условие описывает непроницаемость поверхности земли для диффундирующего в атмосфере вещества

$$\frac{\partial q}{\partial z} = 0. \quad (4)$$

В настоящее время используются методы прогнозирования распределения концентрации опасных веществ в воздухе, основанные на решении уравнения (2) с начальными и краевыми условиями (3)-(4).

При этом предполагается, что направление и скорость ветра остаются постоянными. Однако и направление, и скорость ветра меняются со временем, особенно если продолжительность прогнозируемого интервала составляет несколько часов. Кроме того, такой прогноз опирается на предсказание направления и скорости ветра, которые являются оценкой среднего направления и скорости ветра и, следовательно, представляют собой случайные величины.

Таким образом, скорость и направление ветра являются случайными. Поэтому для их описания будем использовать случайные процессы, полагая, что компоненты вектора скорости ветра $\vec{v} = (v_x, v_y)$ описываются случайными процессами

$$v_x(t) = \xi(t), \quad v_y(t) = \eta(t),$$

где $\xi(t)$, $\eta(t)$ – стационарные и стационарно связанные случайные процессы [4] с математическими ожиданиями \bar{v}_x , \bar{v}_y .

Здесь стационарность понимается как во времени, так и в пространстве, т.е. математические ожидания и дисперсии не зависят от времени и координат [4]. Это условие будет выполнено, если местность, где произошла авария и распространяется облако, является однородной, т.е. не имеет отдельных возвышенностей или низин, оказывающих влияние на направление и скорость ветра.

Стационарность случайных процессов означает, что корреляция между векторами скорости $\vec{v}(t_1)$ и $\vec{v}(t_2)$ в моменты времени t_1 и t_2 соответственно, зависит только временного промежутка $\tau = |t_1 - t_2|$, а не от абсолютных значений t_1 и t_2 . Тогда корреляционные функции случайных процессов ξ и η , а также их взаимная корреляционная функция, будут функциями, зависящими только от τ [4]

$$K_\xi = K_\xi(\tau), K_\eta = K_\eta(\tau), K_{\xi\eta} = K_{\xi\eta}(\tau). \quad (5)$$

По определению, корреляционная функция случайного процесса характеризует силу корреляционной связи между моментами времени, отстоящих друг на друга на τ [4]

$$K_\xi(\tau) = M[\xi(t_0) - a][\xi(t_0 + \tau) - a], \quad a = M\xi. \quad (6)$$

Определение корреляционной функции (5) позволяет построить оценки ее значений $K_j = K(j\Delta\tau)$ по результатам наблюдений за реализацией $X(\tau)$ случайного процесса ξ в дискретные моменты времени $j\Delta\tau$ [4]

$$K_j = \frac{1}{N - j + 1} \sum_{k=0}^{N-j} [\xi((k+j)\Delta\tau) - a][\xi(k\Delta\tau) - a]. \quad (7)$$

Для экспериментальной оценки средней скорости ветра, его среднеквадратического отклонения, корреляционных функций (5) была проведена серия измерений скорости ветра. Наблюдения проводились с шагом $\Delta\tau = 10$ с на протяжении 10 минут. При этом измерялось абсолютное значение скорости ветра v с помощью анемометра и его направление α с помощью флюгера. Измерения проводились на высоте 2 м над землей. Измеренные значения затем преобразовывались в компоненты вектора скорости

$$v_x = v \cos \alpha, \quad v_y = v \sin \alpha.$$

На рис. 3 приведена полученная в ходе эксперимента реализация вектора (v_x, v_y) скорости ветра.



Рис. 3 – Полученная в ходе эксперимента реализация вектора (v_x, v_y) скорости ветра: 1 – v_x ; 2 – v_y

Средние значения скорости ветра составили $\bar{v}_x = 2,9$ м/с, $\bar{v}_y = 1,3$ м/с.

Проведенный эксперимент позволил оценить значения корреляционных функций $K_\xi(\tau)$, $K_\eta(\tau)$ и взаимной корреляционной функции $K_{\xi\eta}(\tau)$. На рисунках 4-6 приведено графическое представление полученных оценок корреляционных функций и их аппроксимаций.

Во всех случаях (рис. 4-6) корреляционные функции хорошо аппроксимируются функциями вида

$$K(\tau) = \sigma^2 \exp(-\alpha|\tau|). \quad (8)$$

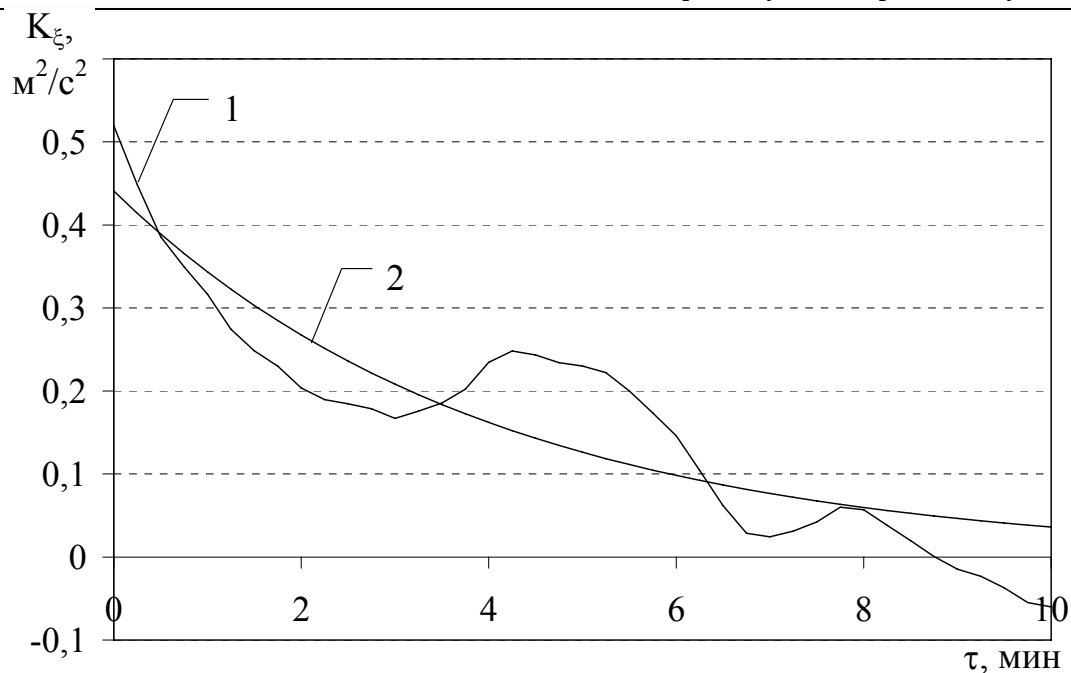


Рис. 4 – Корреляционная функция $K_{\xi}(\tau)$: 1 – оценка, полученная из эксперимента; 2 – аппроксимация $K_{\xi}(\tau) = 0,441e^{-0,0042|\tau|}$, где τ задано в секундах

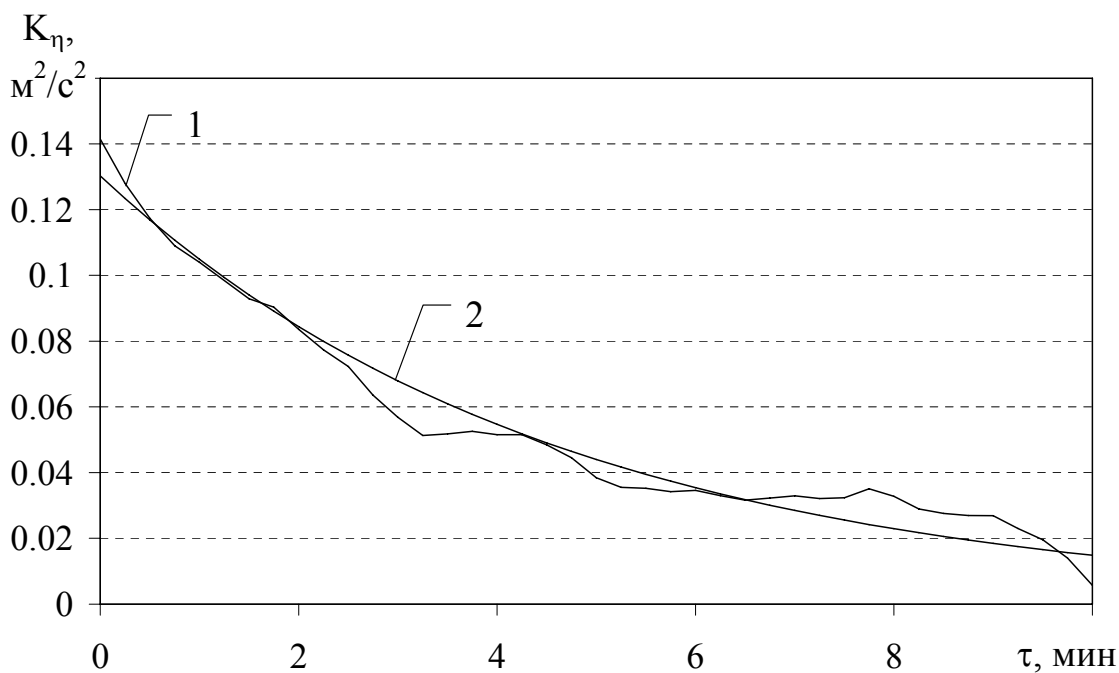


Рис. 5 – Корреляционная функция $K_{\eta}(\tau)$: 1 – оценка, полученная из эксперимента; 2 – аппроксимация $K_{\eta}(\tau) = 0,130e^{-0,0036|\tau|}$, где τ задано в секундах

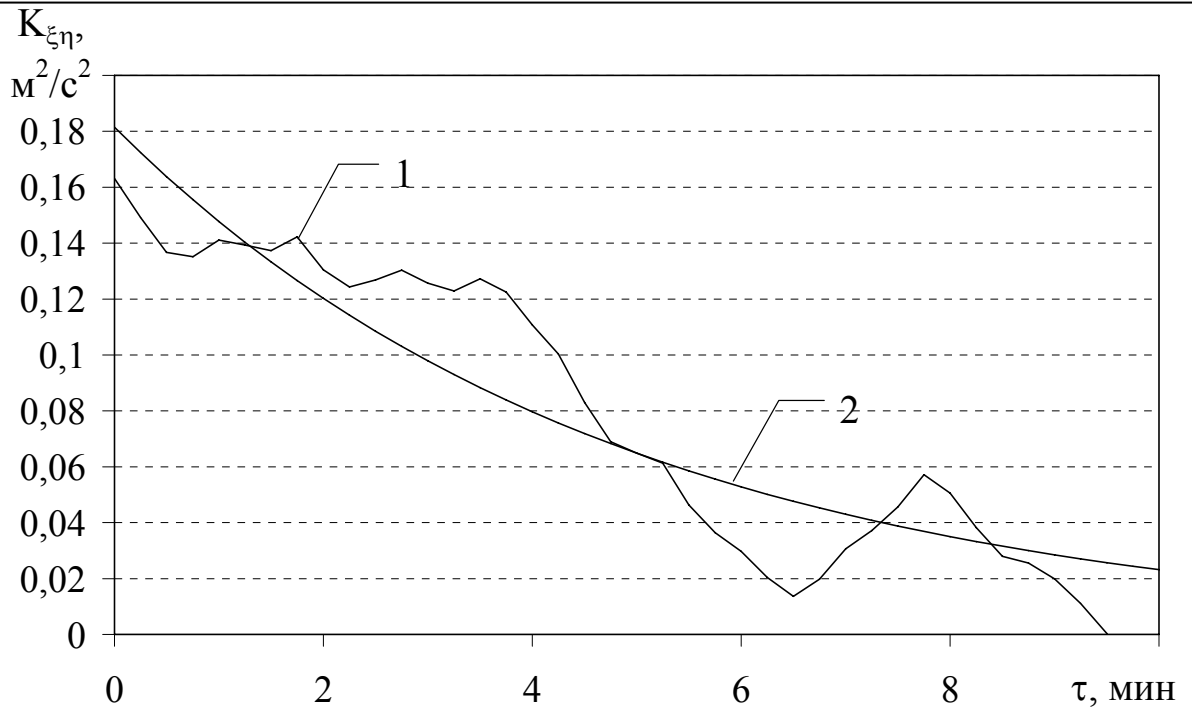


Рис. 6 – Совместная корреляционная функция $K_{\xi\eta}(\tau)$: 1 – оценка, полученная из эксперимента; 2 – аппроксимация $K_{\xi\eta}(\tau) = 0,181e^{-0,0037|\tau|}$, где τ задано в секундах

Из других типичных корреляционных функций отметим также функции вида $\sigma^2 e^{-\alpha|t|} \cos \beta t$, $\sigma^2 e^{-\alpha t^2}$, $\sigma^2 e^{-\alpha t^2} \cos \beta t$. Мы используем именно функцию (5), т.к. наличие множителя $\cos \beta t$ с физической точки зрения означает наличие периодических колебаний в системе [4], а в рассматриваемом случае таких предпосылок нет. Основное отличие между функциями вида $\sigma^2 e^{-\alpha|t|}$ и $\sigma^2 e^{-\alpha t^2}$ состоит в недифференцируемости первой в точке 0 (а, следовательно, и недифференцируемости всего случайного процесса $\xi(t)$) и дифференцируемости второй из них [4]. Поскольку дифференцируемость процесса для нас несущественна, то мы используем более простые функции. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать корреляционные функции в виде

$$K_{\xi}(\tau) = \sigma_{\xi}^2 \exp(-\alpha_{\xi}|\tau|), \quad (9)$$

$$K_{\eta}(\tau) = \sigma_{\eta}^2 \exp(-\alpha_{\eta}|\tau|), \quad (10)$$

$$K_{\xi\eta}(\tau) = s_{\xi\eta} \exp(-\alpha_{\xi\eta}|\tau|), \quad (11)$$

где σ_{ξ}^2 , σ_{η}^2 – дисперсии случайных процессов ξ и η ; α_{ξ} , α_{η} , $\alpha_{\xi\eta}$, $s_{\xi\eta}$ – параметры.

Параметры σ , α , s аппроксимирующих функций подбирались так, чтобы минимизировать сумму квадратов отклонений от экспериментальных точек

$$\sum_i (\sigma^2 \exp(-\alpha|\tau_i|) - K_i)^2 \rightarrow \min_{\sigma, \alpha, \beta, \gamma}, \quad (12)$$

где K_i – оценка значения корреляционной функции $K(\tau)$ в точке (τ_i) . Поиск точки минимума для функции (8) был проведен с помощью системы Maple. Результаты расчетов параметров аппроксимирующих функций (9)-(11) приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Параметры аппроксимирующих функций

Корреляционная функция	σ^2 ($s_{\xi\eta}$), $\text{м}^2/\text{с}^2$	α , с^{-1}	Средняя погрешность, %
K_{ξ}	0,441	0,0042	56
K_{η}	0,130	0,036	14
$K_{\xi\eta}$	0,181	0,037	39

Наибольшая погрешность аппроксимации возникает с приближением корреляционной функции к нулю при росте τ (рис. 9-11).

Важной характеристикой случайного процесса является его закон распределения. Для его оценки законов распределения случайных процессов $\xi(t)$, $\eta(t)$ были построены гистограммы распределения частот (рис. 7, 8). Для этого диапазоны, в которых изменяются эти величины, были разбиты на 7 интервалов. Из гистограмм видно, что распределение скоростей близко к нормальному распределению [1]

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}.$$

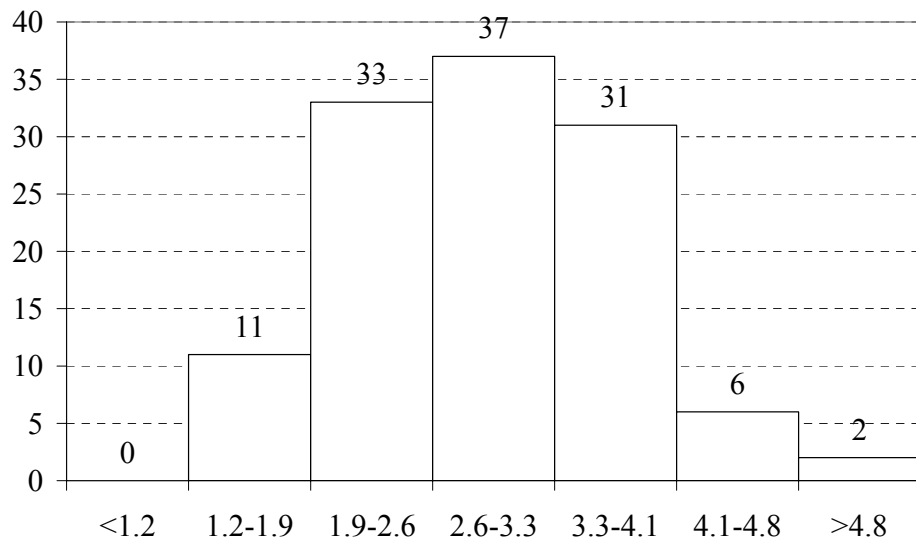


Рис. 7 – Гистограмма распределения частот для компоненты ξ скорости ветра

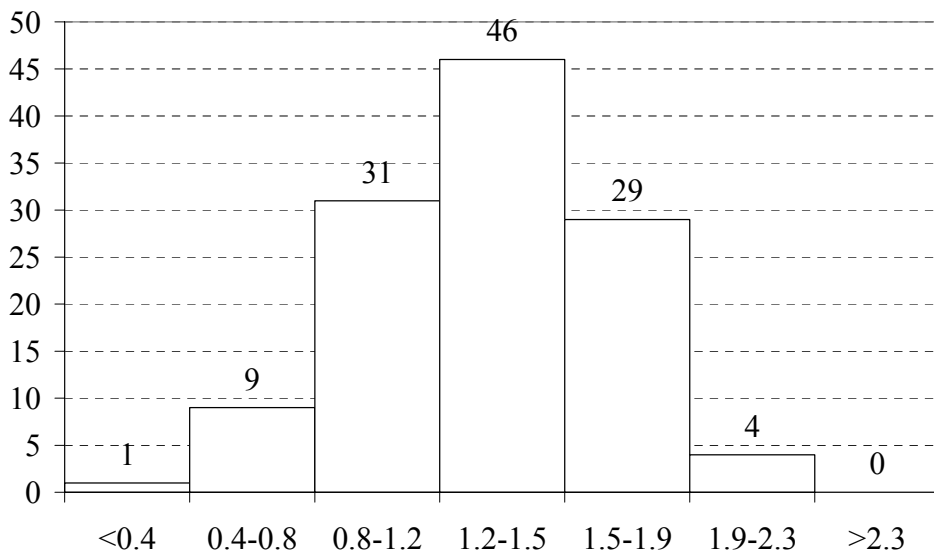


Рис. 8 – Гистограмма распределения частот для компоненты η скорости ветра

Поэтому на основании проведенных наблюдений была выдвинута гипотеза о нормальном распределении компонент ξ и η скорости ветра.

Проверка гипотезы с помощью критерия χ^2 [1] подтвердила ее непротиворечивость результатам наблюдений: расчетное значение критерия составило $\chi_{\xi}^2 = 8,08$ и $\chi_{\eta}^2 = 1,56$ при критическом значении $\chi_{кр}^2 = 9,49$.

Выводы. Знание математического ожидания и среднеквадратического отклонения позволит оценить вероятность превышения концентрацией выброшенного вещества некоторого критического значения. Учет этих параметров необходим при рассмотрении возможных сценариев чрезвычайной ситуации и планировании действий подразделений МЧС по ее локализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моделирование пожаров и взрывов / Под общ. ред. Н.Н. Брушлинского и А.Я. Корольченко. – М.: Изд. «Пожнаука», 2000. – 482 с.
2. Маршалл В. Основные опасности химических производств. - М.: Мир, 1989. – 672 с.
3. Кірючкін О.Ю., Мурін М.М., Тютюник В.В., Шевченко Р.І. Оцінка багатокритеріальної методики аналізу хімічно-небезпечного стану об'єктів та регіонів України // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2006. - №6. – С. 62 – 73.
4. Моніторинг надзвичайних ситуацій. Підручник./Абрамов Ю.О., Грінченко Є.М., Кірючкін О.Ю., Коротинський П.А., Миронець С.М.- Вид-во: АЦЗУ м. Харків, 2005.- 530с.
5. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий (ОНД-86). – Л.: Гидрометеоиздат, 1987.
6. Моделирование аварийных ситуаций на опасных производственных объектах. Программный комплекс ТОКСИ+ (версия 3.0): Сборник документов. Серия 27. Выпуск 5 /Колл. авт.– М.:Научно-технический центр по безопасности в промышленности, 2006. – 252 с.
7. Стоєцький В.Ф., Дранишников Л.В., Єсипенко А.Д., Жартовський В.М., Найверт О.В. Управління техногенною безпекою об'єктів підвищеної небезпеки.–Тернопіль:Видавництво Астон, 2005.–408 с.
8. Шматко А.В., Говаленков С.С. Алгоритм построения стохастической модели определения полей концентраций при выбросе

УДК 614.8

*Горносталь С.А., преп., УГЗУ,
Созник А.П., д-р физ.-мат. наук, проф., УГЗУ*

АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ В РЕГЕНЕРАТОРЕ АЭРОТЕНКА

На основе численного решения системы дифференциальных уравнений, описывающей явления восстановления окислительной способности активного ила в регенераторе, проведен анализ полученных результатов. Рассмотрено влияние величин различных параметров, входящих в уравнения, на физические значения концентраций составляющих ила, субстрата и продуктов автолиза

Постановка проблемы. Действующее водное законодательство Украины основывается на двух базовых стратегиях защиты, сохранения и улучшения качества природных водоемов [1]: стандартах качества водной среды, стандартах сбросов. Несмотря на довольно жесткие требования [1], предъявляемые к качеству сточных вод, сбрасываемых в водоем, а также на значительное сокращение объемов промышленного производства, за прошедшее десятилетие не произошло заметного улучшения качества природных водных объектов. В районах сброса сточных вод продолжается интенсивное загрязнение и накопление промышленных загрязнений, потенциально опасных веществ, что приводит к возникновению чрезвычайных ситуаций, характеризующихся наличием или угрозой гибели людей и животных, или значительным ухудшением условий их жизнедеятельности. По последним оценкам министерства здравоохранения до 75% вспышек инфекционных заболеваний и увеличение их количества за последние 3-5 лет связано с использованием воды для хозяйственно-питьевых нужд из загрязненных поверхностных источников [2-3].

Анализ последних исследований и публикаций. Созданию математических моделей, описывающих процессы, происхо-

дящие в сооружениях биологической очистки, посвящено достаточно много публикаций. Наиболее полно и достаточно разнообразно основные моменты рассматриваемой проблемы представлены в обзорах и работах [4-11]. При этом все процессы взаимопревращений от входа в аэротенк активного ила и сточных вод и до выхода из вторичного отстойника очищенной воды и осевшего ила обычно описывают одной системой уравнений, содержащей разное количество уравнений, для различных физических величин. Кроме того, в моделях [4-9], как отмечено в [10, 11], рассматривают обычно реакторы идеального типа.

Постановка задачи и ее решение. Нами [10] предложено весь процесс биологической очистки разделить на четыре фазы. Первая фаза описывает явления восстановления активных свойств ила в регенераторе. Уточненная по сравнению с [11] математическая модель процессов, происходящих в регенераторе, представляет собой систему следующих нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\frac{dX}{dt} = \frac{\mu L}{K_L + L} X + k_2 GXZ - \beta X + k_4 SX - k_1 G^m X, \quad (1)$$

$$\frac{dZ}{dt} = k_1 G^m X - k_2 GZX + \frac{\mu L}{K_L + L} Z - \lambda Z + k_4 SZ, \quad (2)$$

$$\frac{dS}{dt} = (k_3 - k_4 S)(X + Z), \quad (3)$$

$$\frac{dL}{dt} = -\frac{1}{Y} \frac{\mu}{K_L + L} (X + Z)L, \quad (4)$$

где X , Z , S , L - концентрации, соответственно, хлопьев, дисперсных бактерий, продуктов автолиза и загрязнений (субстрата); μ - максимальная удельная скорость роста хлопьев; K_L - константа полунасыщения, k_2 - константа скорости агрегации; G - градиент скорости в турбулентном потоке; β - удельная скорость убывания хлопьев; k_4 - константа скорости окисления продуктов автолиза, k_1 - скорость эрозии хлопьев, m - константа, λ - скорость убывания

дисперсных бактерий; k_3 - константа скорости образования продуктов автолиза, Y - коэффициент трансформации.

В (1) первое слагаемое справа соответствует стандартной модели Моно [9] и учитывает рост хлопьев, обусловленный потреблением субстрата. Второе слагаемое описывает увеличение концентрации хлопьев за счет процесса агрегации дисперсных бактерий в хлопья [4-5]. Третье слагаемое учитывает убывание хлопьев за счет их отмирания и хищнического уничтожения. Четвертое слагаемое учитывает увеличение концентрации хлопьев за счет потребления продуктов автолиза, а пятое - распад хлопьев за счет эрозии, следствием чего является образование дисперсных бактерий [4-5].

В уравнении (2) первые два слагаемые взяты из работ [4-5], а последние три, введенные нами, учитывают уменьшение концентрации дисперсных бактерий за счет их убывания и увеличение концентрации дисперсных бактерий за счет потребления продуктов автолиза и субстрата.

В уравнении (3) нами, в отличие от [6], учтено, что автолиз является результатом деятельности хлопьев и дисперсных бактерий, а уравнение (4) соответствует работе [11].

Система уравнений (1-4) содержит одиннадцать параметров, каждый из которых имеет определенный физический смысл и численное значение. В работах [4-9] на основе анализа экспериментальных исследований приведены значения для большинства из этих параметров, которые были получены для различных типов сточных вод и условий эксперимента.

Нами были проведены расчеты концентраций X , Z , S , L при различных значениях указанных параметров с учетом данных работ [4-9], при начальных условиях $L(0) = 15$ мг/л, $X(0) = 30$ мг/л, $Z(0) = 0$, $S(0) = 2$ мг/л. Цель таких расчетов состояла в установлении степени влияния их значений на процессы в регенераторе, а результаты некоторых из них приведены на рис.1. Расчеты проводились до времени $t = 120$ мин, которое соответствует реальному времени протекания регенерации в аэротенках комплекса биологической очистки «Диканевский».

Кривые на рис.1а получены при следующих значениях параметров: $\mu = 3,75 \cdot 10^{-3}$ мин⁻¹, $K_L = 4,5$ мг/л, $k_2 = 4 \cdot 10^{-8}$ мг/л, $k_4 = 10^{-3}$ л/(мг · мин), $k_1 = 7 \cdot 10^{-11}$ мин, $G = 6 \cdot 10^3$ мин⁻¹, $\beta = 8 \cdot 10^{-3}$ мин⁻¹, $\lambda = 5 \cdot 10^{-3}$ мин⁻¹, $k_3 = 5 \cdot 10^{-3}$ (л · мин)/мг, $Y = 0,57$,

$m = 2$. Величини параметров μ , K_L , k_1 , k_2 , Y , m взяты из [4-5].
Использованное значение G согласно [4] соответствует минимальной скорости эрозии хлопьев.

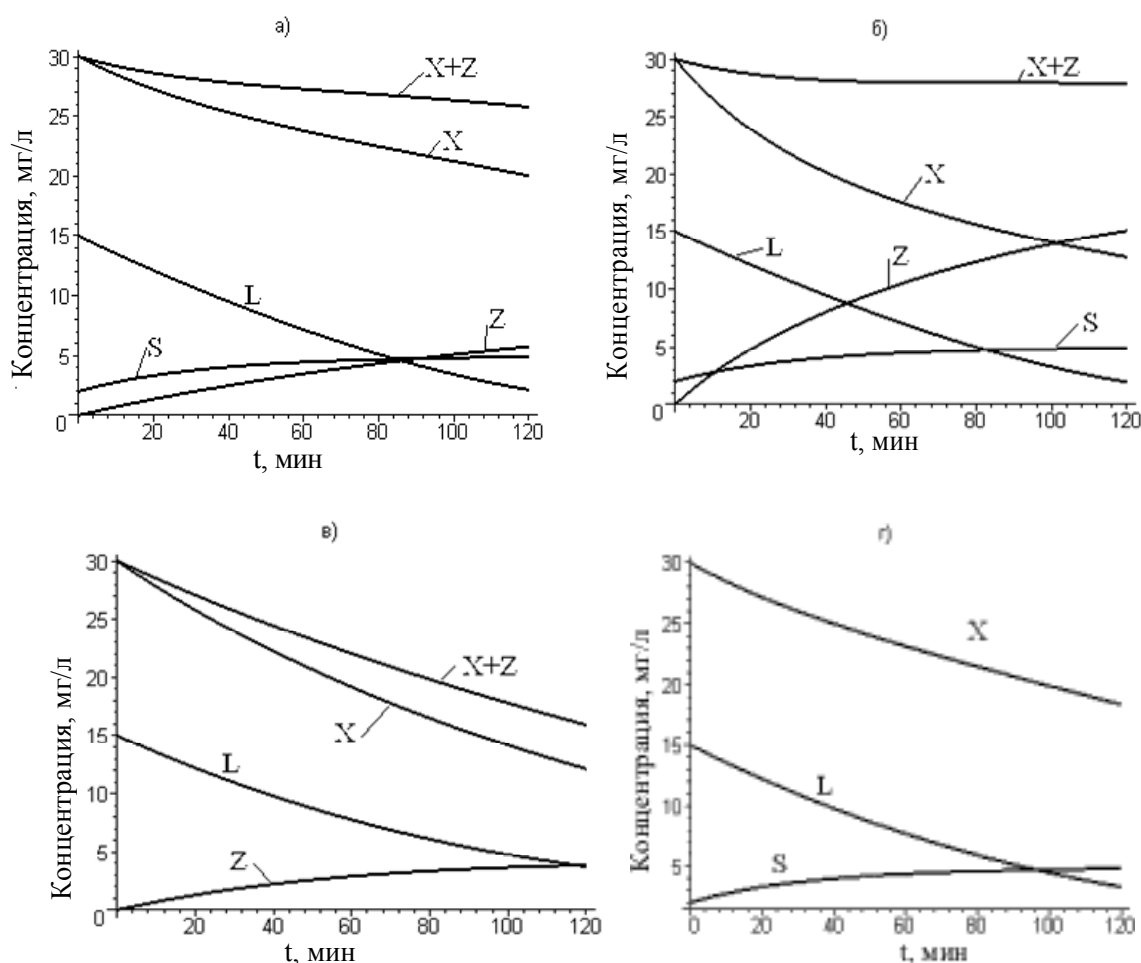


Рис. 1 – Зависимости концентраций X , Z , S , L от времени: а) расчет при значениях параметров, приведенных в тексте; б) как и а), но при $G = 1,2 \cdot 10^4 \text{ мин}^{-1}$; в) расчет без учета S ; г) расчет без учета Z

Результаты, приведенные на рис.1а для величин $X+Z$ и L , качественно согласуются с результатами расчетов [4] на этапе отмирания бактерий. При этом значения параметров β , k_4 , λ , k_3 были подобраны именно так, чтобы получить согласие с [4-5]. Однако, в отличие от [4-5], нами показано, что происходит существенный рост концентрации дисперсных бактерий на фоне уменьшения суммарной концентрации $X+Z$. Нам представляется, что указанный факт является принципиальным с точки зрения эффективности работы аэротенка.

Из сравнения результатов расчетов на рис.1а и 1б следует, что при увеличении градиента скорости в турбулентном потоке в два раза количество дисперсных бактерий на выходе из регенератора возрастает в три раза.

Из сравнения рис.1а и 1в следует, что пренебрежение процессами автолиза при неизменных параметрах расчетов приводит к существенно меньшим значениям концентраций X и $X+Z$ на выходе из регенератора. Конечное значение L в этом случае больше, чем на рис.1а. Поэтому пренебрегать этим фактором, как это делается в большинстве работ [4, 5, 7-9], нельзя, по крайней мере, в первой рассматриваемой нами фазе.

Если пренебречь возникновением и ростом концентрации дисперсных бактерий Z , то в этом случае, как видно из рис.1а и 1г, концентрации хлопьев X на выходе из регенератора становятся меньше, а суммарное количество бактерий – даже значительно меньше. По существу это соответствует занижению количества микроорганизмов подготавливаемых для процесса биологической очистки.

Выводы. Проведенные нами расчеты показывают, что предложенная модель описания процессов, происходящих в регенераторе аэротенка, является внутренне непротиворечивой и качественно согласуется с результатами других работ. Важным отличием модели (1-4) от моделей [4-9] является введенное отдельное рассмотрение дисперсных бактерий. Показано, что их концентрация на выходе из регенератора существенно зависит от практически контролируемого режима перемешивания (параметр G). Поэтому изменением величины G можно в зависимости от концентрации поступающего субстрата L создавать режим наиболее эффективной работы аэротенка.

ЛИТЕРАТУРА

1. “Охрана поверхностных вод от загрязнения” СанПиН № 4630-88. М.: Стройиздат, 1988. – 119 с.
2. О.А. Крюковська, А.О. Толок, С.А. Юдіна Стан техногенної безпеки на Україні. – Зб. тез міжнар. наук.-практ. конф. – Л.: ЛДУ БЖД, 2008. – С. 46-49.
3. О.О. Мацієвська, Л.І. Вовк Вплив поверхневого стоку на стан водних об'єктів та методи забезпечення їх екологічної безпеки.

-
- Зб. тез міжнар. наук.-практ. конф. – Л.: ЛДУ БЖД, 2008. – С. 54-57.
4. Вавилин В.А., Васильев В.Б. Математическое моделирование процессов биологической очистки сточных вод активным илом. М.: Наука, 1979. – 119 с.
 5. Вавилин В.А. Нелинейные модели биологической очистки и процессов самоочищения в реках. М.: Наука, 1983. – 158 с.
 6. Олійник О.Я., Зяблiков С.М. Особливостi моделювання очистки стiчних вод у системi аеротенк-вiдстійник-регенератор Зб.наук.пр. “Проблеми водопостачання, водовiдведення та гiдравлiки”. — Київ: - Вип. 4, 2005. — С. 46-53.
 7. Гюнтер Л.И., Запрудский Б.С. К выбору математической модели процесса биохимической очистки сточных вод. – Микробиологическая промышленность, 1971, №5 – С.14 - 18.
 8. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М. Акварос, 2003. – 512 с.
 9. Monod J. La technique de culture continue theorie and applications. – Ann. Institut Pasteur, 1950. – 79 с.
 10. Горносталь С.А., Созник А.П. Описание процессов, происходящих в системе аэротенк – вторичный отстойник, и их физическое моделирование. Наук.-техн. зб. Серія: Технічні науки та архітектура, вип.81. – Київ: Техніка, 2008. – С. 133-139.
 11. Горносталь С.А., Созник А.П. Построение математической модели процессов, происходящих в регенераторе аэротенка.- Харків: УЦЗУ, 2008. – С.51-57.

Квітковський Ю.В., викл., УЦЗУ

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ МОЖЛИВИХ ЗБИТКІВ ТА ПОШКОДЖЕНЬ НА ПІДПРИЄМСТВІ У ВИПАДКУ ВИБУХУ ГАЗОПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ

(представлено д-ром техн. наук Кривцовою В.І.)

У статті наведена загальна методика визначення ступеня пошкодження на підприємстві під час вибуху газоповітряної суміші, а також оцінки рівня можливих збитків

Постановка проблеми. Виробництва класифікуються по категоріях А, Б, В, Г, Д, Е.

Цілком зрозуміло, що найбільшу небезпеку представляють вибухопожежонебезпечні і вибухонебезпечні виробництва. Для таких підприємств, з метою обмеження і локалізації можливих вибухів і пожеж, встановлюються граничні розміри будівель або ділянок виробництв, що відокремлюються вогнестійкими перешкодами, обмежується поверховість, визначаються граничні відстані між виходами з будівель, нормуються вогнестійкість конструкцій і потрібні площі легкоскидних поверхонь. Високі вимоги пред'являються до засобів пожежогасінні і пожежної сигналізації.

Проведення вищевказаних заходів, а також спеціальних, сприяючих обмеженню виникнення вторинних несприятливих наслідків, особливо важливо на підприємствах хімічної, целюлозно-паперової і деяких інших галузей промисловості, де є великі запаси вибухопожежонебезпечних рідин і газів. В умовах нинішнього часу, коли виробничі фонди суттєво зношені і потребують оновлення, небезпека виникнення аварійних ситуацій різко збільшується, оскільки важкі наслідки можуть виникнути навіть при незначних порушеннях жорстко дотримуваних і постійно підтримуваних технологічних процесів або правил зберігання і транспортування. Причиною таких порушень можуть послужити, наприклад, раптове припинення подачі електроенергії, пари або води, порушення герметичності стиків, вихід з ладу окремих технологічних установок, тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У літературі, присвяченій питанням забезпечення цивільного захисту, що ви-

давалася за часів Радянського Союзу, випадки вибухів на підприємствах розглядалися лише як вторинні фактори ядерного удару [1]. На сьогоднішній день в Україні є чинна «Методика прогнозування наслідків виліву (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті» [2], але вона призначена для тих випадків, коли йдеться про отруйні речовини, іншими словами – про хімічну небезпеку. Щодо оцінки ступеня впливу на будівлі та споруди ударної хвилі від вибуху газоповітряної суміші, то подібної методики на Україні поки що не існує, хоча моделювання процесу знаходить відображення у багатьох публікаціях, зокрема у [3-6].

Постановка завдання та його вирішення. Постає необхідність завчасного вивчення можливих наслідків виникнення таких аварій і розробки спеціальних заходів для їх застереження. Для цього, зокрема, необхідно визначитися з розмірами можливих пошкоджень та рівнями збитків, що можуть бути спричиненими у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Для кожного об'єкту, що може підвергнутися руйнуванню внаслідок гіпотетичного вибуху газоповітряної суміші, визначається кутова точка ймовірного завалу з координатами (x_0, y_0) , що лежить на промені $[(x_1, y_1), (x_2, y_2)]$ (рис. 1), де (x_1, y_1) – центр вибуху; (x_2, y_2) – кутова точка об'єкту. Кутова точка завалу визначається для всіх кутових точок об'єкту.

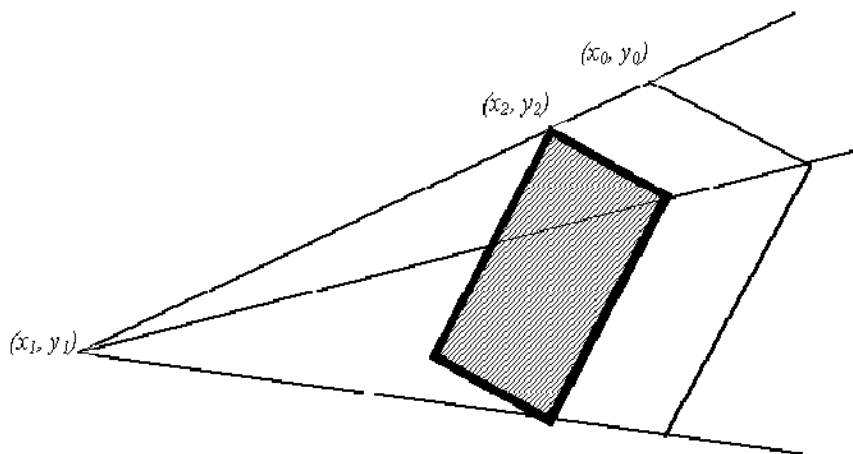


Рис. 1 – Схема визначення кутової точки завалу

Відстань L , на яку можуть переміщуватися уламки зруйнованої будівлі (відрізок $[(x_2, y_2), (x_0, y_0)]$), можна визначити за формулою

$$L = V \sqrt{\frac{H}{g}}, \text{ м} \quad (1)$$

де V – швидкість розповсюдження ударної хвилі, м/с; H – висота об'єкту (будівлі), м; g – прискорення вільного падіння, м/с².

Координати кутової точки (x_0, y_0) можна вичислити з наступних формул

$$x_0 = t_0 x_2 + (1 - t_0) x_1; \quad y_0 = t_0 y_2 + (1 - t_0) y_1, \quad (2)$$

де t_0 – параметричний коефіцієнт, що залежить від часової стадії повного часового процесу руйнування, причому $0 < t_0 \leq 1$.

Значення t_0 можна знайти з наступного квадратного рівняння

$$L^2 = (t_0 x_2 + (1 - t_0) x_1 - x_2)^2 + (t_0 y_2 + (1 - t_0) y_1 - y_1)^2. \quad (3)$$

Відповідні точки зони обвалу з'єднуються відрізками, паралельними відповідним сторонам об'єкту.

Під час аналізу знайдених кутових точок треба з'ясувати: внутрішні вони чи зовнішні. Для перевірки деякої точки з координатами (x_4, y_4) розглядаються всі трійки кутових точок. Для точної трійки точок зі всіх кутових (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , (x_3, y_3) та точки (x_4, y_4) вирішується система лінійних рівнянь відносно x_4 та y_4

$$\begin{cases} r_1 x_1 + r_2 x_2 + r_3 x_3 = x_4, \\ r_1 y_1 + r_2 y_2 + r_3 y_3 = y_4, \\ r_1 + r_2 + r_3 = 1. \end{cases} \quad (4)$$

Якщо хоча б для однієї такої трійки рішення системи задовольняє нерівностям

$$r_1 \geq 0; \quad r_2 \geq 0; \quad r_3 \geq 0,$$

то точка (x_4, y_4) є внутрішньою, тобто лежить всередині зони завалу.

Стосовно визначення рівня можливих збитків, для зменшення кількості елементів дослідження і розглядання їх загальної чи-

сельності як ряду сукупностей, що можна розглядати автономно, введемо поняття агрегованого елемента підприємства.

Позначимо абсолютну вартість j -го елемента основних виробничих фондів (ОВФ) підприємства як c_j , відносну вартість j -го елемента ОВФ у складі всього підприємства як $\overline{c_j}$, відносну вартість j -го елемента ОВФ у складі i -го агрегованого елемента підприємства як $\overline{c_{ij}}$.

Визначити величини $\overline{c_j}$ та $\overline{c_{ij}}$ можна за наступними формулами

$$\overline{c_{ij}} = \frac{c_{ij}}{\sum_{j=1}^N c_{ij}}; \quad (5)$$

$$\overline{c_j} = \frac{c_j}{\sum_{j=1}^N c_j}, \quad (6)$$

де N – кількість елементів ОВФ.

Відносну величину пошкоджень ($\overline{G_{ij}}$), що заподіяні j -му елемента у складі i -го агрегованого елемента, можна визначити, виходячи з величини надлишкового тиску (ΔP_{ϕ}) у фронті ударної хвилі вибуху, зазначеній у довідковій літературі. При проміжних значеннях ΔP_{ϕ} значення пошкоджень можна обчислити за формулою лінійної інтерполяції

$$\overline{G_{ij}}(\Delta P_{\phi}) = \left[\overline{G_{\kappa}^{\phi}} - \left(\overline{G_{\kappa}^{\phi}} - \overline{G_{\kappa}^{\eta}} \right) \right] \frac{\Delta P_{\kappa}^{\phi} - \Delta P_{\phi}}{\Delta P_{\kappa}^{\phi} - \Delta P_{\kappa}^{\eta}}, \quad (7)$$

де $\overline{G_{\kappa}^{\phi}}$, $\overline{G_{\kappa}^{\eta}}$ – значення пошкоджень, що відповідають верхній та нижній межі k -го ступеня руйнування; ΔP_{κ}^{ϕ} , ΔP_{κ}^{η} – значення надлишкового тиску у фронті ударної хвилі вибуху, що відповідають верхній та нижній межі k -го ступеня руйнування; k – порядковий номер ступеня руйнування, тобто: $k=1$ – слабка ступінь руйнування, $k=2$ – середня ступінь, $k=3$ – сильна ступінь, $k=4$ – повне руйнування.

Відносну величину пошкоджень, що спричинені i -му агрегованому елементу, можна визначити за формулою

$$G_i = \sum_{j=1}^{n_i} \overline{c_{ij} G_{ij}}, \quad (8)$$

де n_i – кількість елементів ОВФ, що включені у перелік i -го агрегованого елементу.

Відносну величину пошкоджень, заподіяних підприємству у цілому, можна визначити за формулою

$$G = \sum_{i=1}^N \overline{c_i G_i}. \quad (9)$$

Частку виробничих фондів підприємства, що збереглися після вибуху, можна визначити:

– для агрегованого елементу підприємства

$$\overline{\Pi}_i = \frac{\overline{G_i^{\Pi}}}{\overline{G_s^{\Pi}} - \overline{G_i^0}}; \quad (10)$$

– для підприємства в цілому

$$\overline{\Pi}_i = \frac{\overline{G^{\Pi}}}{\overline{G^{\Pi}} - \overline{G^0}}, \quad (11)$$

де $\overline{\Pi}_i$ - частка збережених виробничих потужностей i -го агрегованого елементу підприємства; $\overline{G^0(G_i^0)}$ - збитки, що заподіяні підприємству (агрегованому елементу підприємства), при яких виробничі потужності будуть дорівнювати нулю; $\overline{G^{\Pi}(G_i^{\Pi})}$ - збитки, спричинені підприємству (агрегованому елементу підприємства), при яких виробничі потужності повністю зберігаються.

Величини $\overline{G^0(G_i^0)}$ та $\overline{G^{\Pi}(G_i^{\Pi})}$ встановлюються для кожного підприємства експертним шляхом.

Висновки. Виходячи з вищевказаного, з метою докладнішого вивчення можливих наслідків аварій, що виникають під час НС, і розробки спеціальних заходів для їх застереження, за доцільне вважається розробляти та впроваджувати у інженерну практику методи оцінки можливих пошкоджень та збитків від можливих вибухів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Демиденко Г.П., Кузьменко Е.П., Орлов П.П. и др. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: Справочник. – К.; Вища школа. – 1989.
2. Методика прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті, затверджена наказом МНС, Мінагрополітики, Мінекономіки та Мінекології від 27.03.2001 №73/82/64/122, зареєстрованим в Мін`юсті від 10.04.2001 за №326/6617
3. Биченок М.М. Основи інформатизації управління регіональною безпекою. – Київ: ТОВ «ПоліграфКонсалтінг», 2005.
4. Костенко Ю.Т., Ткач Г.А., Вайнер В.Г. САПР стойкости химических производств: ликвидация последствий аварий. – Киев: УМК ВО, 1991.
5. Кук Д., Бейз Г. Компьютерная математика. – Москва: Наука, 1990.
6. Мазур И.И., Молдаванов О.И. Введение в инженерную экологию. – Москва: Наука, 1989.

*Кірочкін О.Ю., наук. співр., УЦЗУ,
Левтеров О.А., канд. техн. наук, пров. наук. співр., УЦЗУ,
Тютюник В.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр., УЦЗУ,
Шевченко Р.І., канд. техн. наук, нач. каф., УЦЗУ*

ПІДСИСТЕМА МОНІТОРИНГУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ В МІСТАХ УКРАЇНИ, ЯК СКЛАДОВА ІНТЕГРАЛЬНОЇ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ

(представлено д-ром хім. наук Калугінім В.Д.)

У роботі розглянуті основи побудови підсистеми моніторингу надзвичайних ситуацій (НС), що виникають в містах України. Представлено структурну схему та модель даної системи.

Постановка проблеми. Тенденції до зростання щільності населення, нестабільності промисловості, недосконалості економічної та політичної культури, що мають місце в Україні, невід'ємно пов'язані з підвищенням рівня ризику виникнення надзвичайних ситуацій різного характеру від об'єктового до глобального рівнів [1 – 5].

Сучасні міста, як елементи державної системи управління, є складними та розгалуженими системами управління з територіально-часовим імовірнісним розподілом технічно-технологічних, соціально-політичних та економічних параметрів [6, 7], що призводить до концентрації на їх території надзвичайних ситуацій (НС) [8].

Одним із шляхів підвищення ефективності безпеки в містах є необхідність створення системи моніторингу потенційно-небезпечних об'єктів, що в свою чергу не можливе без принципового перегляду, з метою їх чіткого визначення, принципів побудови систем безпеки місцевого рівня.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанням безпеки території України [9, 10], окремих типів об'єктів [11, 12] або окремих їх рівнів [13] приділено досить багато уваги в науковій літературі. Це розробка математичних моделей, що досить повно описують процеси виникнення окремих НС [14], моделей з їх ліквідації [15], тощо. Це удосконалення системи з прийняття управлінських рішень [16], розробка практичних рекомендацій з

технічних [17], психологічних [18], організаційних [19] аспектів функціонування окремих систем безпеки, сил та засобів локалізації та ліквідації НС.

В той же час, недостатня ефективність останніх спонукає до перегляду базових принципів їх побудови, а саме вузької корпоративності у розгляді проблеми безпеки у рамках чітко визначених підходів та методів сфери застосування (технічні, психологічні, організаційні, управлінські та інші аспекти).

Суттєвим зрушенням в цій сфері є формування інтегральної системи безпеки [10, 20], що базується на цілому ряді принципів, одним з яких є принцип комплексної оцінки низки небезпек зовнішнього та внутрішнього характеру з послідувачим прогнозуванням та прийняттям відповідних антикризових рішень, які в свою чергу поєднують технічні, психологічні, організаційні та інші заходи відповідно до їх внеску в ефективне функціонування системи безпеки.

З іншого боку, доцільним є використання вже існуючого технічного та економічного потенціалу з попереднім аналізом його ефективності та відповідності існуючим завданням [21].

Постановка завдання та його вирішення. Метою роботи є формування основних вимог до формування підсистеми моніторингу інтегральної системи безпеки від надзвичайних ситуацій місцевого рівня.

На рис. 1 проілюстровані умови функціонування місцевої територіально-часової параметричної підсистеми, що дозволяє сформувати принцип комплексного підходу к проблемі моніторингу НС в містах України та розкрити його місце у постійному процесі запобігання проявам внутрішніх та зовнішніх небезпек.

Аналіз взаємозв'язку внутрішніх та зовнішніх соціально-технічно-природних властивостей підобластей (рис. 1) на безпечне функціонування об'єкту контролю дозволяє сформувати принцип комплексної оцінки небезпеки міста шляхом введення інтегрального показнику небезпеки ($^{(МІСТО)}K_m^{небезп.}$), що має наступний вигляд

$$^{(МІСТО)}K_m^{небезп.} = \sum_{i=1}^n (S_i) K_m^{небезп.} / n; \quad (1)$$

$$S_{i.m} \rightarrow (S_i) K_m^{небезп.} = f\left((S_i) K_m^{мехн.}, (S_i) K_m^{натур.}, (S_i) K_m^{соц.-політ.}, (S_i) K_m^{воєн.}\right),$$

де ${}^{(i)}K_m^{небезп.}$ – коефіцієнт небезпеки окремих складових (і-тих районів міста); ${}^{(i)}k_m^{техн.}$, ${}^{(i)}k_m^{прир.}$, ${}^{(i)}k_m^{соц.-політ.}$, ${}^{(i)}k_m^{воен.}$ – показники небезпек: техногенного, природного, соціально-політичного, воєнного характеру [22] і-го міста; n – кількість районів, що входить до складу міста; m – стан системи [10]. Багатофакторність природно-соціально-технічних властивостей районів міста ($S_{i,m}$) представлено на рис. 2.



Рис. 1 – Концептуальна схема функціонування інтегральної системи безпеки міста від надзвичайних ситуацій (ε_0 ; ε_{OK} ; ε_{CB} – властивості: середовища в якому функціонує об’єкт; об’єкту контролю (ОК); системи безпеки від НС; $S_{1...n}$ – властивості підобластей об’єкту контролю)

Показники небезпек ${}^{(S_i)}k_m^\lambda$ об’єктів λ , що входять до складу району $S_{i,m}$ можливо представити наступним чином

$${}^{(S_i)}k_m^\lambda = f\left({}^{(S_i)}\alpha_m^\lambda, {}^{(S_i)}\beta_m^\lambda, {}^{(S_i)}\chi_m^\lambda, {}^{(S_i)}\mu_m^\lambda, {}^{(S_i)}\varphi_m^\lambda, {}^{(S_i)}S_m^\lambda, {}^{(S_i)}N_m^\lambda, {}^{(S_i)}N_{\lambda_m}^{насел.}, {}^{(S_i)}U_m^\lambda\right), (2)$$

де ${}^{(S_i)}\alpha_m^\lambda$, ${}^{(S_i)}\beta_m^\lambda$, ${}^{(S_i)}\chi_m^\lambda$, ${}^{(S_i)}\mu_m^\lambda$ та ${}^{(S_i)}\varphi_m^\lambda$ – технічні, природні, соціальні, індивідуально-фізіологічні чинники життєдіяльності об’єкту та показник ефективності стану підсистем безпеки та моніторингу

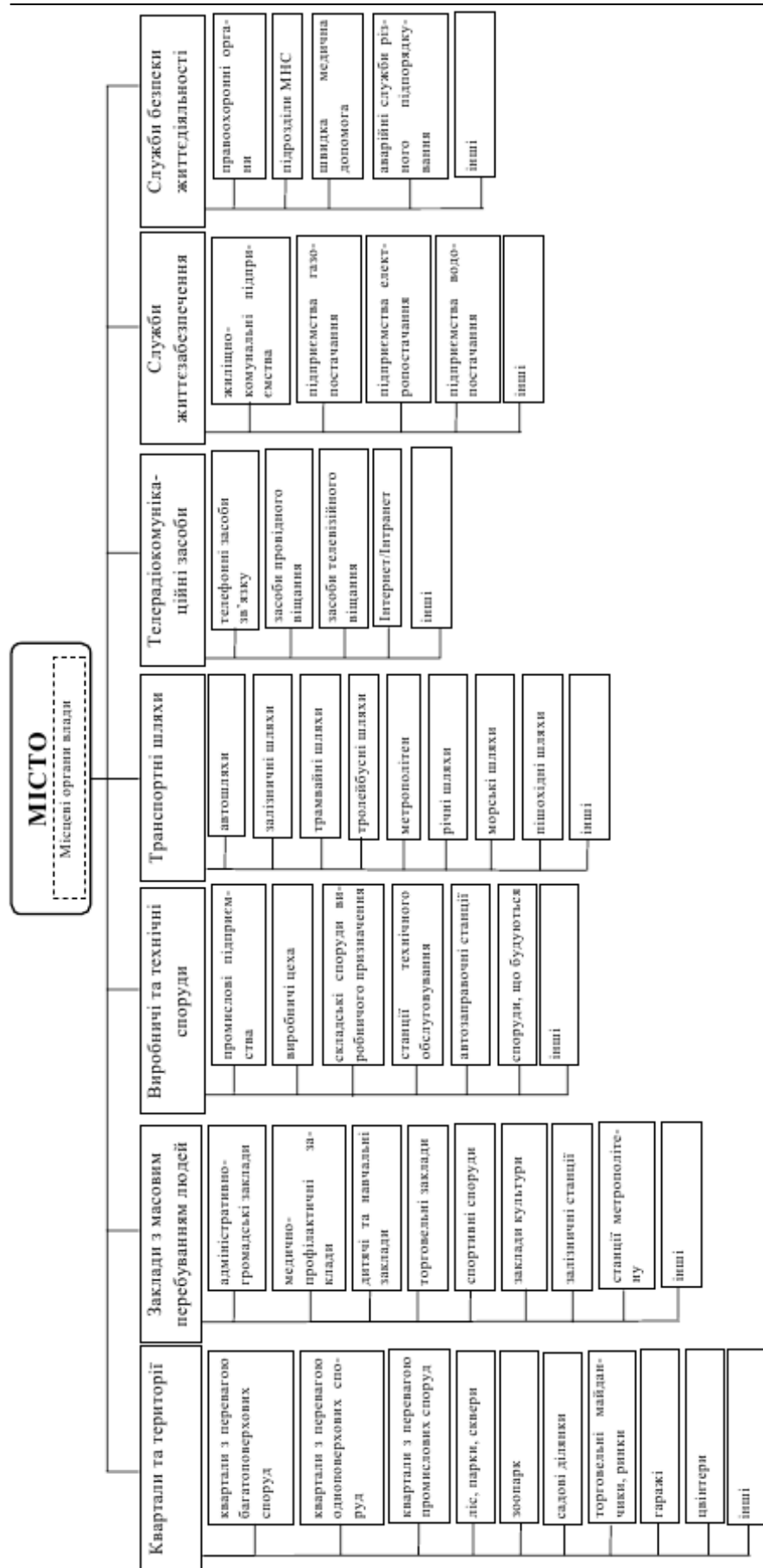


Рис. 2 – Структура елементів, що входять до складу міста

надзвичайних ситуацій на об'єкті λ ; $(S_i)G_m^\lambda$ – територіально-географічний показник; $(S_i)N_m^\lambda$, $(S_i)U_m^\lambda$ – показники кількості НС, що відбулися на об'єкті λ , та різні втрати від них; $(S_i)N_{\lambda_m}^{насел.}$ – показник кількості населення, яке має взаємовідношення до НС на об'єкті λ .

Таблиця 1 – Розподіл показників пожежної небезпеки об'єктів в містах України за 2000 – 2003 р.

Об'єкти (λ)	Коефіцієнт небезпеки $k_{пожеж.м}^{\lambda*}$			
	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.
Споруди виробничого призначення	3,58417E-05	1,46084E-05	1,74674E-06	1,42247E-06
Виробничі цехи	5,43923E-07	3,09791E-06	3,46357E-07	2,4902E-07
Складські споруди виробничого призначення	2,48807E-07	5,13239E-07	3,32932E-07	2,61756E-08
Торговельно-складські споруди	1,26257E-05	1,19619E-05	3,72243E-05	2,24058E-05
Споруди побутового обслуговування населення	1,03479E-07	4,73934E-09	1,4691E-08	5,00568E-09
Споруди освітніх та наукових закладів	8,88573E-08	1,04203E-08	1,11548E-08	1,7801E-05
Культурно-видовищні споруди	1,12621E-08	3,73139E-05	3,44581E-05	7,52772E-09
Дитячі заклади	4,7352E-07	1,01019E-07	1,35727E-07	1,31169E-07
Лікувально-профілактичні заклади	5,34122E-09	5,47035E-09	3,97211E-09	1,212E-06
Адміністративно-громадські заклади	2,12809E-07	1,19553E-07	5,46736E-08	3,21794E-08
Споруди сільськогосподарського призначення	9,3398E-08	6,06264E-08	1,52265E-08	3,16073E-09
Споруди житлового сектора	0,366211168	0,306419695	0,299451919	0,335097395
Споруди, що будуються	4,61797E-08	3,83608E-08	4,4749E-08	6,06075E-08
Установки, споруди	2,05158E-07	2,66669E-08	6,53522E-08	3,15713E-08
Місця відкритого зберігання матеріалів, техніки, відкриті території	4,17741E-06	4,3217E-06	2,27348E-06	2,45477E-06
Транспортні засоби	3,87715E-05	3,63786E-05	8,11627E-05	7,84627E-05
інші об'єкти	1,6754E-05	1,26665E-05	9,37202E-06	2,71481E-05

Так застосування формули (2) для складової «пожежна безпека» із застосуванням офіційно оприлюдненої інформації щодо стану об'єктів України [1 – 5, 8, 23] дає вираз (3) та відповідно зміни якісної характеристики пожежної небезпеки $(S_i)k_{пожеж.м}^{\lambda*}$ об'єктів в містах України – табл. 1.

$$(S_i)k_{пожеж.м}^{\lambda*} = (S_i)N_{пожеж.м}^{\lambda*} * (S_i)U_{пожеж.м}^{\lambda*} * (S_i)N_{\lambda_{пожеж.м}}^{насел.*}, \quad (3)$$

де $(S_i)N_{\text{пожеж.м}}^{\lambda*} = \frac{(S_i)N_{\text{пожеж.м}}^{\lambda}}{\sum_i (S_i)N_{\text{пожеж.м}}^{\lambda}}$ – відносна кількість пожеж, що відбулися на об'єкті λ , $(S_i)N_{\text{пожеж.м}}^{\lambda}$ – кількість пожеж, що відбулися на об'єкті λ , $\sum_i (S_i)N_{\text{пожеж.м}}^{\lambda}$ – загальна кількість пожеж, що відбулися у i -му місті; $(S_i)U_{\text{пожеж.м}}^{\lambda*} = \frac{(S_i)U_{\text{пожеж.м}}^{\lambda}}{\sum_i (S_i)U_{\text{пожеж.м}}^{\lambda}}$ – відносний показник втрат від пожеж, що відбулися на об'єкті λ , $(S_i)U_{\text{пожеж.м}}^{\lambda}$ – втрати від пожеж, що відбулися на об'єкті λ , $\sum_i (S_i)U_{\text{пожеж.м}}^{\lambda}$ – загальна кількість втрат від пожеж, що відбулися у i -му місті; $(S_i)N_{\lambda_{\text{пожеж.м}}}^{\text{насел.}*} = \frac{(S_i)N_{\lambda_{\text{пожеж.м}}}^{\text{насел.}}}{\sum_i (S_i)N_{\lambda_{\text{пожеж.м}}}^{\text{насел.}}}$ – відносний показник загибелі людей від пожеж, що відбулися на об'єкті λ , $(S_i)N_{\lambda_{\text{пожеж.м}}}^{\text{насел.}}$ – кількість загиблих від пожеж, що відбулися на об'єкті λ , $\sum_i (S_i)N_{\lambda_{\text{пожеж.м}}}^{\text{насел.}}$ – загальна кількість загиблих від пожеж, що відбулися у i -му місті.

Наведений у табл. 1 аналіз пожежної небезпеки об'єктів різного функціонального призначення, які знаходяться в містах, вказує на необхідність комплексного підходу до рішення проблеми забезпечення безпеки функціонування міст України – створення системи міського моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій та управління в кризових ситуаціях (рис. 3).

Основні задачі, які повинна вирішувати дана система, включає: збір, обробку та прогнозування небезпеки виникнення надзвичайних ситуацій у місті; ведення баз даних чинників катастроф; представлення необхідної інформації про джерела небезпек; складання планових та оперативних рекомендацій по зниженню наслідків НС; управління службами безпеки та життєдіяльності міста в кризових ситуаціях.

Для рішення поставлених задач підсистема міського моніторингу об'єднує підсистеми нижчого рівня: спостереження і контролю; збору, обробки фактичної інформації, прогнозування НС та формування управлінських рішень; зв'язку (рис. 3).

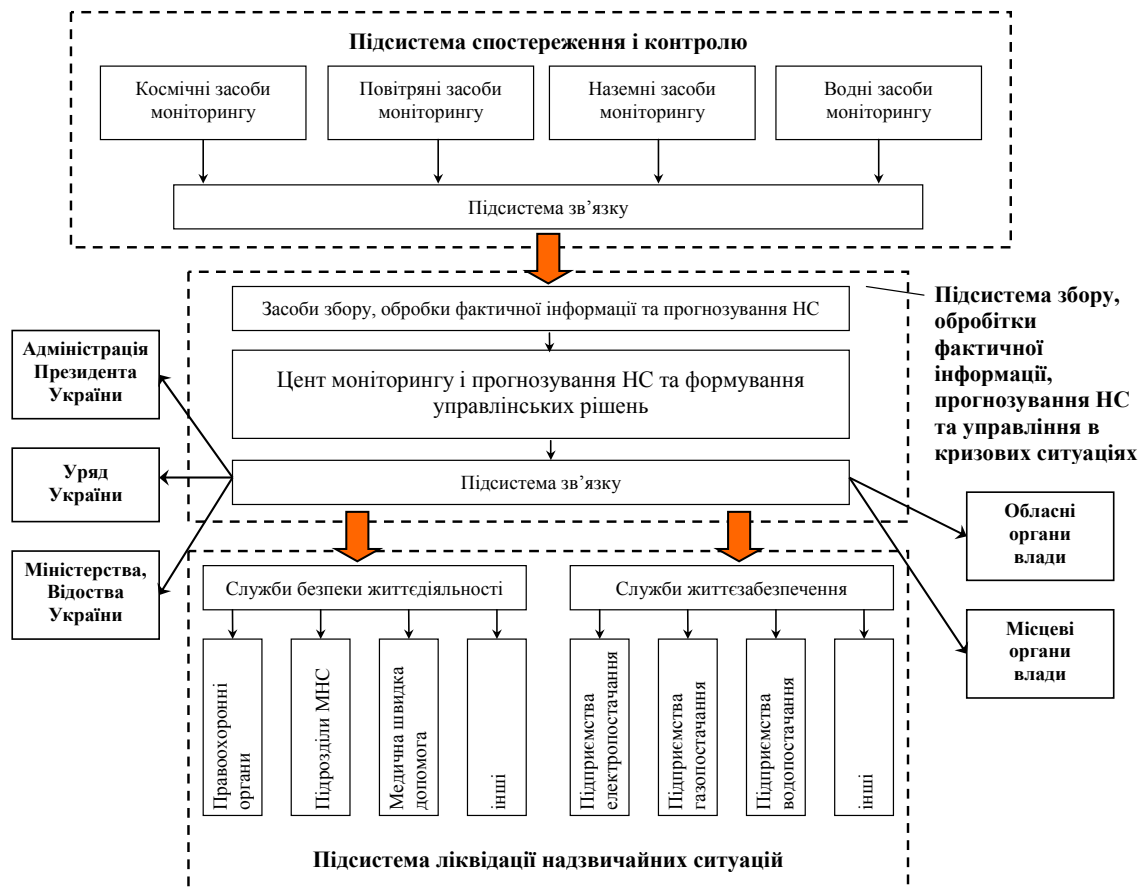


Рис. 3 – Структурна схема міської системи моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій та формування управлінських рішень

На функціональному рівні підсистему спостереження і контролю об'єднує засоби контактного та дистанційного контролю небезпечних факторів НС, які в залежності від умов розміщення класифікуються на повітряні, водні, наземні та із залученням космічного спостереження.

Інформація через засоби комунікації, які входять до підсистеми зв'язку, надходить до підсистеми збору, обробки фактичної інформації, прогнозування НС та формування управлінських рішень. Основною задачею підсистеми є прогноз міста, часу та сили можливої надзвичайної ситуації у місті, а також рекомендацій для зниження впливу небезпечних факторів НС на об'єкти, населення та природне середовище міста.

У зв'язку з неможливістю реалізації універсальної системи моніторингу НС для всіх міст України, що обумовлено багатofакторністю їх функціонування – (2), один з можливих підходів тери-

Підсистема моніторингу надзвичайних ситуацій в містах України, як складова інтегральної системи безпеки

торіальної реалізації системи для вирішення поставлених задач представлено на рис. 4.

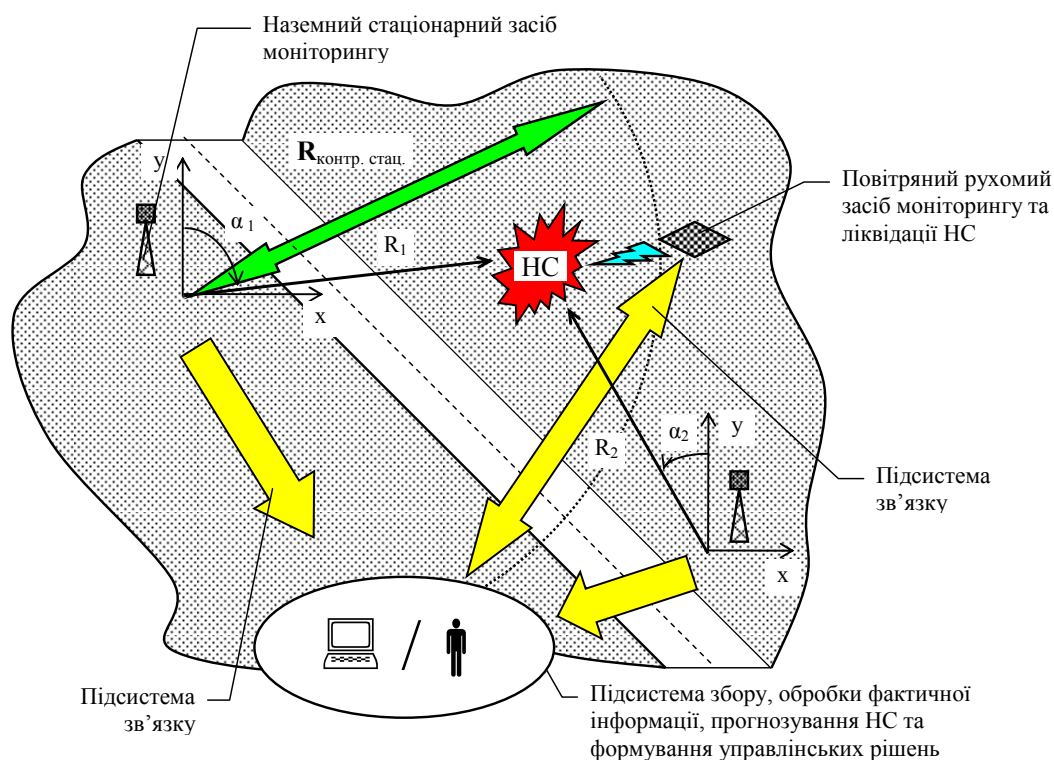


Рис. 4 – Схема реалізації міської системи моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій та формування управлінських рішень

Однак, специфіка задач, що стоять перед системою міського моніторингу, вказує на ряд загальних вимог до її функціонування.

В цілому вимоги до підсистеми спостереження і контролю включають:

- використання носіїв засобів виявлення та контролю факторів НС різного функціонального призначення;
- використання сучасних засобів вимірювання та лабораторних комплексів (стаціонарних та мобільних), що функціонують на загальній елементній базі;
- автономність та надійність функціонування системи в умовах виникнення гідрометеорологічних, хімічних, радіаційних та інших небезпек;
- оптимальне територіально-часове розміщення засобів моніторингу у відповідності з щільності населення та розміщення потенційно-небезпечних об'єктів у місті;

– забезпечення носіїв засобів виявлення та контролю факторів НС засобами зв'язку, які забезпечать передачу фактичної інформації у реальному масштабі часу або максимально приближеному до нього.

Основні вимоги до підсистеми збору, обробки фактичної інформації, прогнозування НС та формування управлінських рішень включають: можливість створення нерегламентованих запитів; оперативність зв'язку з банком даних; багатоваріантність обробки інформації; мінімізацію часу обробки фактичної інформації; можливість розподіленої обробки; функціональна гнучкість програмного забезпечення; створення роздільного доступу для користувачів; можливість роботи у інтерактивному режимі; можливість відображення інформації [24].

Висновки. Підсумуючи наведене, слід зазначити, що визначення отримали загальні принципи, які характерні підсистемам міського моніторингу. Втім підсистема моніторингу конкретного міста повинна враховувати територіальні, демографічні, географічні, інфраструктурні, виробничі особливості, що у загальному випадку є перерозподілом ваги коефіцієнтів небезпеки (2).

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2002 році” – К.:Чорнобильінтерінформ, 2003. – 291 с.
2. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2003 році” – К.:Чорнобильінтерінформ, 2004. – 435 с.
3. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2004 році” – К.:Чорнобильінтерінформ, 2005. – 360 с.
4. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2005 році” – К.:Чорнобильінтерінформ, 2006. – 375 с.
5. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 році” – К.:Чорнобильінтерінформ, 2007. – 235 с.
6. Арсеньев В.Г., Николаев А.Ю. От интеллектуальных домов – к интеллектуальным городам. Некоторые принципы построения

- охранных систем // Противопожар. и аварийно-спасат. средства. – 2004. – № 3. – С. 34.
7. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Алехин С.В. и др. Стратегическое управление системами безопасности городов на основе информационных и компьютерных технологий // ВИНТИ. Пробл. безоп. при чрезв. ситуациях. – 2000. – вып. 2. – С. 102 – 109.
 8. Якименко О., Климась Р. Великі проблеми великих міст // Будівництво та безпека. – 2008. – № 1(5). – С. 6 – 10.
 9. Абрамов Ю.О., Грінченко Є.М., Кірочкін О.Ю. та інші Моніторинг надзвичайних ситуацій. – Харків: АЦЗУ, 2005. – 530 с.
 10. Грінченко Є.М., Кірочкін О.Ю., Тютюник В.В., Шевченко Р.І. Інтегральна система безпеки регіонів України, як складових державної територіально-часової параметричної системи. Принцип комплексної оцінки небезпеки // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: УЦЗУ, 2008. – Вип. 7. – С. 58 – 71.
 11. Гражданкин А.И., Лисанов М.В., Печеркин А.С. Использование вероятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных объектов // Безопасность труда в промышленности. – 2002. – № 2. – С. 12 – 20.
 12. Кірочкін О.Ю., Мурін М.М., Тютюник В.В., Шевченко Р.І. Оцінка багатокритеріальної методики аналізу хімічно небезпечного стану об'єктів та регіонів України // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2007. – № 6. – С. 62 – 73.
 13. Столяренко А. Система управления дорожным движением // Будівництво та безпека. – 2008. – № 1(5). – С. 28 – 31.
 14. Абрамов Ю.А., Тютюник В.В., Шевченко Р.І. Взаимосвязь иницирующих и поражающих факторов чрезвычайных ситуаций природного характера на территории Украины // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2007. – № 5. – С. 8 – 17.
 15. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени / Под общ. ред. С.А. Смирнова. – Звенигород: Изд. ГУ МО «СЦ «Звенигород», 2006. – 296 с.
 16. Альбоцій О.В., Кулешов М.М., Калашніков О.О., Рашкевич С.А., Труш О.О. Основи управління в органах і підрозділах МНС України – Харків, 2007. – 310 с.
 17. Мотин Л.А., Шахманский Г.В. Автоматизированные и роботизированные комплексы для противопожарной защиты объектов // Экол. системы и приборы. – 2001. – № 2. – С. 46 – 51.

18. Моляко В.А. Особенности проявления паники в условиях экологического бедствия (на примере Чернобыльской атомной катастрофы) // Психологический журнал. – 1992. – № 2. – С. 66 – 74.
19. Фолеев М.И. Предупреждение и ликвидация ЧС, обусловленных террористическими акциями, взрывами, пожарами: Методическое пособие. – М.: Изд. Ин-та риска и безопасн., 2001. – 400 с.
20. Волошин И. Комплексное решение безопасности – ключ к успеху // F+S: Технологии безопасности и противопожарной защиты. – 2007. – № 6(30). – С. 68 – 71.
21. Тютюник В.В., Шевченко Р.І. Формування критерію «ефективність – інтегральна ціна», як основи принципу комплектування технічними засобами інтегральної системи безпеки // Проблеми пожежної безпеки. – Харків: УГЗУ, 2008. – Вып. 23. – С. 202 – 216
22. ЗУ „Про правові засади цивільного захисту”
23. Мовою науки. Результати дослідження пожежних ризиків в Україні // Будівництво та безпека. – 2008. – № 3(7). – С. 6 – 7.
24. Абрамов Ю.А., Тютюник В.В., Шевченко Р.И. Основные требования к созданию системы мониторинга чрезвычайных ситуаций // Системы обработки інформації. – Харків: Харків. унів. Повітряних Сил. – 2005. – Вып. 6(46). – С. 203 – 207.

УДК 614.8

*Кривцова В.И., д-р техн. наук, проректор, УГЗУ,
Ключка Ю.П., канд. техн. наук, науч. сотр., УГЗУ,
Грушко А.И., ад'юнкт, УГЗУ*

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ В СИСТЕМЕ ХРАНЕНИЯ И ПОДАЧИ ВОДОРОДА

Получены зависимости для оценки вероятности возникновения аварийной ситуации в системе хранения и подачи водорода. Показано, что по истечении некоторого времени более опасная система на начальном этапе эксплуатации может оказаться менее опасной.

Постановка проблемы. Одним из сдерживающих факторов широкого использования систем хранения и подачи водорода (СХП) является высокий уровень пожаровзрывоопасности (ПВО) водорода и систем, в которых он хранится [1-4]. При этом существуют сложности при оценке вероятности возникновения ПВО ситуации в этих системах [2].

Анализ последних исследований и публикаций. В работах [2-3, 5] было показано, что вероятность возникновения ПВО ситуации в СХП определяется в соответствии со следующим выражением

$$P_{СХП}(t) = P_{А_{СХП}}(t) \cdot P_{В_{СХП}}(t), \quad (1)$$

где $P_{А_{СХП}}(t)$ и $P_{В_{СХП}}(t)$ – вероятность образования горючей среды и появления источников зажигания в элементах СХП соответственно.

При этом вероятности $P_{А_{СХП}}(t)$ и $P_{В_{СХП}}(t)$ можно определять как вероятности отказа технических устройств [2, 5]. В случае экспоненциального закона распределения потока отказов выражение (1) можно переписать следующим образом

$$P_{СХП}(t) = \left(1 - \exp\left(-\sum_{i=1}^n \lambda_{A(n)} t_n\right) \right) \left(1 - \exp\left(-\sum_{i=1}^n \lambda_{B(n)} t_n\right) \right), \quad (2)$$

где $\lambda_{A(n)}$ и $\lambda_{B(n)}$ – интенсивность отказов соответствующих технических устройств; t_n – время непрерывной работы соответствующих технических устройств.

При этом необходимо учитывать, что возникновение аварийной ситуации возможно как в результате отказа одного элемента, поломка которого может привести к возникновению горючей среды и источника зажигания, так и в результате отказа двух элементов, поломка каждого из которых приводит к одному из событий. Также следует учитывать, что вероятность возникновения аварийной ситуации напрямую зависит от автоматических средств защиты или оператора, т.е. от времени реакции на то или иное событие.

Постановка задачи и ее решение. В связи с этим необходимо рассмотреть сценарии развития аварийной ситуации, а также определить вероятности возникновения ПВО ситуации в зависимости от параметров системы, систем автоматики и т.д.

На рис. 1 приведены возможные сценарии развития аварийной ситуации.

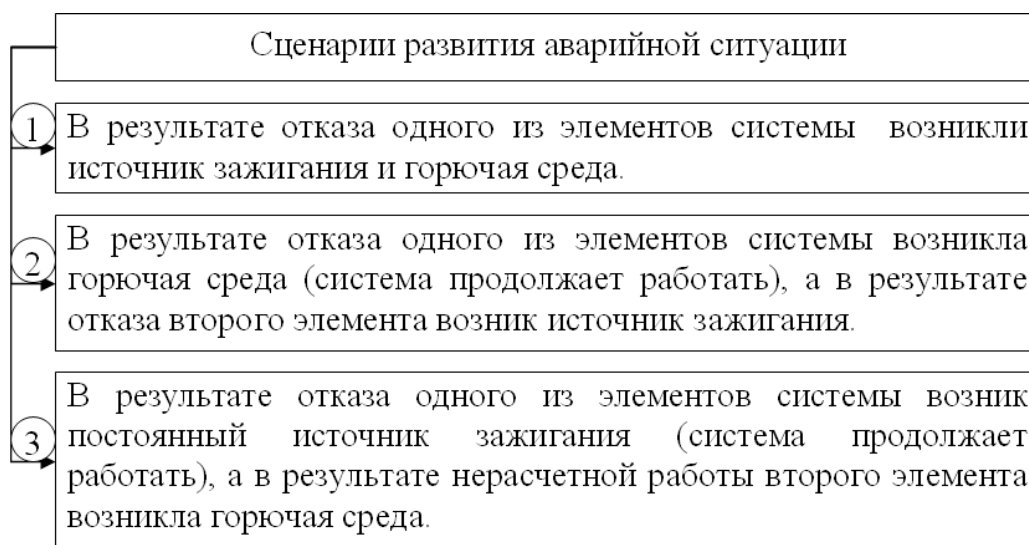


Рис. 1 – Сценарии развития аварийной ситуации

На рис. 2 приведена иллюстрация сценария №1 (рис. 1).

Поскольку в данном случае возникновение ПВО ситуации характеризуется отказом одного элемента, то вероятность ПВО ситуации будет определяться выражением

$$P_{(CXII)}(t) = 1 - \exp\left(-\sum_{i=1}^n \lambda_{C(i)} t_i\right), \quad (3)$$

где $\lambda_{C(i)}$ – интенсивность отказов соответствующих элементов, которые могут привести к возникновению ПВО ситуации (к возникновению горючей среды и источника зажигания одновременно); n – количество элементов, которые могут привести к возникновению ПВО ситуации.

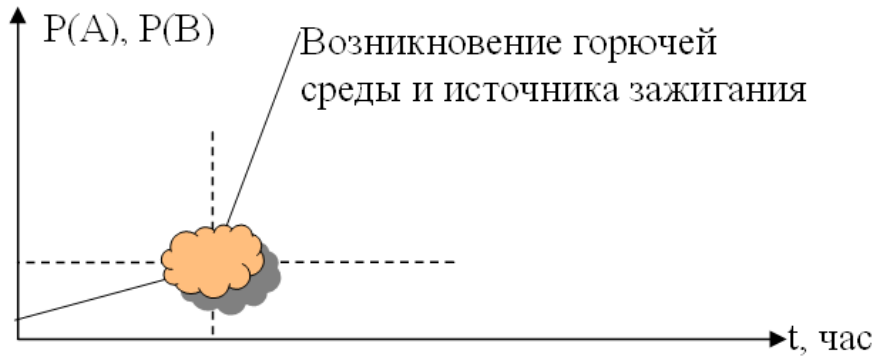


Рис. 2 – Иллюстрация ситуации при наличии опасных факторов

В случае если $t_i = \text{const}$, выражение (3) можно записать в следующем виде

$$P_{(CXII)}(t) = 1 - e^{(-\lambda_C \cdot t)}, \quad (4)$$

где $\lambda_C = \sum_{i=1}^n \lambda_{C(i)}$.

С целью определения влияния параметров t и λ_C на скорость изменения $P_{(CXII)}(t)$ найдем частные производные $P_{(CXII)}(t)$ по t и λ_C

$$\frac{\partial P_{CXII}(t)}{\partial t} = \lambda_C e^{(-\lambda_C \cdot t)}, \quad (5)$$

$$\frac{\partial P_{CXII}(t)}{\partial \lambda_C} = t e^{(-\lambda_C \cdot t)}. \quad (6)$$

На рис. 3 и 4 приведено графическое отображение выражений (5) и (6).

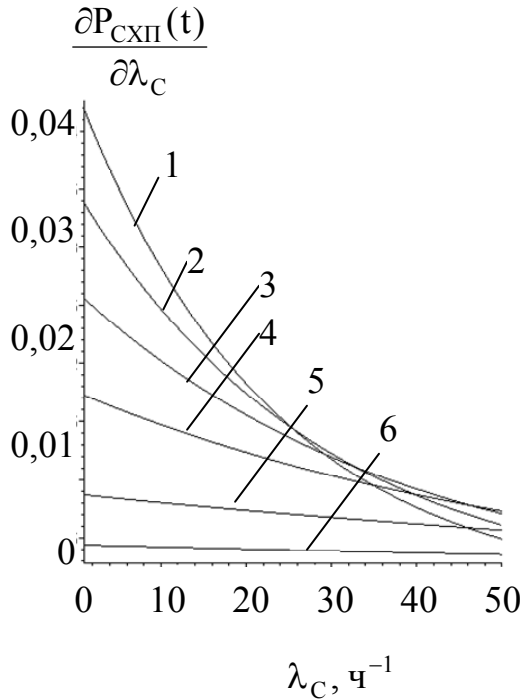


Рис. 3 – Зависимость

$\frac{\partial P_{СХП}(t)}{\partial \lambda_C}$ в зависимости от t и λ_C :

1 – $t=5$ год; 2 – $t=4$ год; 3 – $t=3$ год;
4 – 2 год; 5 – $t=1$ год; 6 – $t=0,5$ год

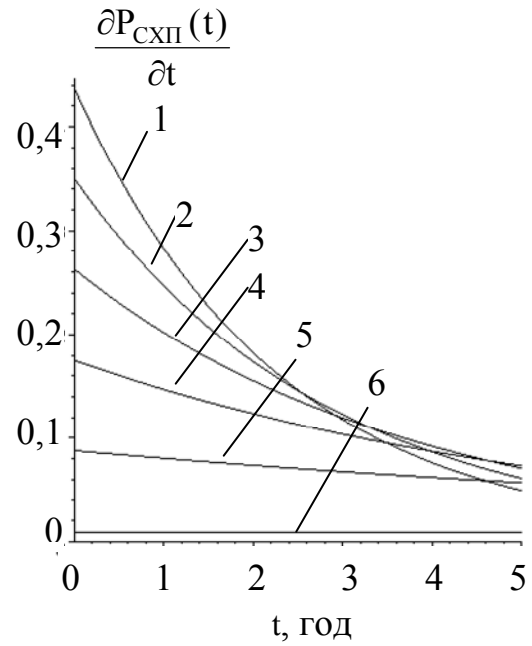


Рис. 4 – Зависимость

$\frac{\partial P_{СХП}(t)}{\partial t}$ в зависимости от t и λ_C :

1 – $\lambda_C=50 \cdot 10^{-6}$ ч⁻¹; 2 – $\lambda_C=40 \cdot 10^{-6}$ ч⁻¹;
3 – $\lambda_C=30 \cdot 10^{-6}$ ч⁻¹; 4 – $\lambda_C=20 \cdot 10^{-6}$ ч⁻¹;
5 – $\lambda_C=10 \cdot 10^{-6}$ ч⁻¹; 6 – $\lambda_C=1 \cdot 10^{-6}$ ч⁻¹

Из рисунков следует, что с увеличением t и λ_C скорость увеличения $P_{(СХП)}(t)$ уменьшается.

Для того чтобы более наглядно увидеть влияние скоростей на изменение вероятности возникновения ПВО ситуации, а также для ее оценки на некотором отрезке времени $\Delta\tau$ воспользуемся выражением (5), которое проинтегрируем в интервале от $(\tau + \Delta\tau)$ до (τ)

$$P_{СХП}(\Delta\tau) = \int_{\tau}^{\tau+\Delta\tau} \lambda e^{(-\lambda_C \cdot t)} dt = -e^{(-\lambda_C \cdot t)} \Big|_{\tau}^{\tau+\Delta\tau}, \quad (7)$$

$$P_{СХП}(\Delta\tau) = e^{(-\lambda_C \cdot \tau)} (1 - e^{(-\lambda_C \cdot \Delta\tau)}) \approx e^{(-\lambda_C \cdot \tau)} \lambda_C \Delta\tau. \quad (8)$$

На рис. 5 приведенные графические зависимости $P_{СХП}(\Delta\tau)$ в зависимости от τ и $\Delta\tau$ при различных значениях λ_C .

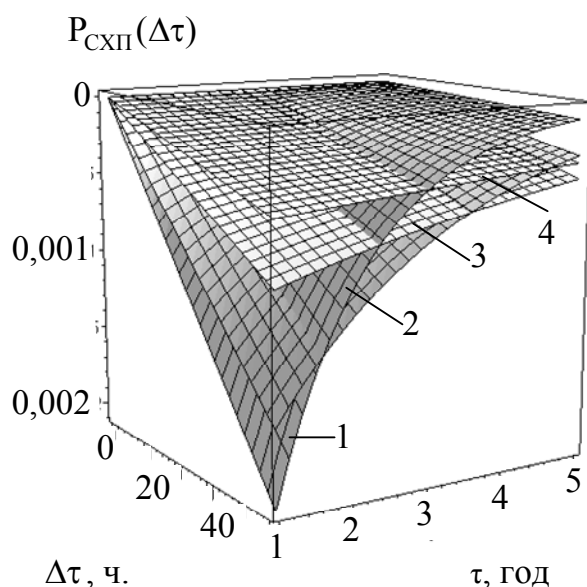


Рис. 5 – Зависимость вероятности возникновения ПВО ситуации в зависимости от τ и $\Delta\tau$: 1 – $\lambda_C = 100 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$; 2 – $\lambda_C = 50 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$; 3 – $\lambda_C = 20 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$; 4 – $\lambda_C = 10 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$

Из рисунка следует, что при малых значениях τ вероятность возникновения ПВО ситуации на интервале $\Delta\tau$ увеличивается с увеличением λ_C . Но с ростом величины τ ситуация противоположная – вероятность возникновения ПВО ситуации на интервале $\Delta\tau$ увеличивается с уменьшением λ_C .

Таким образом, из рисунка следует, что при эксплуатации систем, которые отличаются лишь значениями λ_C , в начале эксплуатации более опасными будут системы с высокими значениями λ_C , но с течением времени ситуация изменится, и более опасными будут системы с низкими значениями λ_C .

Оценку изменения вероятности возникновения ПВО ситуации на интервале $\Delta\tau$ можно определить в соответствии со следующим выражением (из выр. (8))

$$N_{(\tau_2/\tau_1)} = \frac{P_{СХП}(\Delta\tau)_{\tau_2}}{P_{СХП}(\Delta\tau)_{\tau_1}} = \frac{e^{(-\lambda_C \cdot \tau_2)}(1 - e^{(-\lambda_C \cdot \Delta\tau)})}{e^{(-\lambda_C \cdot \tau_1)}(1 - e^{(-\lambda_C \cdot \Delta\tau)})} = e^{-\lambda_C(\tau_2 - \tau_1)}, \quad (9)$$

где $P_{СХП}(\Delta\tau)_{\tau_2}$ – вероятность возникновения ПВО ситуации по истечению времени τ_2 на интервале $\Delta\tau$; $P_{СХП}(\Delta\tau)_{\tau_1}$ – вероятность возникновения ПВО ситуации по истечению времени τ_1 на интервале $\Delta\tau$.

На рис. 6 в соответствии с выр. (4) приведены зависимости $P_{СХП}(t)$ от времени при различных значениях λ_C и в соответствии с выр. (9) зависимости соотношений $N_{(\tau_2/\tau_1)}$.

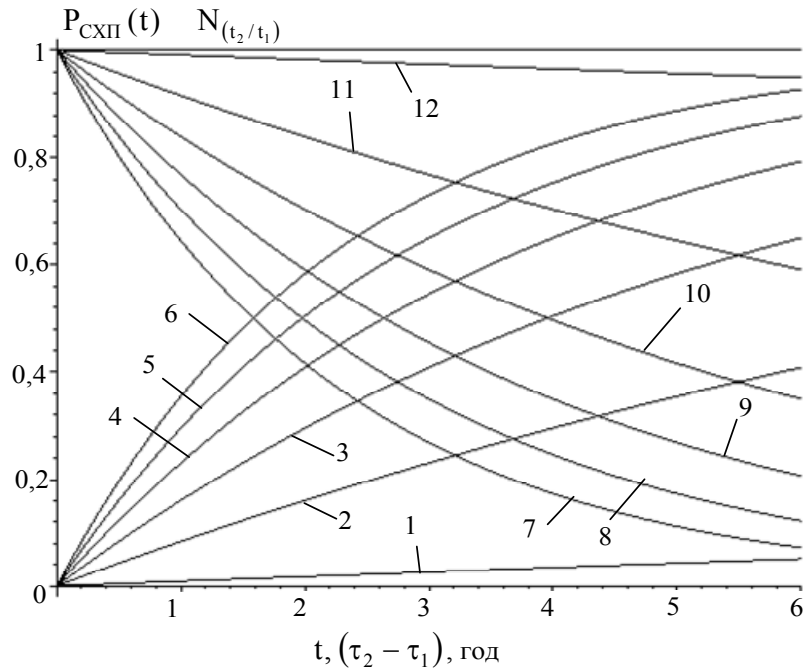


Рис. 6 – Вероятность возникновения ПВО ситуации и зависимость (9): 1-6 – $P_{СХП}(t)$; 7-12 – $N_{(\tau_2/\tau_1)}$; 1, 12 – $\lambda_C=1 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$; 2, 11 – $\lambda_C=10 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$; 3, 10 – $\lambda_C=20 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$; 4, 9 – $\lambda_C=30 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$; 5, 8 – $\lambda_C=40 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$; 6, 7 – $\lambda_C=50 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$

Из рисунка следует, что с ростом λ_C и $(\tau_2 - \tau_1)$ значение $N_{(\tau_2/\tau_1)}$ уменьшается, т.е. вероятность возникновения аварийной ситуации в СХП водорода на одинаковых промежутках времени во время τ_2 и τ_1 ($\tau_2 > \tau_1$) уменьшается.

Другими вариантами развития аварийной ситуации являются сценарии 2 и 3 (рис. 1), которые представлены на рис. 7а и 7б.

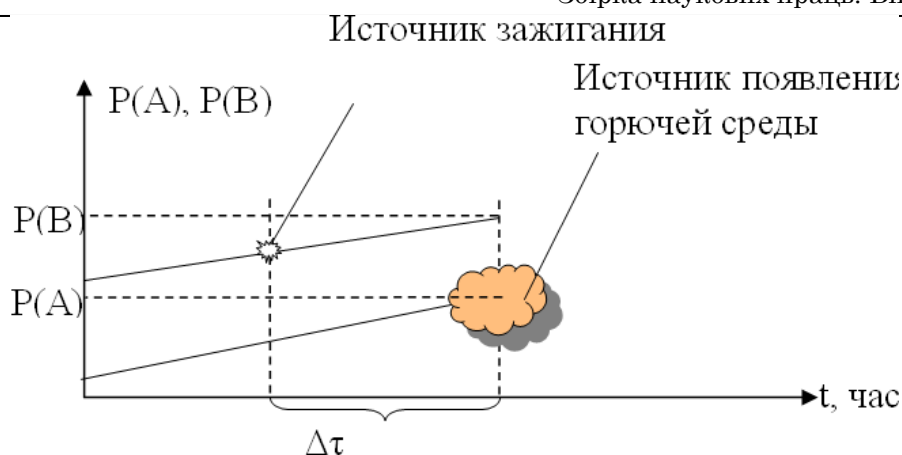


Рис. 7а – Развитие аварийной ситуации по сценарию № 2

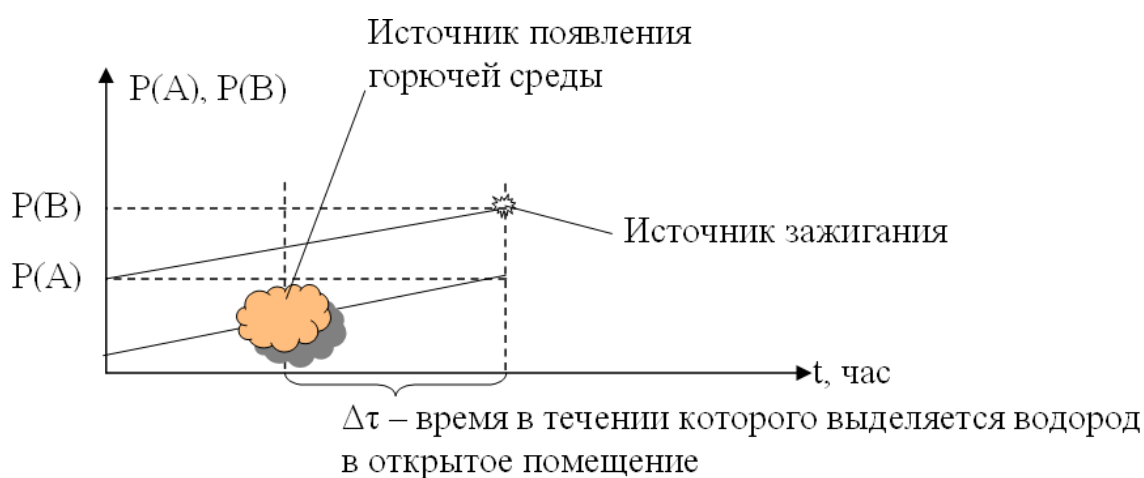


Рис. 7б – Развитие аварийной ситуации по сценарию № 3

Из рис. 7а и 7б следует, что ключевым моментом в таких сценариях развития аварийной ситуации является время $\Delta\tau$, в течение которого происходит два события – возникновение горючей среды и источника зажегания. На рис. 8 схематически показаны кривые вероятности возникновения источника зажегания и горючей среды в системе, а также способ определения ΔP_A и ΔP_B .

Тогда из (1), с учетом рис. 8, вероятность возникновения ПВО ситуации на интервале $\Delta\tau$ будет равна произведению вероятностей возникновения горючей среды и источника зажегания на данном интервале

$$\Delta P_{СХП}(\Delta\tau) = \Delta P_A \cdot \Delta P_B. \quad (10)$$

Учитывая то, что $\frac{\partial P_A(t)}{\partial t} = \lambda_A e^{(-\lambda_A \cdot t)}$ и $\frac{\partial P_B(t)}{\partial t} = \lambda_B e^{(-\lambda_B \cdot t)}$, то выражение (10) можно записать как

$$P_{СХП}(\Delta\tau) = \int_{\tau_1}^{\tau_2} (\lambda_A e^{(-\lambda_A \cdot t)}) dt \cdot \int_{\tau_1}^{\tau_2} (\lambda_B e^{(-\lambda_B \cdot t)}) dt. \quad (11)$$

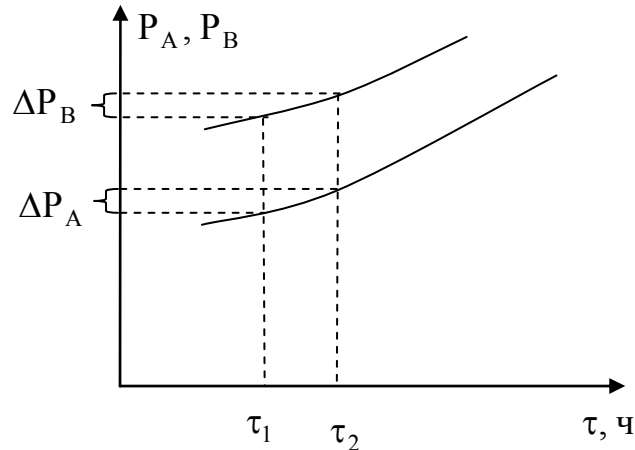


Рис. 8 – Вероятности возникновения ПВО ситуации на интервале $\Delta\tau$

При этом следует отметить, что для определения $P_{СХП}$ на искомом интервале времени T необходимо просуммировать вероятности возникновения ПВО ситуации на всех интервалах времени $\Delta\tau$ (для случая, когда события на интервалах $\Delta\tau$ не связаны между собой), т.е.

$$P_{СХП} = \sum_{n=1}^N P_{СХП_n}(\Delta\tau), \quad (12)$$

где N – количество интервалов $\Delta\tau$, $T = N \cdot \Delta\tau$.

При этом n можно интерпретировать не только как номер интервала, но и как время начала интервала, т.е. τ_1 в соответствии с рис. 8. В этом случае выражение (12) примет следующий вид

$$P_{СХП} = \sum_{n=1}^N \left[\int_{(n-1)\Delta\tau}^{n\Delta\tau} (\lambda_A e^{-\lambda_A \cdot t}) dt \cdot \int_{(n-1)\Delta\tau}^{n\Delta\tau} (\lambda_B e^{-\lambda_B \cdot t}) dt \right]. \quad (13)$$

На рис. 9 в соответствии с выр. (13) приведены зависимости $P_{СХП}$ от времени при различных значениях $\Delta\tau$. Все кривые на рис. 9 построены для случая, когда $\lambda_A = \lambda_B = 50 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$.

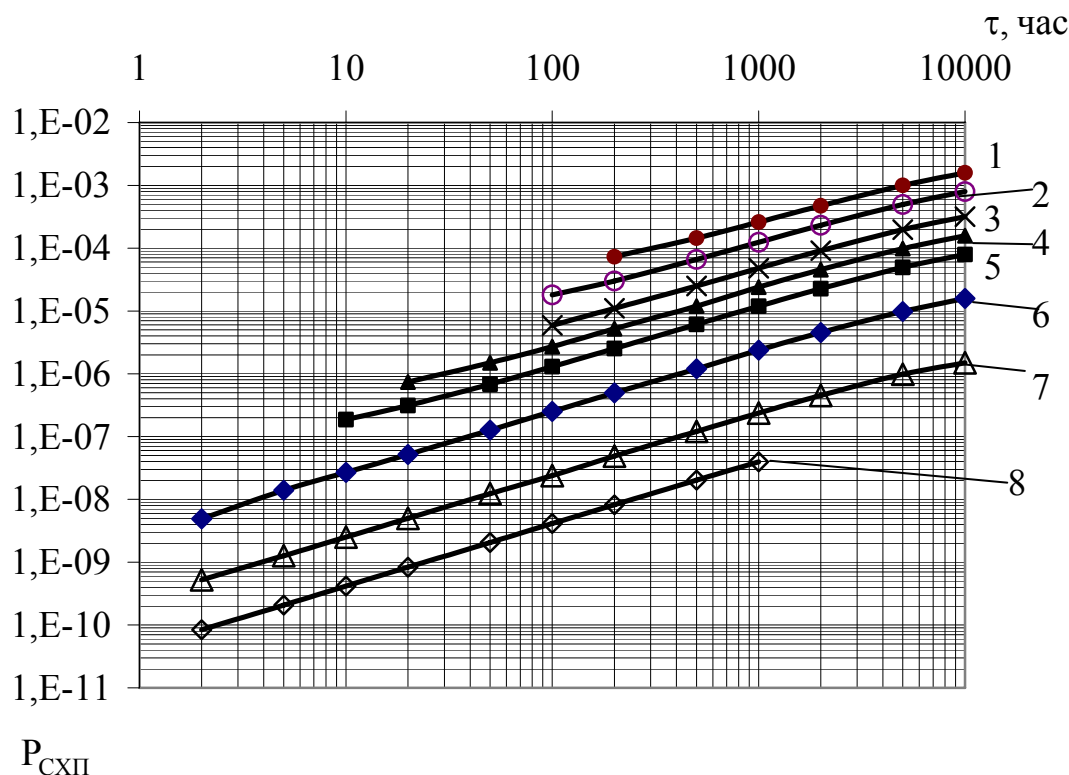


Рис. 9 – Вероятность возникновения ПВО ситуации в зависимости от времени при различных значениях x : 1 – $\Delta\tau=100$ ч.; 2 – $\Delta\tau=50$ ч.; 3 – $\Delta\tau=20$ ч.; 4 – $\Delta\tau=10$ ч.; 5 – $\Delta\tau=5$ ч.; 6 – $\Delta\tau=1$ ч.; 7 – $\Delta\tau=0,1$ ч. (6 мин.); 8 – $\Delta\tau=1/60$ ч. (1 мин.)

Из рисунка следует, что значительное влияние на уровень $P_{СХП}$ имеет значение переменной $\Delta\tau$ (при уменьшении $\Delta\tau$ со 100 до 0,1 значение $P_{СХП}$ уменьшается на 3 порядка), которая на практике является временем обнаружения и ликвидации источника зажигания или горючей среды.

Для оценки влияния значений λ_A и λ_B на $P_{СХП}$ на рис. 10 представлены зависимости $P_{СХП}$ при различных значениях интен-

сивности отказов. Все кривые на рис. 10 построены для случая, когда $\lambda_A = \lambda_B$ и $\Delta\tau=0,1$ ч.

Из рисунка следует, что увеличение значений λ_A и λ_B на порядок влечет за собой увеличение значения $P_{СХП}$ на два порядка.

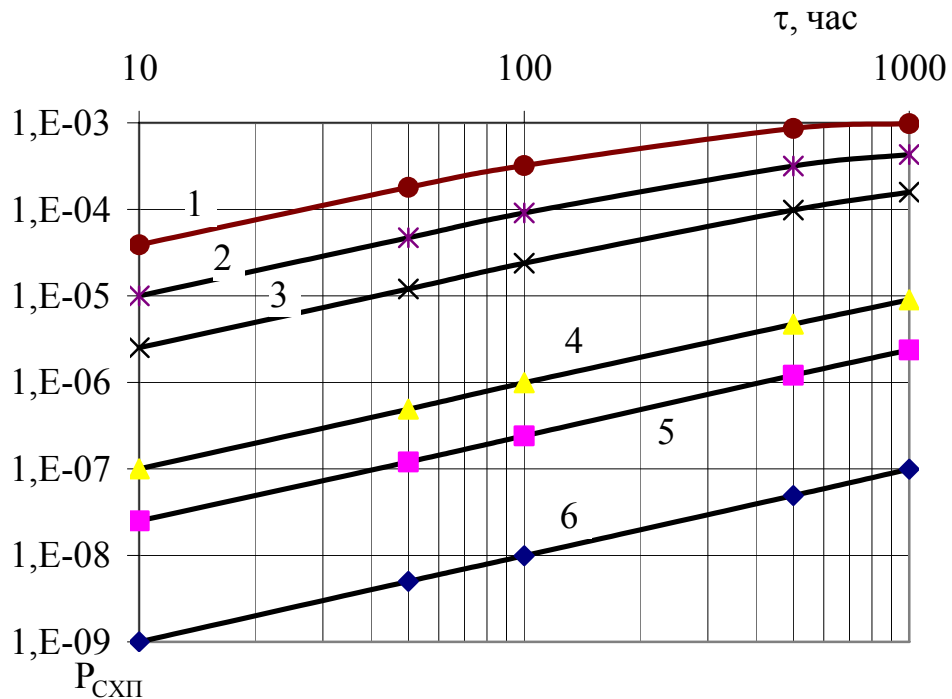


Рис. 10 – Вероятность возникновения ПВО ситуации в зависимости от времени при различных значения λ : 1 – $\lambda=2000 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$; 2 – $\lambda=1000 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$; 3 – $\lambda=500 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$; 4 – $\lambda=100 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$; 5 – $\lambda=50 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$; 6 – $\lambda=10 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$

Выводы. В работе:

- рассмотрены три сценария возникновения аварийной ситуации;
- получены выражения, позволяющие определить вероятность возникновения аварийной ситуации на некотором участке времени;
- показано что по истечении некоторого времени более опасная система на начальном этапе эксплуатации может оказаться менее опасной;
- рассмотрено влияние параметров t и λ_C на скорость изменения $P_{(СХП)}(t)$;

– получена зависимость для определения изменения вероятности возникновения аварийной ситуации на интервале Δt в течение эксплуатации системы;

– получена зависимость для оценки вероятности возникновения аварийной ситуации на интервале $\Delta \tau$ и в течении времени T при различных значениях λ_A и λ_B и $\Delta \tau$;

– показано влияние параметров λ_A и λ_B и $\Delta \tau$ на значение вероятности возникновения аварийной ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортировка, применение: Справочное издание / Д.Ю. Гамбург, В.П. Семенов, Н.Ф. Дубовнин и др.: под ред. Д.Ю. Гамбурга, И.Ф. Дубовнина, - М.:Химия, 1989. – 672с.
2. Системы хранения и подачи водорода на основе твердых веществ для бортовых энергетических установок / Ю.А. Абрамов, В.И. Кривцова, В.В. Соловей. – Харьков:2002. – 277 с.
3. Абрамов Ю.А., Кривцова В.И., Ключка Ю.П. Анализ пожаровзрывобезопасности систем хранения и подачи водорода на основе обратимых гидридов интерметаллидов // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. АГЗ Украины. – Вып. 17. – Харьков: Фолио, 2005. – С.66 – 74.
4. Абрамов Ю.А., Кривцова В.И., Левтеров А.А., Ключка Ю.П. Комплексная оценка пожаровзрывоопасных свойств систем хранения и подачи водорода на основе обратимых гидридов интерметаллидов // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. АГЗ Украины. – Вып. 18. – Харьков: Фолио, 2005. – С.9 – 14.
5. Корниенко Р.В. Оценка пожаровзрывоопасности систем хранения и подачи водорода на основе гидрореагирующих составов и разработка рекомендаций по ее снижению. Дис. к. т. н. 21.06.02. – Харьков, 2004. – 160 с.

Кулешов М.М., канд. техн. наук, проф., УЦЗУ

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ВЗАЄМОДІЇ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

(представлено д-ром техн. наук Ларіним О.М.)

В статті конкретизований зміст взаємодії та запропонована нова структура і зміст плану взаємодії органів управління та їх сил під час ліквідації окремих надзвичайних ситуацій, розроблена схема взаємодії

Постановка проблеми. Організація взаємодії між органами управління, силами цивільного захисту (ЦЗ) під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій є однією із важливих умов їх ефективності і результативності.

Аналіз дій органів і підрозділів ЦЗ з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (НС) свідчить про наявність ряду проблемних питань пов'язаних якраз з організацією взаємоузгоджених дій суб'єктів ЦЗ під час виконання завдань за призначенням. В першу чергу ці питання стосуються розуміння самої суті взаємодії як однієї із форм управління. Друга складова проблеми пов'язана з невизначеністю змісту взаємодії. Це все унеможливорює чітко спланувати і реалізувати сумісні дії взаємодіючих служб ЦЗ, а в деяких випадках призводить до прояв відомчих або місцевих інтересів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанням організації взаємодії під час ліквідації наслідків НС присвячено ряд публікацій [1,2,3] в яких даються визначення понять «взаємодії», відмічається ролі і місце взаємодіючих органів в загальній структурі єдиної державної системи цивільного захисту (ЄДСЦЗ), проводиться розподіл взаємодії за організаційною ознакою на вертикальну і горизонтальну, характеризуються специфічні особливості взаємодії у сфері цивільного захисту. Такі особливості полягають в першу чергу в єдності усіх сторін які виступають у якості суб'єктів взаємодії і у верховенстві взаємодіючого суб'єкта, яким є МНС України, відносно інших органів державного управління і органів місцевого самоврядування та громадських організацій.

Крім цього загальні підходи до організації взаємодії, порядок та засади на яких вона будується задекларовані відповідними нормативно-правовими документами і постановами [4,5].

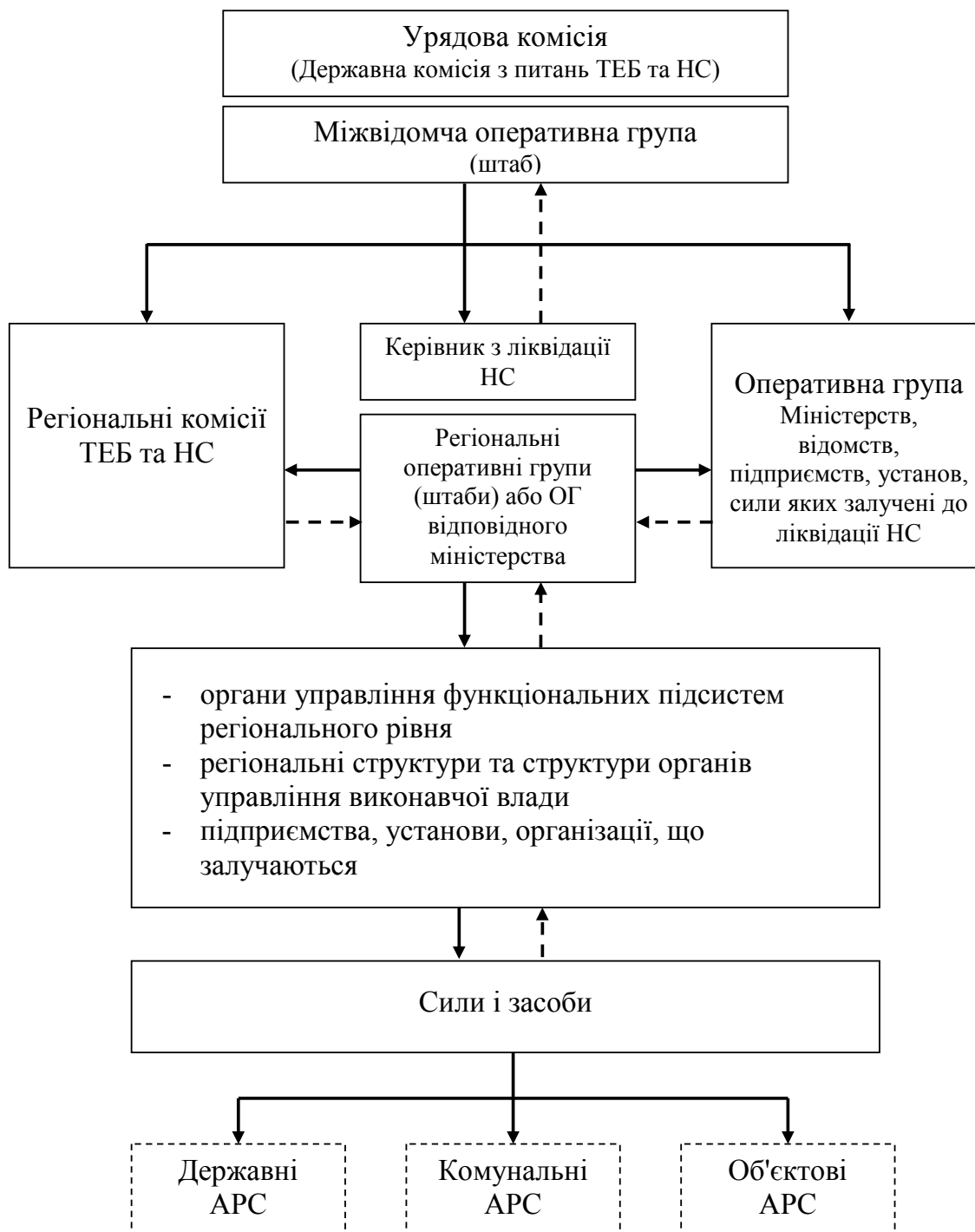


Рис. 1 – Схема взаємодії органів Управління сил та засобів ЄДСЦЗ в режимах підвищеної готовності та НС (загальнодержавний рівень НС)

Саме цими документами передбачається розробка планів взаємодії між різними суб'єктами сфери ЦЗ під час реагування на НС але єдиний підхід до системи планів взаємодії крім основних засад на яких вона будується, відсутній. Разом з тим підходи які наведені у схемі взаємодії органів Управління сил та засобів ЄДСЦЗ (рис. 1) побудованої відповідно до існуючих вимог [5], надають можливість структурувати зміст планів взаємодії (розділів зі взаємодії окремих планів реагування на НС) та конкретизувати деякі моменти.

Постановка завдання та його вирішення. В даному випадку розглядається «горизонтальна взаємодія [3] яка передбачає відсутність елементів підпорядкування між взаємодіючими органами і підрозділами за умови безпосереднього підпорядкування усіх суб'єктів керівникові з ліквідації наслідків НС.

На практиці, при ліквідації НС, взаємодія в багатьох випадках розглядається з точки зору організації виконання кожним суб'єктом ЦЗ функціональних завдань у відриві від проблем служб інших відомств.

Задачею є необхідність визначення для кожного виду НС суб'єктів взаємодії від професійної діяльності яких безпосередньо залежить виконання функціональних завдань іншими суб'єктами сфери ЦЗ, що детально не враховується і не оцінюється при плануванні і відпрацюванні завдань ЦЗ. Характерним прикладом такого роду взаємодії є тактика гасіння пожеж на енергонебезпечних об'єктах, коли бойові дії з ліквідації пожежі можливо здійснювати тільки після попередніх дій відповідної енергослужби по відключенню енергетичних установок. Аналогічні прилади можна навести і по іншим службам і випадкам коли органи управління і підрозділи які залучаються до ліквідації наслідків НС об'єднані між собою взаємопов'язаними діями. При порушенні цього «ланцюга» і послідовності дій втрачається оперативність і ефективність сил реагування на НС.

Розв'язання цієї задачі пропонується через чітке визначення взаємопов'язаних видів робіт і функцій для взаємодіючих органів, а саме:

1. Функції і види робіт допоміжних, спеціалізованих служб, які напряму і безпосередньо впливають на хід подальших дій оперативних (основних) підрозділів з ліквідації НС.

2. Функції і види робіт, які в сукупності але незалежно один від одного дозволяють відповідній службі ефективно виконувати свої завдання під час ліквідації наслідків НС.

З огляду на вищезазначене пропонується наступна структура плану (розділу до окремого плану реагування) взаємодії орієнтованої на реалізацію взаємопов'язаних видів робіт.

I. Характеристика суб'єкту взаємодії

1. Назва суб'єкту взаємодії.
2. Функціональне призначення суб'єкту.
3. Склад органу управління та місце його дислокації:
 - в режимі повсякденної діяльності;
 - в режимі підвищеної готовності на надзвичайні ситуації.
4. Перелік уповноважених осіб для прийняття рішень відповідно до завдань на час виникнення НС та система зв'язку.
5. Склад і місце дислокації оперативних груп суб'єкту взаємодії під час НС та система зв'язку.
6. Наявний склад сил і засобів суб'єкту та місця їх дислокації.
7. Характеристика системи повсякденного управління.

II. Порядок використання за призначенням

1. Перелік видів робіт які забезпечують підрозділи суб'єкту взаємодії під час ліквідації наслідків НС за окремими планами реагування від яких напряду залежить ефективність і можливість дій оперативних аварійно-рятувальних підрозділів МНС та інших суб'єктів взаємодії.

2. Склад сил і засобів під виконання спланованого переліку робіт відповідно до попередніх розрахунків здійснених на основі прогнозованих наслідків НС та відповідних технічних, технологічних і інших регламентів систем.

3. Порядок залучення суб'єктів взаємодії до реагування на НС.

4. Порядок та механізм реалізації взаємних функцій між органами управління, силами ЦЗ в умовах НС.

III. Управління взаємодією.

(З урахуванням підходів, викладених в статті, пропонується наступна схема взаємодії).

Запропонована схема взаємодії надає можливість зрозуміти механізм організації взаємодії безпосередньо під час ліквідації НС. Підкреслює роль уповноваженого керівника з ліквідації НС

як організатора взаємодії, яка здійснюється і управляється саме через відповідні штаби (оперативні групи).



Рис. 2 – Схема організації взаємодії органів управління та сил під час ліквідації НС

Висновок. Використання викладених підходів та урахування пропозицій з удосконалення системи взаємодії, від етапу планування до безпосередньої реалізації цієї функції сприятиме підвищенню результативності дій сил цивільного захисту в умовах надзвичайних ситуацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Болотський М.В. Склад, завдання та організація взаємодії сил цивільного захисту, координація дій під час ліквідації наслідків НС природного та техногенного характеру: Матеріали 10 - і Всеукраїнської науково-практичної конференції «Організація

- управління в надзвичайних ситуаціях» - М.: МНС України, 2008. – с. 10-16.
2. Вишняков Д. Матевосова К.Л. Обеспечение эффективности управленческих решений в условиях критических ситуаций. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций // НИЗ № 5. Москва 2006 с. 3-10.
 3. Кулешов М.М. Про деякі аспекти взаємодії та координації дій під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Матеріали 10 - і Всеукраїнської науково-практичної конференції «Організація управління в надзвичайних ситуаціях» - М.: МНС України, 2008. – с. 225-229.
 4. План реагування на надзвичайні ситуації державного рівня. ПКМ/ 1567 – 16.11.01.
 5. Положення «Про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру» ПКМ/ 1199-03.08.98.

УДК 614.841

*Кустов М.В., ад'юнкт, УГЗУ,
Калугин В.Д., д-р хім. наук, проф., УГЗУ*

ПОВЕДЕНИЕ ЭМУЛЬСИЙ С ЛЕГКОКИПЯЩЕЙ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗОЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

В работе рассмотрены пути повышения эффективности поглощения тепла от горячих сред и поверхностей – водой и растворами на её основе. Рассмотрен механизм действия эмульсий с легкокипящей дисперсной фазой в условиях высоких температур. Экспериментально подтверждены представления об интенсивности теплоотбора эмульсиями как из газовой среды, так и с разогретой поверхности. Установлено влияние дисперсности эмульсий на эффективность поглощения тепла.

Постановка проблеми. В результате возникновения различных техногенных и природных чрезвычайных ситуаций часто наблюдаются вторичные проявления опасных ситуаций от чрезмерно нагретых поверхностей, газовых или жидких сред. К таким случаям можно отнести: нарушение материально-температурного баланса в технологических аппаратах, повышение температуры за

Кустов М.В., Калугин В.Д.

счёт протекания непредвиденных химических реакций, нагревание соседних объектов от внешнего источника тепла. Для безопасной работы по устранению указанных нештатных ситуаций необходимо предварительное охлаждение перегретой среды. Для этих целей чаще всего используют воду в силу её доступности и дешевизны. Однако коэффициент использования воды непосредственно на теплоотбор довольно низок. Это объясняется плохой смачиваемостью твёрдых поверхностей и малой свободной поверхностью теплоотбора в случае охлаждения газовой или жидкой среды. Поэтому существует необходимость в установлении путей повышения теплоотбора растворами на основе воды.

Анализ последних исследований и публикаций. Для повышения смачивающей способности жидкости гидрофобных твёрдых поверхностей используют добавки различных поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые снижают поверхностное натяжение [1, 2]. Для увеличения времени контакта жидкости с твёрдой наклонной поверхностью необходимо увеличение вязкости жидкости, это достигается с помощью введения высокомолекулярных соединений (ВМС) [3]. Все эти добавки изменяют физико-химические свойства растворов. Однако для увеличения свободной поверхности отбора тепла жидкостью из газовой фазы этих добавок недостаточно. В этом случае эффективно могут работать эмульсии легкокипящих углеводородов в воде [4]. Однако их поведение в среде высоких температур изучено недостаточно. Так же практически не изучено влияние дисперсности (размер частиц дисперсной фазы) на эффективность процесса поглощения тепла эмульсиями.

Постановка задачи и её решение. Как известно, 85% тепла жидкость отбирает в момент фазового перехода из жидкого состояния в газообразное. Следовательно, в ситуациях, когда мы имеем дело с температурами выше 100 °С, необходимо обеспечить условия, чтобы максимальное количество воды успело испариться за время контакта с перегретой средой. В случае, когда перегретой средой выступает твёрдое вещество, увеличение теплоотбора жидкостью достигается путём увеличения времени контакта с перегретой поверхностью за счёт введения ПАВ и ВМС. Если же с перегретой средой - жидкостью или, тем более, газом увеличить время контакта оказывается практически невозможно, прибегают к увеличению дисперсности потока охлаждающей жидкости, а значит и к увеличению свободной поверхности теплоотбора.

В качестве способа увеличения дисперсности потока в работе предлагается использование эмульсий легкокипящих углеводородов в воде. Однако изучение их поведения в условиях высоких температур требует дополнительных исследований.

Принцип действия эмульсий заключается в следующем - при вылете из подающего устройства дисперсность потока составляет 1-2 мм (рис. 1), при попадании её в зону высоких температур легкокипящая фаза вскипает, разрывая макрокаплю эмульсии, при этом дисперсность потока увеличивается до 50 мкм (рис. 2). Таким образом, мелкодисперсный поток образуется непосредственно в зоне охлаждения, что предупреждает негативный факт выноса мелких капель мощным конвективным потокам, снижает негативное действие коагуляции капель во время полёта, а также даёт возможность подавать охлаждающую жидкость на достаточно большие расстояния.

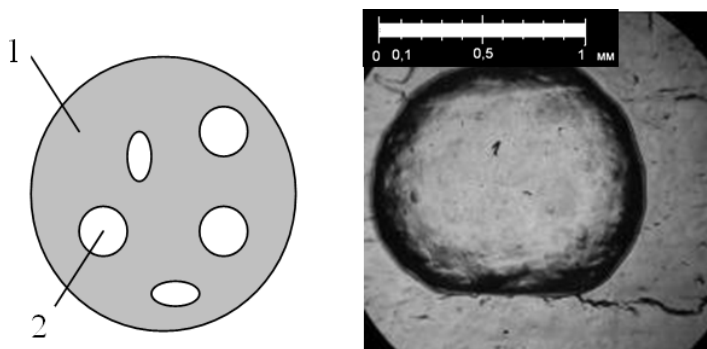


Рис. 1 – Капля эмульсии до попадания в зону высоких температур ($t=20-30^{\circ}\text{C}$): 1 - дисперсионная среда (H_2O); 2 – дисперсная фаза (C_xH_y)

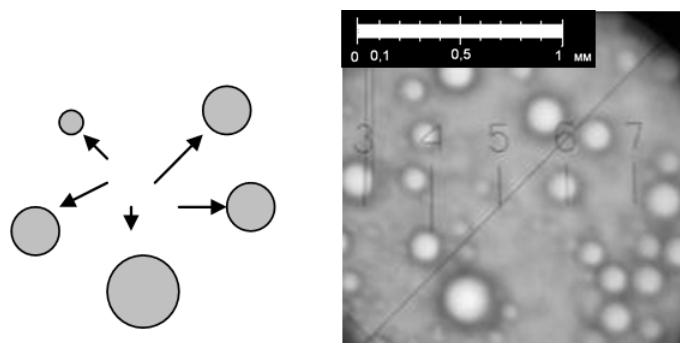


Рис. 2 – Разрыв капли эмульсии в зоне горения ($t>50^{\circ}\text{C}$)

Из вышесказанного следует, что на эффективность разрыва капли в зоне высоких температур будет существенно влиять дис-

перность самой эмульсии. В связи с этим возникла необходимость в дополнительном исследовании зависимости эффективности теплоотбора эмульсией от её дисперсности (рис. 3). Критерий эффективности теплоотбора определялся как падение температуры при использовании 1 л жидкости при постоянном тепловом потоке q .

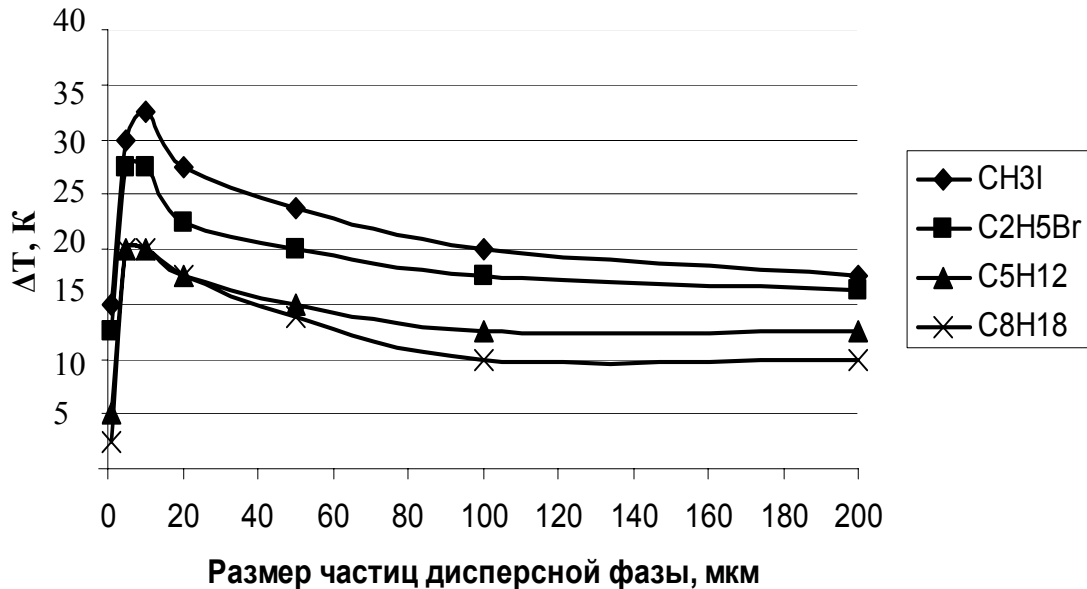


Рис. 3 – Влияние дисперсности эмульсии на её эффективность (ΔT) при отборе тепла

Из рис. 3 видно, что зависимость имеет оптимум в области 5–10 мкм. Для выяснения причин снижения эффективности эмульсии на восходящих ветвях (от min) зависимостей (рис. 3) проведён ряд дополнительных экспериментов. В результате улавливания макрокапель струи эмульсии при вылете её из подающего устройства установлено, что при большом размере частиц дисперсной фазы легкокипящая жидкость присутствует не во всех каплях струи, таким образом не все макрокапли разрываются в зоне высоких температур. Для установления причин резкого снижения теплоотбора эмульсией при снижении её дисперсности меньше 5 мкм был проведён эксперимент, в котором капля искусственно помещается на металлическую поверхность с высокой температурой. В этом случае не происходило разрыва макрокапли эмульсии, так как при дисперсности больше 5 мкм эмульсия практически соответствует псевдоистинным растворам. Таким образом установлено, что снижение эффективности теплоотбора эмульсией проис-

ходит по причине нехватки энергии (тепла) дисперсной фазы для разрыва крупных капель.

Как известно, эмульсии углеводородов в воде являются нестабильными во времени, поэтому для их стабилизации необходимо вводить дополнительно ПАВ. Для определения наиболее эффективного стабилизирующего ПАВ и его оптимальной концентрации проведены экспериментальные исследования, результаты которых представлены на рис. 4.

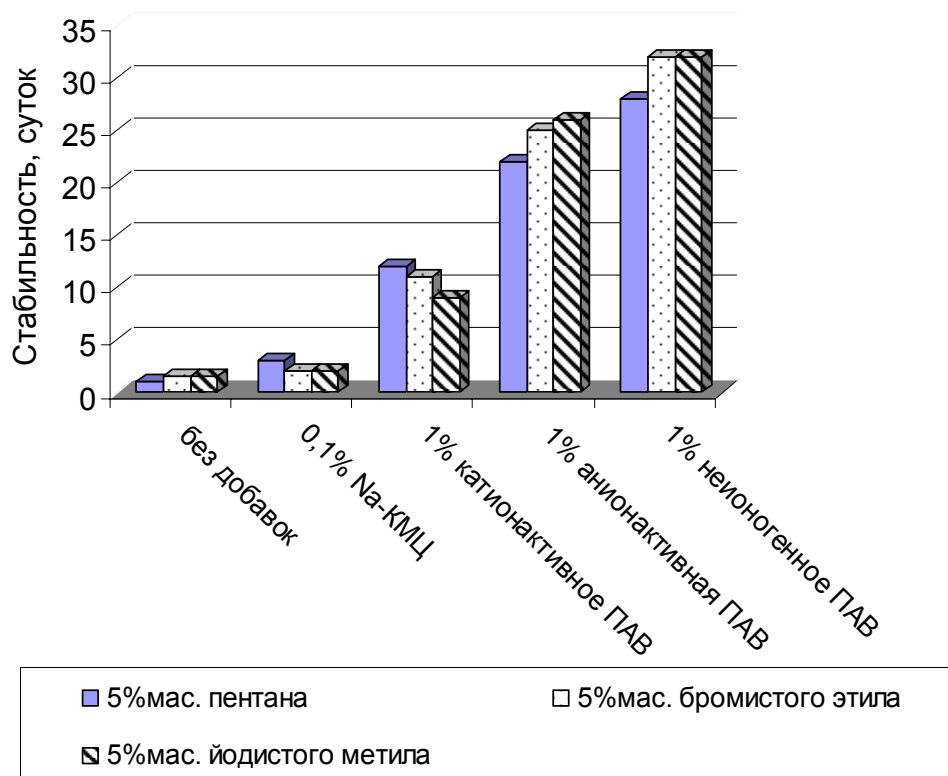


Рис. 4 – Стабилизирующая способность различных ПАВ

Результаты показали, что наиболее эффективным ПАВ в целях стабилизации огнетушащей эмульсии являются неионогенные ПАВ, позволяющее увеличить время полураспада эмульсии до 30 суток, а также установлено, что введение стабилизирующего ПАВ более 1% масс. является нецелесообразным, так как не приводит к дальнейшему увеличению стабильности.

Как уже было отмечено выше, на охлаждающие действие жидких веществ существенное влияние оказывают их физико-химические свойства (поверхностное натяжение σ и вязкость η). Поэтому нами проведены экспериментальные исследования по определению σ и η эмульсий различного состава.

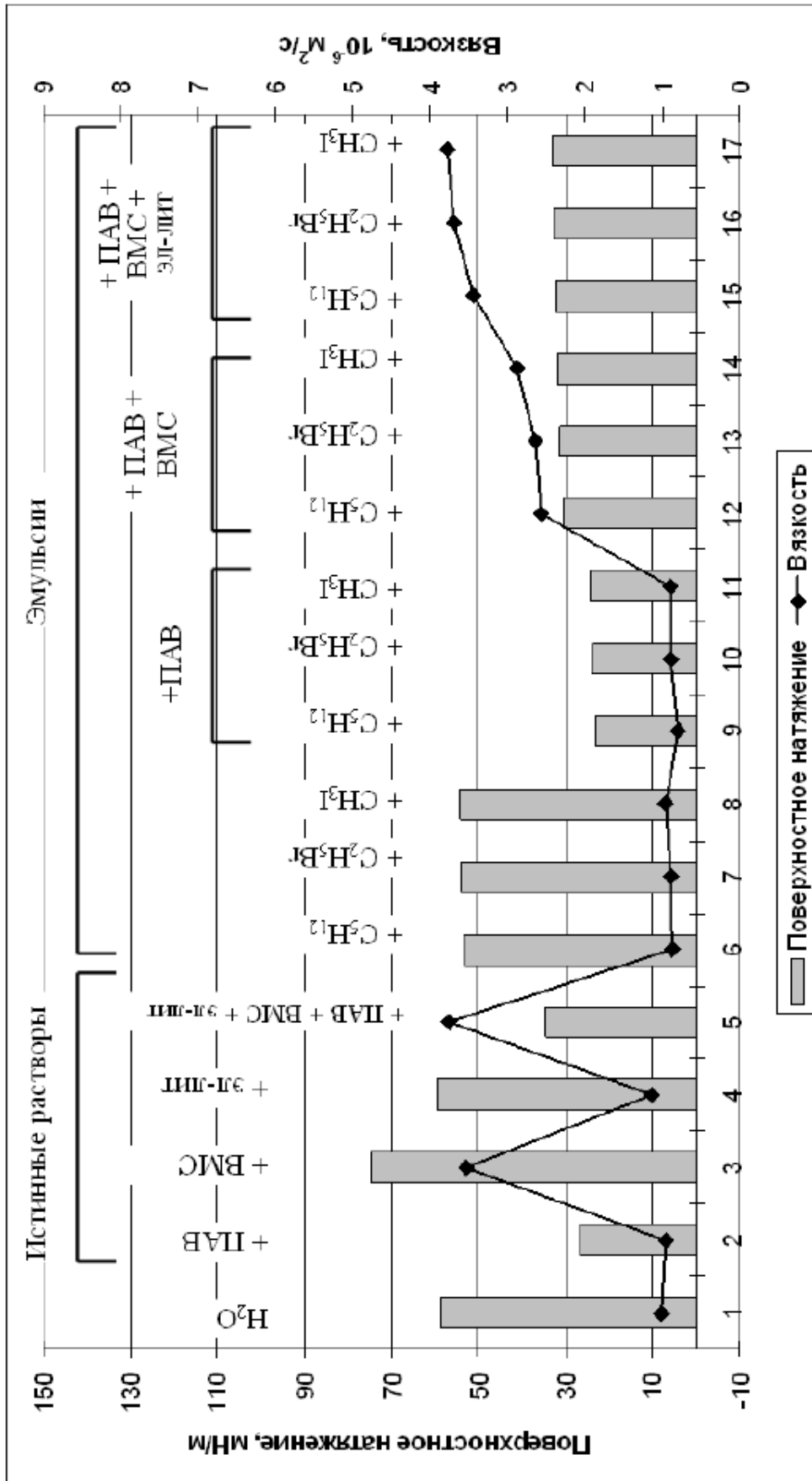


Рис. 5 – Влияние природы и концентрации добавок на физико-химические свойства жидких систем (концентрации добавок: ПАВ – 1% мас.; Na-КМЦ – 0,05% мас.; электролит ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) – 5% мас.; $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$, C_2H_{12} – 5% мас.; вода до 100%).

Результаты эксперимента представлены на рис. 5. Можно видеть, что в эмульсиях (6-17 рис.5) так же как и в истинных растворах (1-5 рис.5) резкое снижение поверхностного натяжения наблюдается лишь при введении ПАВ, хотя в случаях эмульсий поверхностное натяжение дополнительно падает за счёт введения дисперсной фазы. Вязкость как истинных растворов, так и эмульсий, возможно повысить за счёт введения небольших концентраций ВМС.

Из результатов представленного эксперимента видно, что добавки одинаковой природы на физико-химические свойства истинных растворов и эмульсий влияют аналогично. Это подтверждает предположение о том, что физико-химические свойства низкоконтентрированных (по массе дисперсной фазы) эмульсий определяются физико-химическими свойствами их дисперсионных сред. Вместе с тем наблюдается проявление синергизма физико-химических свойств в зависимости от природы вводимых добавок.

Выводы. В работе детально изучено поведение эмульсий с легкокипящей дисперсной фазой в условиях высоких температур. Установлена область оптимального размера частиц дисперсной фазы, при которой обеспечивается максимальная эффективность поглощения тепла. Экспериментально подобрано наиболее эффективное стабилизирующее ПАВ, а также установлена его оптимальная концентрация. Сделан вывод, что эмульсии, за счёт оптимизации их физико-химических свойств, могут параллельно использоваться как для охлаждения газовых и жидких сред, так и для охлаждения перегретых твёрдых поверхностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества. Свойства и применения. Л., Химия, 1975. – 248 с.
2. Сумм Б.Д., Горюнов Ю.В. Физико-химические основы смачивания и растекания. – М.: Химия, 1976. – 232 с.
3. Зимон А.Д. Адгезия жидкости и смачивание. – М.: Химия, 1974. – 476 с.
4. Тарахно О.В., Кустов М.В. Застосування хімічної модифікації води для отримання водяного потоку певної дисперсності // Проблеми пожеарної безпеки. - Харьков: УГЗУ, 2006. - Выпуск 20. – С. 210 - 213.

*Куценко Л.М., д-р техн. наук, проф., УЦЗУ,
Васильєв С.В., канд. техн. наук, викл., УЦЗУ*

МОДЕЛЮВАННЯ ЗОВНІШНІХ ПРОЯВІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ЯК ДВОФАЗНИХ ГЕТЕРОГЕННИХ ПРОЦЕСІВ

Розглянуто шляхи моделювання та прогнозування зовнішніх проявів надзвичайних ситуацій як двофазних гетерогенних процесів на площині (як проекцію на карту місцевості) на прикладі розповсюдження лісової пожежі з невідомою кількістю невизначених параметрів

Постановка проблеми. Розповсюдження нафтових плям, шкідливих викидів та лісові пожежі це надзвичайні ситуації для успішної ліквідації яких необхідно робити довгострокові стратегічні та короткострокові оперативні прогнози.

В цій статті буде розглянуто один з методів проведення короткострокового оперативного прогнозу таких надзвичайних ситуацій. Вирішення цієї задачі викликає ряд труднощів пов'язаних з збором потрібної інформації. Зазвичай інформації надто мало, складно використовувати або відомо тільки те як процес розповсюджувався до цього часу. Найбільш простий випадок – коли процес можливо уявити, у першому наближенні, як двофазний гетерогенний на площині. У такому разі для прогнозування можливо використати геометричні методи.

Багато авторів пропонують спиратися на одиничні натурні експерименти для того, щоб переконатися в правильності фізичних основ тих або інших математичних моделей, уточнити теплофізичні і термодинамічні характеристики рослинних горючих матеріалів у результаті лабораторних експериментів, а основну частину дослідницької роботи здійснити шляхом математичного моделювання лісових пожеж на ЕОМ. Такий шлях розвитку математичної теорії лісових пожеж варто вважати більш ефективним і з наукової, і з експериментальної точок зору [1 - 9] однак він більше підходить для довгострокових стратегічних моделей у зв'язку з великими витратами часу на моделювання та уточнення параметрів.

Для локалізації та ліквідації таких надзвичайних ситуацій необхідно оперативно робити прогнозування на відносно короткий час. Моделей, які б дозволяли задовольнити в повному обсязі вимоги МНС сьогодні не існує. В статті розглядається модель за допомогою якої (самої або у комплексі з іншими) можливо більш повне задоволення цих вимог.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Конфігурація контурів пожеж може бути надзвичайно різноманітною, і в цьому є складність їх прогнозування [1]. Найбільш поширеними є форми кола, еліпса, трикутника, трапецієподібні з відростками у виді „пальців” тощо. Усі ці й інші можливі геометричні форми залежать від багатьох факторів, але визначальними є вид, кількість, структура горючих матеріалів і їхній вологовміст, температура і вологість повітря, швидкість вітру і топографії місцевості. У роботі [2] для випадку, коли пожежа під впливом вітру поширюється переважно в одному напрямку, як наближену оцінку збільшення периметра запропонована залежність між діаметром і довжиною кола.

У роботі [7] пропонується будувати модель у припущенні, що крайка лісової пожежі може бути описана плоскою кривою, що визначається безперервною однозначною функцією одного змінного, залежної від тимчасового параметра. Унаслідок цього з розгляду виключають ті звичайні випадки, у яких для опису крайки лісової пожежі приходиться використовувати довільну плоску криву, і автор зупиняється на поширенні тільки таких пожеж, крайка яких неперервна по всьому периметру і має просту геометричну форму, що дозволяє застосувати для її опису неперервну однозначну функцію.

У США для лісів Південної Каліфорнії розроблена система прогнозування пожеж для командного центра, що здійснює керування і координацію всіх сил і засобів, використовуваних при боротьбі з лісовими пожежами [8].

Система складається з ряду детермінованих математичних моделей, в основу яких покладені фізичні представлення про характер і властивості палива, величині теплових потоків, про умови запалення і характері зовнішнього середовища (метеоумови, рельєф). Процес дискретизується шляхом нанесення на досліджуваний район просторової сітки з величиною кожного осередку близько 0,4 га. Передбачається, що в межах одного осередку властивості і характер палива постійні, а територія і метеоумови однорідні.

У роботі [8] проблема прогнозування контуру вигорання лісової ділянки вирішується на основі ймовірносно - множинного підходу, що у свою чергу базується на теорії випадкових процесів. У роботі [9] наведено математичну модель лісових пожеж, яка базується на розв'язання диференціальних рівнянь.

Отже аналіз відомих моделей показав, що з усіх моделей найбільш перспективною для вирішення поставленої задачі є модель іміджевої екстраполяції [10, 11].

Постановка завдання та його вирішення. Модель іміджевої екстраполяції адаптувати для випадку прогнозування наступного фронту з врахуванням зони, де розповсюдження процесу матиме визначені абсолютні чи відносні швидкості.

При цьому модель залишається достатньо простою для використання програм, створених на основі цієї моделі у польових умовах, що дозволить суттєво поліпшити процес прийняття рішення при виборі сил та засобів гасіння конкретної лісової пожежі.

Спочатку наведемо приклад невеликого прогнозування контуру вигорання при лісовій пожежі, який базується на математичній моделі у вигляді диференціального рівняння.

Покажемо, що в процесі розв'язання диференціального рівняння можуть виходити помилкові результати. Тобто приведений нижче приклад показує, що при прогнозуванні контуру вигорання на основі диференціальних рівнянь не виключається поява і помилкові рішення. Тому необхідний додатковий аналіз отриманого рішення.

Нехай у прямокутній системі координат Oxy сім'ю контурів пожежі в часі t можна описати неявним рівнянням виду $\varphi(x, y, t) = 0$. Або, у диференціальній формі,

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + V_n |\text{grad } \varphi| = 0, \quad \varphi_{t=0} = \varphi_0(x, y) = 0, \quad (1)$$

де V_n - вектор швидкості переміщення контуру вигорання, а друге співвідношення є рівнянням контуру пожежі в початковий момент часу $t = 0$. Необхідно скласти рівняння контуру пожежі в момент часу $t = t_1$.

Для визначеності припустимо, що (абстрактний!) контур пожежі в початковий момент часу $t = 0$ прийняв форму еліпса

$$x = 3 \cos \lambda; y = \sin \lambda, \quad (2)$$

і що $V_n = 1$, тобто швидкість переміщення контуру «по нормалі» однакова і дорівнює одиниці. У цьому випадку контури утворять рівнобіжні лінії. У силу спрощень рівняння (1) прийме вид

$$\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y}\right)^2 = 1. \quad (3)$$

У роботі [10] показано, що для розв'язання рівняння (3) крім граничної умови (2) ще необхідно й умова в диференціальному виді $\frac{\partial \varphi}{\partial y} = -3 \frac{\sin \lambda}{\sqrt{\cos^2 \lambda + 9 \sin^2 \lambda}}$. У результаті застосування оператора PDEplot у середовищі Maple одержуємо розв'язок рівняння (3), що через його громіздкість приведемо в m-кодах (4)

$$\begin{aligned} \phi := \arctan(\text{RootOf} \\ _Z^2 - 1 + \text{RootOf}(72 _Z^4 - 48 _Z^3 x + (8 x^2 - 81 + t^2) _Z^2 + 54 _Z x - 9 x^2)^2), \\ \text{RootOf}(72 _Z^4 - 48 _Z^3 x + (8 x^2 - 81 + t^2) _Z^2 + 54 _Z x - 9 x^2)) - \arctan(\\ \text{RootOf}(8 _Z^4 - 16 _Z^3 y + (8 y^2 + 1 - 9 t^2) _Z^2 - 2 _Z y + y^2), \\ \text{RootOf}(_Z^2 + \text{RootOf}(8 _Z^4 - 16 _Z^3 y + (8 y^2 + 1 - 9 t^2) _Z^2 - 2 _Z y + y^2)^2 - 1)) \end{aligned} \quad (4)$$

На практиці зручно використовувати опис контуру вигоряння у вигляді

$$x = 3 \cos \lambda - \frac{t \cos \lambda}{\sqrt{\cos^2 \lambda + 9 \sin^2 \lambda}}; y = \sin \lambda - \frac{3t \sin \lambda}{\sqrt{\cos^2 \lambda + 9 \sin^2 \lambda}}. \quad (5)$$

Легко перевірити, що, наприклад, при $t = 1,5$ «рівнобіжний» еліпсові контур вигоряння буде мати вигляд, зображений на рис.1. Але це суперечить представленню про передбачувану крайку вигоряння.

Пояснити цей парадокс можна, якщо в системі координат $Oxut$ побудувати інтегральну поверхню, описану рівнянням (3). Інтегральна поверхня є графіком функції $\varphi(x, y, t)$ і являє собою поверхню рівного схилу (з кутом нахилу 45°), що спирається на обраний еліпс (рис. 2). Розсікаючи цю поверхню площинами рівня $t = \text{const}$ не важко помітити, що проєкціями перетинів на координат-

ну площину Oxy будуть шукані контури вигоряння. Тому що всі січні площини для математичної моделі «рівноцінні», той і утворений перетини повинні задовольняти її рішенням. З рис. 2 видно, що розсікаючи інтегральну поверхню площиною $t = 1,5$ одержимо перетин, зображений на рис. 1.

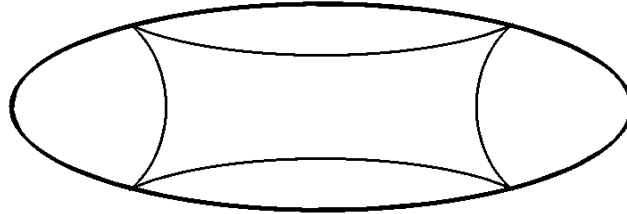


Рис. 1 – Еліпс і крива, що йому формально «рівнобіжна»

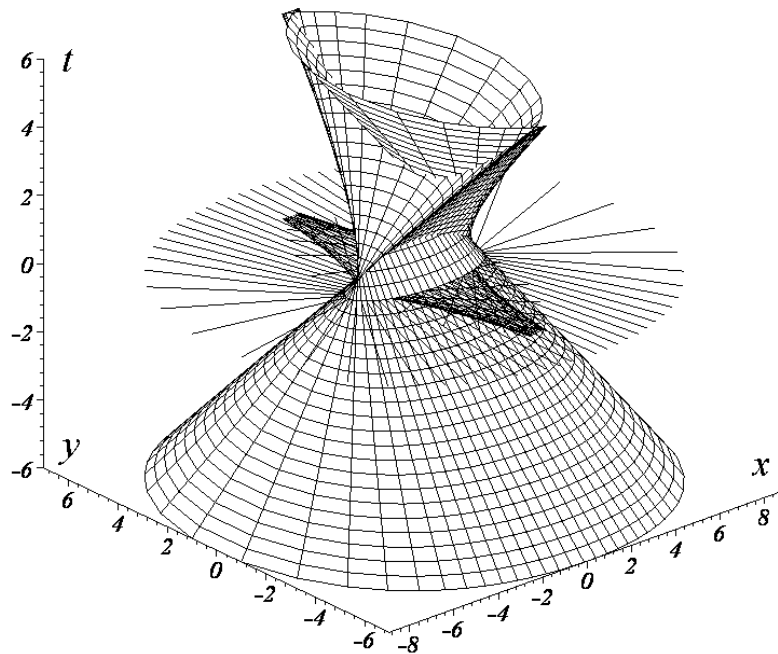


Рис. 2 – Інтегральна поверхня рівняння (3)

Вищевикладене пояснює прагнення розробити метод прогнозування контуру вигоряння, де не використовувалися б диференціальні рівняння. У результаті проведених досліджень з'явився метод іміджевої екстраполяції [10, 11].

Маємо два принципово різні варіанти вихідних умов: відоме місце початку процесу або відомо декілька контурів фронтів процесу на певні моменти часу.

Перший випадок найбільш простий. Відомо місце початку процесу та, можливо, зони, розповсюдження процесу в яких неможливо чи буде мати іншу швидкість [11].

Другий випадок більш складний. Відомі рівняння контурів процесу $F_i(x,y) = 0$ на деякі моменти часу t . За цими контурами доцільно реконструювати поверхню у просторі x,y,t .

Для цього необхідно спочатку отримати рівняння кожного відомого контуру у вигляді $F_i(x,y) = 0$. Пропонується апроксимувати кожен контур багатокутником з описом останнього у вигляді єдиного рівняння, побудованого на базі алгоритму В.Л.Рвачова [12] (з використанням R-кон'юнкції та R-диз'юнкції). Точність апроксимації залежить від допустимої похибки та вимог до складності розрахунків, що визначається кількістю обраних опорних точок.

Наступний етап – реконструкція поверхні по зазначеним перерізам, для чого пропонується використати векторний метод [1]. Цей метод дозволяє отримувати більш очікувані прогнози що допоможе прогнозувати поведінку процесу на визначений час. Векторним методом можливо як інтерполювати (реконструювати поверхню) так і екстраполювати (прогнозувати поведінку) для отримання контуру на час прогнозування.

$$F_{N+1} = F_N + (\tau_{N+1} - \tau_N) \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (F_{i+1} - F_i)}{\sum_{i=1}^{N-1} (\tau_{i+1} - \tau_i)}, \quad (6)$$

де F_i – рівняння контуру у вигляді $F_i(x,y)$, N – кількість відомих контурів, τ_i – час актуальності контуру i .

Однак пряме екстраполювання може дати уяву тільки про поведінку ідеального процесу (процесу який підпорядкований геометричним законам розповсюдження). Для прогнозування поведінки процесу з урахуванням впливу контурів з різною „вагою” пропонувалось включити до формули (6) коефіцієнт i^k який буде в залежності від значення k при прогнозуванні віддавати перевагу першим чи останнім контурам (коефіцієнт k підбирається при прогнозуванні оператором).

$$F_{N+1} = F_N + (\tau_{N+1} - \tau_N) \frac{\sum_{i=1}^{N-1} i^k (F_{i+1} - F_i)}{\sum_{i=1}^{N-1} i^k (\tau_{i+1} - \tau_i)}, \quad (7)$$

Такий підхід є суттєвим кроком до більш адекватного прогнозу, однак він теж має обмежену область використання. Наступним етапом є уявлення про параметр екстраполяції як функцію від координат, вологості, щільності тощо

$$c = F(x, y, \varphi, \rho, \alpha, \dots). \quad (8)$$

Це дозволяє перетворити (6) у

$$F_{N+1} = F_N + (\tau_{N+1} - \tau_N) c \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (F_{i+1} - F_i)}{\sum_{i=1}^{N-1} (\tau_{i+1} - \tau_i)}, \quad (9)$$

Для більшої наочності уявимо коефіцієнт c як поверхню ПВП (Поверхню Впливу Параметрів), яка являє собою коефіцієнт поправок швидкості у кожній точці площини

$$c = \prod_{i=1}^n c_i = \prod_{i=1}^n F_i(x, y, c_i'), \quad (10)$$

де n – кількість відомих параметрів, c_i' – НКВП (Нормалізований Коефіцієнт Впливу Параметру) окремі для всіх наявних параметрів таких як рельєф, вологість, густина лісових насаджень тощо.

Необхідно для всіх відомих параметрів які пропонується врахувати при прогнозі побудувати ПП (поверхні параметрів) - поверхні зміни їх значень по площині. Далі, використовуючи відомі значення зміни швидкості розповсюдження процесу в залежності від зміни параметрів побудувати НПВП (Нормалізовані Поверхні Впливу Параметру). Нормалізувавши їх відносно деякої швидкості розповсюдження, також на цьому етапі можливо накладати обмеження які властиві фізичному процесу, що розглядається (наприклад обмежити максимальну швидкість). У нашому випадку

НПВП буде завжди додатною у зв'язку із тим, що процес який ми розглядаємо (лісова пожежа) незворотній або дорівнювати нулю у місцях де розповсюдження процесу неможливе.

Вищезазначений підхід має певний недолік. Адже спочатку робиться прогноз, а потім накладається вплив відомих факторів. Це призведе до спотворення результату, що прогнозується. Для виключення цього недоліку пропонується створити „чисту” поверхню процесу. Тобто до початку екстраполяції виключити з відомих контурів вплив відомих факторів. Цей процес зворотній наданому раніше процесу накладення впливу факторів тому зупинятись на ньому не будемо. Далі необхідно екстраполювати вже саме „чисту” поверхню. Це дозволить врахувати при прогнозі саме ті фактори дані про які у нас відсутні. Якщо цього не зробити, то при прогнозуванні буде вважатись, що відомий фактор і далі змінюється так як і до цього а це може не відповідати дійсності. У такому разі буде враховуватись невірна інформація при наявності вірної.

Після побудови „чистої” поверхні на неї накладаються відомі фактори. Для отримання положення процесу у певний момент часу отриману після цього поверхню необхідно перетнути площиною рівня відносно координатної площини XOY на рівні значення t , яке відповідає часу прогнозування (до, після чи у проміжку між першим та останнім відомим контуром).

Висновки. Таким чином, «доробка» моделі іміджевої екстраполяції значно розширила її можливості для проведення оперативного короткострокового прогнозування розвитку надзвичайних ситуацій, які можливо уявити як двофазні гетерогенні системи на площині (наприклад лісові пожежі).

ЛІТЕРАТУРА

1. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров. - Томск: Изд.ТГУ, 1981.- 278 с.
2. Mitchell Z.M. Rule of thumb determining rate of spread. - "Fire Control Notes", 1937, v.6, p. 395-396
3. Созник А.П. Геометрическая модель движения кромки низового лесного пожара // Проблемы пожарной безопасности. Вып.11. - Харьков: АПБУ. - 2002. С. 188-191.
4. Бурасов Д.М., Гришин А.М. Определение скорости распространения и экологических последствий степного пожара. XII

- Симпозиум по горению и взрыву, Черноголовка, 7 – 11 февраля, 2005. – С. 26 – 34.
5. Телицын Г.П. Расчет объема работ, скорости и продолжительности локализации лесного пожара.- Лесное хозяйство, 1965, N 4 , с. 44-47
 6. Коровин Г.Н. Методика расчета некоторых параметров низовых лесных пожаров. В сб. научно - исследовательских работ по лесному хозяйству. М.: Лесная промышленность, 1969, с. 330-345
 7. Луданов В.В. О геометрической форме лесного пожара. - Лесное хозяйство, 1973, N 3, с. 48-50
 8. Воробьев О.Ю., Валендик Э.Н. Вероятностное множественное моделирование распространения лесных пожаров.- Новосибирск: Наука, 1978.- 159 с.
 9. Доррер Г.А. Математические модели динамики лесных пожаров.- М: Лесная промышленность, 1979.- 160 с.
 10. Куценко Л.М., Шоман О.В, Васильев С.В. Передбачення кромки вигорання при лісовій пожежі методом іміджевої екстраполяції. // Проблеми пожежної безпеки. Харків: Фолио, 2001. Вып. 10. - С. 98-102
 11. Васильев С.В., Ромин А.В. Геометрическое моделирование кромки выгорания методом имиджевое экстраполяции // Вестник Херсонского государственного технического университета. 2002. Т. 15, №2. С. 127-130.
 12. Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения. - Киев: Наукова думка, 1982. - 552 с.

УДК 621.396.96

*Маляров М.В., канд. техн. наук, доц., УЦЗУ,
Щербак Г.В., канд. техн. наук, нач. каф., УЦЗУ*

АЛГОРИТМ ПОШУКУ МАЛОРОЗМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ НА МОРСЬКІЙ ПОВЕРХНІ З ВИКОРИСТАННЯМ ЇЇ ФРАКТАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

(представлено д-ром техн. наук Соловйом В.В.)

В статті запропоновано здійснювати виявлення постраждалих внаслідок надзвичайних ситуацій на морі за допомогою використання фрактальних властивостей морської поверхні. Запропоновано критерій фрактального виявлення, розглянуто особливості його застосування.

Постановка проблеми. Для України, як морської держави, серед усіх типів надзвичайних ситуацій (НС), окремо можна виділити ситуації, що трапляються на морі. Такі НС, окрім втрати матеріальних цінностей, доволі часто супроводжуються людськими жертвами. При цьому до загибелі людей, що опинилися у воді за тих чи інших обставин, можуть привести голод, спрага, кліматичні умови, фізичне виснаження. Тому актуальним у наш час остається завдання організації ефективного пошуку та рятування постраждалих під час НС на морі у найкоротший термін.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На теперішній час для пошуку людей на воді використовуються повітряні засоби, що здійснюють візуальне спостереження за морською поверхнею [1]. При цьому на ефективність виявлення впливає досвід пілота-рятувальника, його підготовленість, фізичний стан, уважність та інші суб'єктивні фактори. Тому можлива ситуація при якій пілот може не помітити на поверхні моря деякі малорозмірні об'єкти (людей). Для усунення цих недоліків доцільно створити систему автоматичного виявлення малорозмірних об'єктів, яка б встановлювалась на повітряному засобі і вела спостереження в автоматичному режимі та в реальному часі паралельно з пілотом. При цьому час обробки отриманого зображення морської поверхні розміром P на P повинен бути менше ніж час на формування наступного кадру зображення $t_{обр} \leq t_{форм}$ (наприклад, для телевізійної системи $t_{форм} = 40$ мс).

Загалом автоматизувати виявлення людей на морській поверхні можна з використанням радіолокаційних або оптичних систем [2]. З огляду на те, що тіло людини, а також існуючі засоби порятунку (надувні жилети і човни, дерев'яні і пластикові конструкції) мають радіопрозорі властивості, застосування радіолокаційних систем не доцільно. Винятком буде ситуація, якщо засоби порятунку обладнані радіопередавачем або визначником місцеположення (GPS). При застосуванні оптичних систем головна проблема полягає у тому, що зображення освітленої сонцем морської поверхні має хаотичну структуру елементів різної яскравості, котра у кожен момент часу випадкова. Тому використання основних методів виявлення, таких як узгоджена фільтрація чи статистичні методи, потребують багато часу на обробку (наприклад, до 5 хв на один кадр розміром 1000 на 1000 пікселів), або мають високу ймовірність хибної тривоги (як, наприклад, контурно-текстурні методи) [3]. Ситуація також ускладнюється тим, що хаотична структура морської поверхні сама по собі маскує різні об'єкти за рахунок зміни яскравості елементів зображення у кожен момент часу.

Таким чином для роботи з результатами спостереження морської поверхні доводиться знаходити деякі змінні або які-небудь відповідні величини для опису властивостей й особливостей даних зображень, а також для виявлення змін у їхній структурі. З літератури відомо, що морська поверхня та її зображення мають фрактальні властивості [4, 5], тому пропонується характеризувати структуру морської поверхні за допомогою методів фрактальної геометрії.

Постановка завдання та його вирішення. Оскільки розміщення елементів на зображенні морської поверхні, як правило, складно й хаотично (рис. 1а), представляється доцільним стежити не за кожним елементом окремо, а розглядати відразу всю сукупність елементів, які в заданий момент часу займають певне положення, характеризуючи просторову структуру зображення морської поверхні.

Для виявлення неоднорідностей на зображеннях морської поверхні необхідно ввести критерій, на основі якого буде прийматися рішення про наявність або відсутність об'єкту пошуку. Обраний критерій стосовно до фрактального виявлення повинен задовольняти наступним вимогам:

- чисельно характеризувати хаотичну структуру зображення морської поверхні;

- змінювати своє значення при появі будь якого об'єкту на зображенні морської поверхні;
- мати різні характеристики для фрактальної та не фрактальної зони неоднорідності;
- бажано, щоб для різних типів фрактальних поверхонь він мав різні чисельні характеристики.

Простір спостережень може бути описаний в такий спосіб [6]. Для елементів безлічі, що утворюють просторову структуру зображення морської поверхні, введемо наступні позначення: C_i – клас (найменування) об'єкта $i = 1, 2, \dots, I$, де I – загальна кількість класів (для елементів зображення класом можуть бути усі елементи з однаковою яскравістю); S_i – площа займана i -им класом або площа зображення об'єкта i -го класу.

Тоді зображення просторової структури може бути описано набором наступних показників: $\bigcup_{i=1}^I C_i$ – об'єднанням всіх класів просторової структури; $\sum_{i=1}^I S_i$ – сумарною площею класів; $P(S)$ – розподілом площ у межах кожного класу; $A_r(C_i, C_j)$ – матрицею суміжності елементів класів C_i, C_j , де r – відношення, у якому перебувають C_i й C_j . При $r=1$ класи приєднуються друг до друга безпосередньо. При $r=2$ елементи двох класів розділені яким-небудь третім і т.д. Зручність такого подання просторової структури складається у відносно простій інтерпретації, хоча критерії для порівняння структур не можна назвати тривіальними.

Використання властивостей фрактальної геометрії для опису зображення морської поверхні, дозволяє запропонувати в якості критерія виявлення об'єкта пошуку фрактальну розмірність цієї поверхні. Точніше, мова йде про зміну фрактальної розмірності морської поверхні при появі будь-якого об'єкту, яка кількісно враховує складний і хаотичний характер природних просторових структур.

Виходячи з опису простору спостережень, фрактальна розмірність D_f водної поверхні буде пропорційна

$$D_f \sim f\left(I, \bigcup_{i=1}^I C_i, A_r(C_i, C_j), \sum_{i=1}^I S_j, P(S_i), S_{np}\right), \quad (1)$$

де S_{np} – площа зображення морської поверхні просторової структури.

Об'єкт, факт появи якого потрібно виявити, належить до класу $C_{об}$, що не належить безлічі C ($C_{об} \notin C$), і має площу $S_{об}$. Поява в контрольованому просторі спостережень об'єкта з новим класом $C_{об}$ призведе, виходячи з властивостей фрактальної розмірності, до її зміни

$$D_{f_{об}} \sim f(I, \bigcup_{i=1}^I C_i, C_{об}, A_r(C_i, C_j), \sum_{i=1}^I S_j, P(S_i), S_{об}, S_{np}). \quad (2)$$

При цьому з формул (1) і (2) видно, що фрактальна розмірність поверхні, що спостерігалась, змінилася на величину

$$\Delta D_f \approx D_{f_{об}} - D_f. \quad (3)$$

Таким чином, поява в заданому просторі спостережень об'єкта з новими характеристиками викликає зміну фрактальної розмірності на величину ΔD_f , що дозволяє використати її в якості критерію виявлення різноманітних об'єктів на зображеннях морської поверхні.

Маючи на увазі змінні, що входять у вираз (1), розглянемо які властивості зображень морської поверхні повинні змінитися, щоб це відбилосся на величині фрактальної розмірності. Припустимо, що на зображенні морської поверхні (рис. 1а) з'являється новий об'єкт, який формує деяку зону неоднорідності. При цьому її характеристики не належать до класів, що присутні на зображенні, тобто зона відрізняється по яскравості й має деяку площу (рис. 1б, зона неоднорідності 1). В результаті всі змінні, що входять у вираз (1) зміняться.

Якщо виявлена зона неоднорідності належить до вже існуючих класів (наприклад, її яскравість збігається з яскравістю деяких елементів — рис. 1б, зона неоднорідності 2), то для виявлення об'єкту необхідно щоб він змінив інші характеристики. Наприклад, площу даного класу (S_i) або їхнє взаємне розташування ($A_r(C_i, C_j)$). Також можливий випадок, коли з появою об'єкту утворюється зона неоднорідності, яка належить до існуючих класів

і не змінює їхню площу (рис. 1б, зона неоднорідності 3). Тоді для виявлення об'єкту необхідно враховувати зміну взаємного розташування елементів зображення морської поверхні.

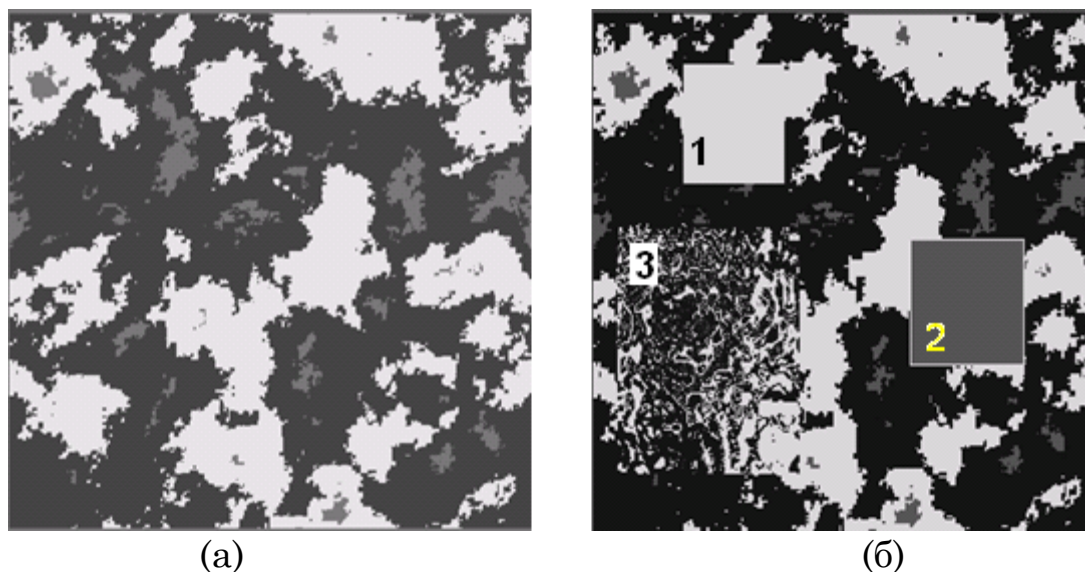


Рис. 1 – Зображення морської поверхні при відсутності (а) та при появі різних зон неоднорідностей (б) в її структурі

Для знаходження фрактальної розмірності зображень морської поверхні пропонується скористатися методом покриття [5]. При реалізації цього методу фрактальне зображення розбивається на квадрати певного розміру ε . Потім підраховується кількість квадратів $N(\varepsilon)$, необхідних для покриття зображення. Тоді фрактальною будемо називати розмірність D_f , обумовлену виразом

$$D_f = -\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln N(\varepsilon)}{\ln(1/\varepsilon)}. \quad (4)$$

З огляду на те, що на практиці важко реалізувати виконання умови $\varepsilon \rightarrow 0$, то при реалізації алгоритму розрахунку співвідношення (4) представимо у вигляді

$$\ln N(\varepsilon) = \ln C - D_f \ln \varepsilon, \quad (5)$$

де C — константа. З аналізу (5) легко бачити, що графік залежності $\ln N(\varepsilon)$ від $\ln \varepsilon$ являє собою пряму з кутовим коефіцієнтом D_f .

Для визначення невідомих параметрів C й D_f необхідно розрахувати $N(\varepsilon)$ як мінімум для двох значень ε . Тобто, якщо при реалізації методу покриття використати квадрати тільки двох розмірів – ε_1 і ε_2 , то невідомі C й D_f можна визначити із системи рівнянь

$$\begin{cases} \ln N(\varepsilon_1) = \ln C - D_f \ln \varepsilon_1, \\ \ln N(\varepsilon_2) = \ln C - D_f \ln \varepsilon_2. \end{cases} \quad (6)$$

Висновки. Таким чином, застосування зміни фрактальної розмірності морської поверхні в якості критерію виявлення об'єктів пошуку в НС, дозволить фіксувати появу в морі нових об'єктів, що мають будь-яку площу, а також помічати неоднорідності, обумовлені зміною в структурі морської поверхні, що відповідає виявленню людини, яка знаходиться у воді і потребує порятунку.

ЛІТЕРАТУРА

1. М. Костров Проблемы поиска и спасения на водных объектах Украины // Зеркало недели, № 46 (319), 2000.
2. Щипцов А.А. Национальная система морского поиска и спасения: состояние и перспектива // Вестник водного транспорта. – 2007. – № 1. – С. 6-18.
3. Прэтт У. К. Цифровая обработка изображений. Книга 2. – М.: Мир, 1982. – 478 с.
4. Заславский Г.М. Фрактальные свойства зон обрушения волн на поверхности моря // ДАН СССР. – 1987. – т. 294. – С. 1362-1366.
5. Е. Федер. Фракталы. – М.: Мир, 1991. – 254 с.
6. Васильев Л.Н., Тюфлин А.С. Фрактальность пространственных структур геосистем // Исследование Земли и космоса. – 1991. – № 4. – С. 59-67.

УДК 530.17+536.7+541.8(11)

*Маринин В.С., д-р техн. наук, вед. науч. сотр., ИПМаш НАНУ,
Умеренкова К.Р., канд. техн. наук, ст. преп., УГЗУ*

ЭКОЛОГИЧНЫЕ ДВИГАТЕЛИ – ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

(представлено д-ром техн. наук Кривцовой В.И.)

Обеспечение техногенной безопасности окружающей среды связано с уменьшением выбросов в атмосферу токсичных веществ. Одним из путей решения этой проблемы является создание экологически безопасных автомобильных двигателей, конвертированных на альтернативные моторные топлива (АМТ). Предложен новый эффективный метод определения теплофизических свойств таких топлив.

Постановка проблемы. Значительная антропогенная нагрузка на биосферу в больших городах приводит к существенным изменениям их мезоклимата, что определяется, как правило, формированием дымопылевого купола, т.е. особого слоя воздуха, насыщенного газовыми примесями и разными аэрозолями. Это приводит к усилению парникового эффекта, что обусловлено высокой концентрацией водяного пара и двуокиси углерода, а также к изменению интенсивности солнечной радиации за счет изменения оптических свойств околосреднего слоя воздуха. Постепенно в атмосфере над городом накапливается большое количество токсических, канцерогенных и мутагенных соединений, которые попадают в окружающую среду с продуктами сгорания угля, нефти и моторных топлив от транспортных средств (больше 70% всех вредных выбросов) и промышленных предприятий.

Приблизительная оценка суммарной массы токсических, мутагенных и канцерогенных веществ, которые попадают в атмосферу Украины с отработавшими газами автотранспортных двигателей, составляет 4560 тыс. т за год (2000 г.). Учитывая, что основная масса вредных выбросов концентрируется в областях дымопыльных куполов городов, можно обоснованно считать, что на каждого городского жителя приходится не меньше 130 кг токсических выбросов ежегодно [1].

Своевременным реагированием на угрозу возникновения чрезвычайных ситуаций, вызванных ухудшением экологии, явля-

ются мероприятия, уменьшающие загрязнение атмосферы вредными выбросами. Одним из направлений оптимального решения проблемы является использование альтернативных топлив и, в частности, природного газа (ПГ) для экологически чистого транспорта [2]. Для этого необходимы разработка и внедрение систем переоборудования бензиновых и дизельных автомобилей, а также конструирование современных “экологичных двигателей”.

Использование ПГ в качестве моторного топлива на транспорте приведет к значительному оздоровлению воздушного бассейна. Так, по сравнению с бензиновыми двигателями, в продуктах сгорания снижается содержание токсических веществ [3] (бензин/природный газ): свинца – 0,42/0 г/дм³, SO₂ – 5,5/0 млн⁻¹, NO_x–257,3/18,0 млн⁻¹, СН – 83,2/19,2 млн⁻¹, СО – 1,46/0,16 % . Как видно, использование ПГ вместо бензина значительно снижает уровень токсичности отработавших газов.

Анализ последних исследований и публикаций. Для исследований, проводимых по проблеме использования АМТ в энергоустановках, актуальной задачей является разработка современных методов прогнозирования теплофизических свойств топлив в широких диапазонах состояний - от сжиженного газа до параметров сгорания или теплового разложения. На основе проведенного анализа существующих методов [4-7] сделан вывод о том, что различные модельные схемы и эмпирические уравнения (теория соответственных состояний, решеточные модели, групповые модели) могут давать приемлемые количественные результаты в ограниченных диапазонах состояний. При этом для расчетов требуется значительная исходная информация о свойствах компонентов и их смесей. Что касается практически важной области жидкой фазы АМТ, то указанные методы, как правило, в данном случае неработоспособны.

Постановка задачи и ее решение. Такое состояние проблемы диктует необходимость развития современных статистико-механических методов описания свойств АМТ, использующих минимум исходных данных и параметров. Проводимые исследования посвящены применению оригинальной модифицированной схемы термодинамической теории возмущений (МТВ) [8] для описания свойств многокомпонентных смесей (ПГ).

Предложенная расчетная схема [9] обобщена для определения теплофизических свойств многокомпонентных АМТ. Удельная

смеси между фазами $n^V(x_i^V - x_i^L) = x_i^0 - x_i^L, i = 1, \dots, n$, где n^V – газосодержание (мольная доля паровой фазы в двухфазной смеси). Это дает возможность определить также равновесные составы $\{x_i^L\}, \{x_i^V\}$ этих фаз.

В табл.1 полученные расчетным путем значение молярного объема углеводородной смеси, соответствующей возможному составу природного газа, сравниваются с экспериментальными данными, приведенными литературе [4]. Погрешность расчета показывает хорошее согласие экспериментальных и расчетных значений.

Таблица 1 – Сравнение экспериментального и расчетного значения молярного объема углеводородной смеси

Состав смеси. Мольные доли компонентов, %	T, K	P, MPa	$V_{эксп},$ м ³ /кмоль [4]	Расчет по МТВ	
				$V_{расч},$ м ³ /кмоль	Погрешность, %
CH ₄ =77,43 C ₂ H ₆ =5,74 C ₃ H ₈ =2,99 n-C ₅ H ₁₂ =4,66 C ₇ H ₁₆ =3,59 C ₁₀ H ₂₂ =2,63 H ₂ S=2,96	338,71	21,75	0,1003	0,1004	0,09

В результате решения задачи о равновесии фаз жидкость - пар для углеводородных АМТ различных фракционных составов определены плотность, энтальпия и энтропия вдоль линии насыщения (табл.2).

Таблица 2 – Термодинамические свойства смесей АМТ в равновесии с паровой фазой

Состав смеси. Мольные доли компонентов, %	T, K	$D_m,$ кг/м ³	$-H_m,$ кДж/кг	$S_m,$ кДж/(кг К)
CH ₄	105	431,37	308,60	4,729
	112	422,07	285,46	4,942
	120	410,27	257,62	5,181

Продолжение таблицы 2

CH ₄ =99,5	105	448,18	310,16	4,688
C ₂ H ₆ =3	112	438,71	288,05	4,891
N ₂ =1	120	426,86	261,37	5,120
CO ₂ =0,5				
CH ₄ =99,5	105	446,35	311,86	4,695
C ₂ H ₆ =3	112	436,97	289,71	4,898
C ₃ H ₈ =0,5	120	425,22	263,01	5,127
N ₂ =1				
CH ₄ =95				
C ₂ H ₆ =3	105	450,78	311,04	4,675
C ₃ H ₈ =0,5	112	441,32	289,11	4,876
N ₂ =1	120	429,50	262,66	5,103
CO ₂ =0,5				
CH ₄ =94				
C ₂ H ₆ =3	105	453,80	306,18	4,676
C ₃ H ₈ =0,5	112	444,19	284,27	4,877
N ₂ =2	120	432,19	257,91	5,104
CO ₂ =0,5				
CH ₄ =94				
C ₂ H ₆ =4	105	453,76	313,44	4,660
C ₃ H ₈ =0,5	112	444,32	291,75	4,859
N ₂ =1	120	432,56	265,55	5,084
CO ₂ =0,5				

Здесь D_m – плотность смеси, H_m – энтальпия смеси, S_m – энтропия смеси.

Выводы. В комплекс технических мероприятий, направленных на увеличение техногенной безопасности в окружающей среде, одним из пунктов входит создание экологичных двигателей. В настоящее время техногенная нагрузка на окружающую среду (уровень токсичных веществ в продуктах сгорания) в городах Украины превышает в 4–5 раз показатели развитых стран. Предложен метод расчета параметров АМТ (в частности, природного газа), используемых при моделировании рабочих процессов в экологически безопасных двигателях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карп І.М., Биков Г.О. Перспективи використання природного газу як моторного палива на автотранспорті України. // *Екотехнологии и ресурсосбережение*. – 2002. – № 1. – С. 3–8.
2. Буравлев Е.П., Стогний В.С. Устойчивое развитие энергетики. // *Екотехнологии и ресурсосбережение*. – 2002. – № 2. – С. 3–8.
3. Fghbali B. Natural gas as a vehicular fuel // *SAE Techn. Pap. Ser.* - 1984. - N 841159. - P. 9.
4. Калашников О.В. Моделирование фазового поведения углеводородов: выбор уравнения состояния. // *Екотехнологии и ресурсосбережение*. – 2003. – № 1. – С. 22–29.
5. Уэйлес С. Фазовые равновесия в химической технологии. – М.: Мир, 1989. – 664 с.
6. Морачевский А.Г., Смирнова Н.А., Пиотровская Е.М. Термодинамика равновесия жидкость-пар. – Л.: Химия, 1989. – 344 с.
7. Смирнова Н.А. Молекулярные теории растворов. – Л.: Химия, 1987. – 336 с.
8. Маринин В.С., Пашков В.В. О возможной модификации метода теории возмущений в статистической физике жидкостей // *Укр. физ. журн.* - 1976. - Т. 21, № 10. - С. 1695-1700.
9. Маринин В.С., Умеренкова К.Р. Определение термодинамических характеристик газовых и газоконденсатных смесей // *Проблеми надзвичайних ситуацій*. - Харьков: УЦЗУ, 2007. - выпуск 5. - С. 132-139.

Михайлюк А.А., ад'юнкт, УГЗУ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МОДЕЛИ, ОПИСЫВАЮЩЕЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНУЮ СИТУАЦИЮ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

(представлено д-ром техн. наук Комяк В.М.)

Проведена экспериментальная проверка математической модели чрезвычайной ситуации техногенного характера на примере модели горящего резервуара с нефтепродуктом

Постановка проблемы. Применение математических моделей чрезвычайных ситуаций техногенного характера для прогнозирования их развития и построения плана их локализации и ликвидации требует проверки адекватности таких моделей. Одной из наиболее сложных чрезвычайных ситуаций является пожар в резервуарном парке. Горение нефтепродукта сопровождается выделением значительного количества тепла, основная часть которого передается окружающим объектам излучением и конвекцией. В результате чего действия подразделений МЧС при ликвидации чрезвычайной ситуации усложняются. Важной составляющей модели такой ситуации является изменение температуры сухой стенки горящего резервуара за счет лучистого и конвективного теплообмена с окружающим воздухом.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [1] построена модель нагрева горящего резервуара, учитывающая лучистый и конвективный теплообмен сухой стенки с окружающей средой и проведена идентификация коэффициента конвективной теплоотдачи при условии свободной конвекции. При этом экспериментальная проверка математической модели чрезвычайной ситуации не проводилась.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является экспериментальная проверка модели чрезвычайной ситуации техногенного характера на примере модели лучистого и конвективного теплообмена сухой стенки горящего резервуара.

Проверка модели осуществлялась путем проведения эксперимента и сравнения его результатов с теоретическими расчетами. Был проведен эксперимент, который показал динамику охлаждения стенки горящего резервуара на окружающем воздухе. При проведении эксперимента в качестве модели сухой стенки горя-

щого резервуара використовувався сталевий лист ($\rho = 7880 \text{ кг/м}^3$, $c_p = 440 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$) товщиною 2 мм, який нагрівався до температури 110–120 °С. Процес охолодження проходив в відсутності вітра при передачі тепла з однієї і другої сторони листа в оточуючий повітря за рахунок вільної конвекції і за рахунок випромінювання. Температура стінки листа вимірювалася термопарою (мультиметр DT-838) кожні 10 секунд. Площа нагріву становила приблизно $0,025 \text{ м}^2$.

Кількість тепла, передаване листом в оточуюче середовище, за рахунок випромінювання за законом Стефана-Больцмана дорівнює

$$dQ_{\text{вип}} = 2c_0\varepsilon \left(\left(\frac{T_o}{100} \right)^4 - \left(\frac{T}{100} \right)^4 \right) S_{\text{л}} dt, \quad (1)$$

де T_o – температура оточуючого середовища, ε – ступінь чорноти сталі, T – температура листа, $S_{\text{л}}$ – площа поверхні листа, $c_0 = 5,67 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К}^4)$.

Коефіцієнт 2 виникає в зв'язі з тим, що теплообмін відбувається з обох сторін листа.

Конвективний теплообмін сталевих листів з оточуючим повітрям відбувається за рахунок вільної конвекції і визначається за формулою

$$dQ_{\text{конв}} = 2\alpha(T_o - T)S_{\text{л}} dt, \quad (2)$$

де α – коефіцієнт конвективної теплоотдачі в оточуючий повітря.

Об'єднавши формули (1) і (2), запишемо рівняння теплового балансу для сталевих листів, включаючи теплообмін випромінюванням і конвекцією

$$dQ = 2c_0\varepsilon_c \left(\left(\frac{T_o}{100} \right)^4 - \left(\frac{T}{100} \right)^4 \right) S_{\text{л}} + 2\alpha(T_o - T)S_{\text{л}} dt, \quad (3)$$

Преобразуя формулу (3), получим

$$c_c \rho_c \delta_c \frac{dT}{dt} = 2c_0 \varepsilon_c \left(\left(\frac{T_0}{100} \right)^4 - \left(\frac{T}{100} \right)^4 \right) + 2\alpha(T_0 - T), \quad (4)$$

где c_c , ρ_c – теплоемкость и плотность стали, δ_c – толщина листа стали.

Переносим в правую часть множитель $c_c \rho_c \delta_c$, получим

$$\frac{dT}{dt} = \frac{2}{c_c \rho_c \delta_c} \left(c_0 \varepsilon_c \left(\left(\frac{T_0}{100} \right)^4 - \left(\frac{T}{100} \right)^4 \right) + \alpha(T_0 - T) \right). \quad (5)$$

Коэффициент конвективной теплоотдачи α для свободной конвекции определяется по формуле [1,2]

$$\alpha = \frac{Nu \lambda}{L}, \quad (6)$$

где Nu – число Нуссельта, λ – теплопроводность воздуха, L – высота области нагрева ($L \approx 0,15$ м).

При этом число Нуссельта для свободной конвекции определяется по формуле [3]

$$Nu = \left[0,68 + 0,387(GrPr)^{1/6} / \left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27} \right]^2 = \left[0,68 + 0,387 \left(\frac{(T - T_g)L^3 g Pr}{(T + T_g) \nu^2} \right)^{1/6} / \left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27} \right]^2, \quad (7)$$

где $Pr = 0,7$ – число Прандтля, Gr – число Грасгофа, ν – коэффициент кинематической вязкости воздуха, g – ускорение свободного падения.

Число Грасгофа равно

$$Gr = \frac{\beta \Delta T L^3 g}{\nu^2}, \quad (8)$$

где $\beta = \frac{1}{T}$ – коэффициент объемного расширения; $\Delta T = |T - T_o|$.

Из (6-8) видно, что коэффициент конвективного теплообмена α зависит от температуры T . Решение нелинейного дифференциального уравнения (5) было проведено методом Рунге – Кутты.

На рис. 1 показана динамика изменения температуры модели сухой стенки горящего резервуара при охлаждении на окружающем воздухе в зависимости от времени при проведении эксперимента и вследствие проведенных теоретических расчетах.

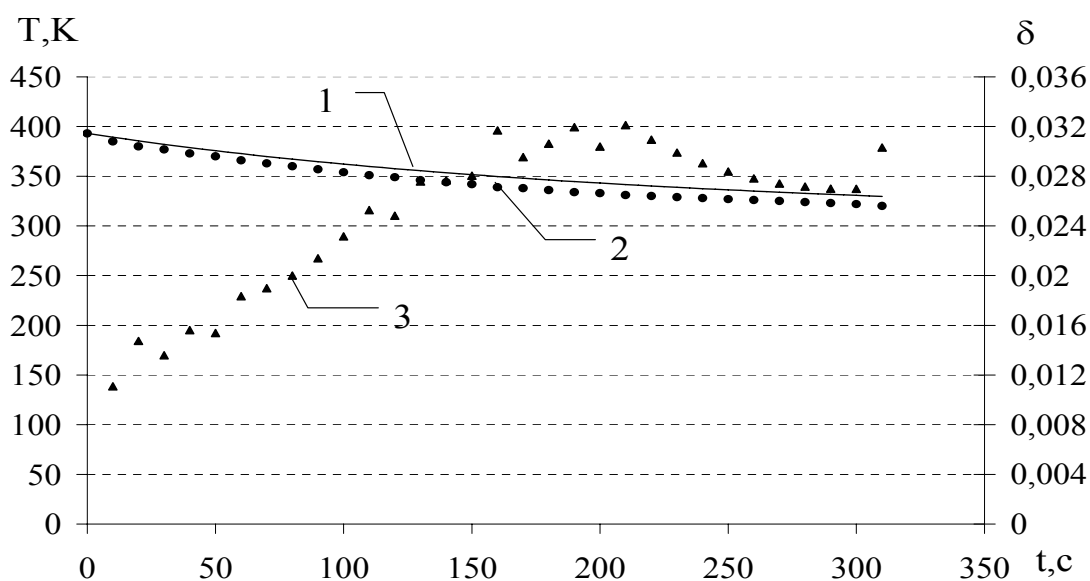


Рис. 1 – Динамика изменения температуры модели сухой стенки горящего резервуара при охлаждении на окружающем воздухе в зависимости от времени: 1 – теоретические расчеты, 2 – экспериментальные данные, 3 – погрешность δ между экспериментальными данными и расчетными значениями

Выводы. Проведена экспериментальная проверка модели чрезвычайной ситуации техногенного характера на примере модели конвективного и лучистого теплообмена стенки горящего резервуара. Полученная погрешность составила около 3%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Басманов А.Е., Михайлюк А.А. Идентификация параметров модели чрезвычайной ситуации техногенного характера //

- Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: УЦЗУ, 2008. – Вип. 7. – С. 36–41.
2. Луканин В.Н., Шатров М.Г., Камфер Г.М. Теплотехника. – М.: Высшая школа, 2002. – 671 с.
 3. Churchill V.T. Bernstein M. A correlating equation for forced convection from gases and liquids to a circular cylinder in crossflow // J. Heat Transfer, 1977. – V. 99. – P. 300 – 306.

УДК 355.77

*Ромин А.В., канд. техн. наук, зам. нач. фак., УГЗУ,
Фесенко Г.В., канд. техн. наук, доц., УГЗУ,
Попов В.М., канд. техн. наук, проректор, УГЗУ*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ НАСЕЛЕНИЯ В ЗОНАХ ХИМИЧЕСКОГО ЗАРАЖЕНИЯ

(представлено д-ром техн. наук Лариным А.Н.)

Рассмотрен порядок прогнозирования потерь населения в зонах химического заражения с учетом данных о местах пребывания людей в течение суток. Получены зависимости потерь числа пораженных от соотношения сельского и городского населения в районе заражения, а также от времени действия опасного химического вещества на людей с различными степенями защиты.

Постановка проблемы. Бурное развитие химической промышленности привело к тому, что на сегодняшний день в национальной экономике Украины функционирует около 1,6 тыс. объектов, на которые хранится или используется в производственной деятельности больше 330 тыс. т опасных химических веществ (ОХВ). Поскольку данные объекты невозможно изолировать от населенных пунктов, в зонах возможного химического заражения от них проживает около 14 млн. человек (около 32 % населения страны). Масштабность последствий химических аварий дает основание говорить об актуальности задачи прогнозирования потерь населения в зонах химического заражения. Полученные прогнозные оценки позволят разработать рекомендации по совершенствованию комплекса организационно-технических мероприятий, на-

правленних на исключение или максимальное снижение числа пострадавших от химических аварий.

Анализ последних исследований и публикаций. В большинстве методик оценки химической обстановки при авариях на химически опасных объектах (ХОО) [1-4] предлагается рассчитывать потери населения с учетом данных о средней плотности и численности населения в зоне поражения, а также используя фиксированные значения коэффициентов защиты для сооружений, в которых могут находиться люди. Однако, как показывают исследования, такой подход позволяет получать довольно грубые оценки по следующим причинам.

Во-первых, в течение суток население пребывает в различных местах, каждое из которых имеет свою степень защищенности от поражающих факторов химической аварии (спят ночью, едут в транспорте или движутся пешком на работу в утренние часы, работают днем и т.д.).

Во-вторых, в сельской и городской местности характер деятельности различен (городское население в основном занято на промышленном производстве, следовательно, в случае аварии, с большой вероятностью будет находиться в помещении; сельское население в летний период более подвержено воздействию поражающих факторов по причине работы в условиях открытой местности на полях, а в зимнее время значительно лучше защищено, так как большую часть времени проводит в зданиях и сооружениях).

В-третьих, в зависимости от времени действия ОХВ коэффициент защиты того или иного сооружения со временем уменьшается, что приводит к увеличению потерь.

Постановка задачи и ее решение. Для получения более точных данных о числе пораженных в районе химического заражения авторы предлагают следующий порядок прогнозной оценки.

Вначале в соответствии с [5] необходимо провести деление района химического заражения на четыре зоны поражения (рис.1).

На следующем этапе производится расчет числа пораженных в каждой из зон с учетом данных о месте пребывания населения в заданное время суток и степени его защищенности

$$Z_i = N_i^s \left(\sum_{j=1}^n \frac{q_j}{K_{защ, j}} \right) + N_i^c \left(\sum_{j=1}^n \frac{q_j}{K_{защ, j}} \right), \quad (1)$$

где $i = \overline{1, m}$, причем m - количество зон поражения (при делении территории в соответствии с рис.1 индекс 1 имеет зона смертельных поражений, 2 – тяжелых поражений, 3 – поражений средней тяжести, 4 – легких поражений); n - число степеней защиты; N_i^s - численность городского населения в i -й зоне поражения; N_i^c - численность сельского населения в i -й зоне поражения; q_j - доля людей с j -й степенью защиты в зависимости от времени суток; $K_{защ, j}$ - коэффициент защиты j -го сооружения с учетом времени, прошедшего после аварии.



Рис. 1 – Деление района химического заражения

На заключительном этапе определяются суммарные потери населения в районе химического заражения

$$Z_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m Z_i . \quad (2)$$

С использованием формул (1) и (2) было исследовано влияние на потери населения (в процентах от общего числа населения, проживающего в зоне заражения, Z_{Σ} , %) следующих параметров: времени суток $t_{сут}$ (рис.2, исходные данные: $N_1^s=800$, $N_1^c=80$;

$N_2^z=1000$, $N_2^c=100$; $N_3^z=1500$, $N_3^c=200$; $N_4^z=1700$, $N_4^c=300$; время действия ОХВ $t_{ОХВ} = 0,25$ часа; коэффициенты защиты: открытая местность, поле и сельскохозяйственные предприятия - 1; учреждения и производственные здания - 3; транспорт - 7; жилые и общественные помещения - 30); времени действия ОХВ $t_{ОХВ}$ на население с различными степенями защиты (рис.3, исходные данные: $N_1^z=800$, $N_1^c=80$; $N_2^z=1000$, $N_2^c=100$; $N_3^z=1500$, $N_3^c=200$; $N_4^z=1700$, $N_4^c=300$; время суток $t_{сут} = 15-17$ часов); доли городского $d_2, \%$ населения в зоне смертельных поражений (рис.4, исходные данные: общая численность городского и сельского населения - 1000 человек, время суток - 15-17 часов, время действия ОХВ - 1 час).

Анализ представленных на рис.2-4 графиков позволяет сделать следующие выводы.

Для фиксированного времени воздействия ОХВ, равного 0,25 часа, наименьшие потери в любое время суток имеет городское население (максимальные потери составляют 35% в интервале с 7 до 10 часов, а минимальные - 5% в интервале с 0 до 6 часов).

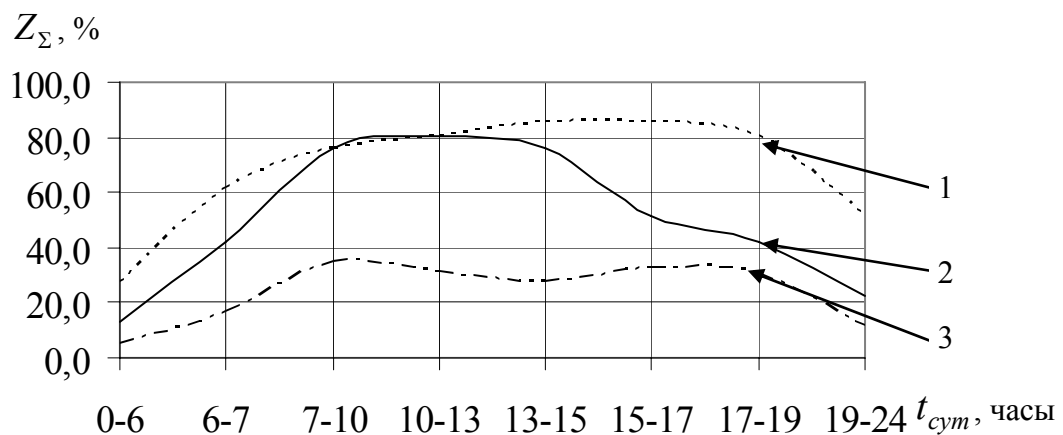


Рис. 2 – Графики зависимости потерь городского и сельского населения от времени суток: 1-село (лето); 2-село (зима); 3-город

Сельское население наиболее уязвимо в летний период (максимальные потери составляют 86% в интервале с 13 до 17 часов, а минимальные - 28% в интервале с 0 до 6 часов), и меньшие потери несет зимой (максимальные потери составляют 81% в интервале с 10 до 13 часов, а минимальные - 13% в интервале с 0 до 6 часов).

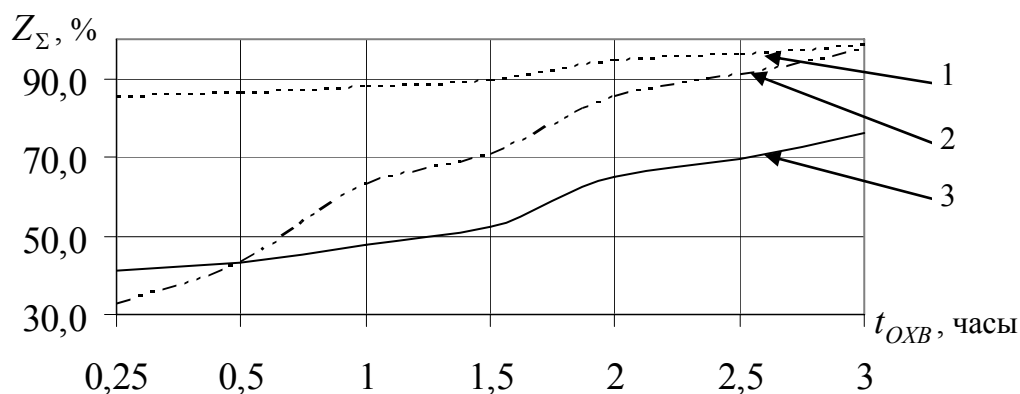


Рис. 3 – Графіки залежності втрат населення від часу дії ОХВ: 1–село (літо); 2 - місто; 3- село (зима)

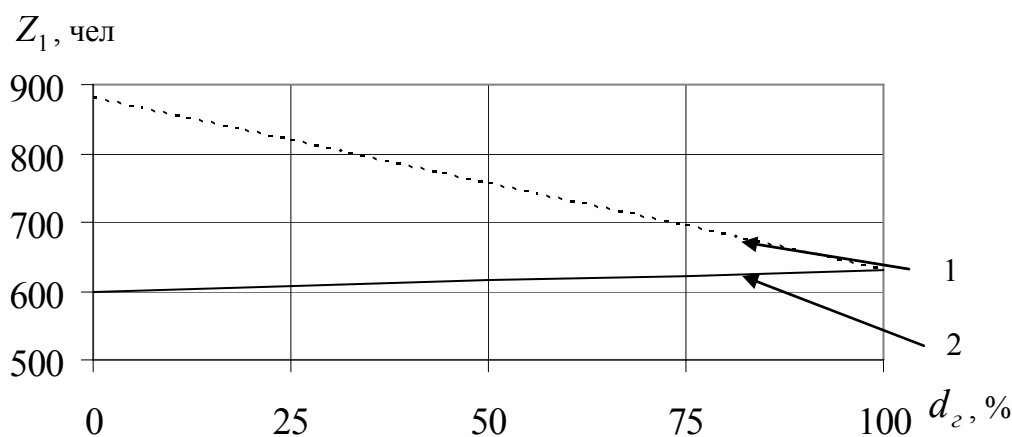


Рис. 4 – Графіки залежності загальних втрат населення від частки міського населення: 1-літо; 2-зима

Для фіксованого інтервала часу з 15 до 17 годин спостерігається зростання втрат міського та сільського населення з подовженням часу дії ОХВ. При цьому, якщо час впливу становить від 0,25 до 0,5 години, то менші втрати як в зимній, так і в літній період, несе міське населення; при подальшому збільшенні часу впливу, найменші втрати спостерігаються у сільському населенні в зимній період. З збільшенням частки міських жителів серед населення зони хімічного зараження загальні втрати в літній період зменшуються, а в зимній збільшуються.

Висновки. Розглянуто порядок розрахунку втрат населення міста та села в зимній та літній період з урахуванням даних про місце перебування людей протягом доби. Показано, що найменші

потери наблюдаются для всех категорий населения в период с 0 до 6 часов. В период с 15 по 17 часов сельское население несет большие потери, чем городское, в летний период, и, при времени воздействия ОХВ больше 0,5 часа имеет меньшие потери зимой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. – М: ГО СССР, 1990. – 13 с.
2. Методическое пособие по прогнозированию и оценке химической обстановки в чрезвычайных ситуациях. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1993. – 130 с.
3. Прогнозування масштабів і наслідків хімічних небезпечних ситуацій. – К.: ЗАТ «Укртехногрупа», 2000. – 22 с.
4. Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті. - <http://uazakon.com/big/text1560/pg1.htm>.
5. Козлитин А. М., Яковлев Б.Н. Чрезвычайные ситуации техногенного характера. Прогнозирование и оценка. Детерминированные методы количественной оценки опасностей техносферы: Учебное пособие. - Саратов: СГТУ, 2000. – 124 с.

УДК. 614.8

*Рудаков С.В., канд. техн. наук, доц., УГЗУ,
Швец С.В., канд. техн. наук, доц., УГЗУ*

**ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
НА АТОМНЫХ СТАНЦИЯХ ПУТЕМ ОЦЕНИВАНИЯ
СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ**
(представлено д-ром техн. наук Абрамовым Ю.А.)

В статье предложена методика контроля параметров изоляции кабельных изделий, находящихся в эксплуатации на атомных объектах, которая своевременно выявит старение компонентов изоляции кабелей, что в свою очередь позволит предотвратить чрезвычайную ситуацию на объекте. Показано применение данной методики для образцов кабелей, которые находились на эксплуатации на атомной станции.

Постановка проблемы. Надежность энергоснабжения – это безопасная эксплуатация атомной станции (АС). Эти понятия на АС адекватны и тождественны. Увеличение единичной мощности энергоблоков сопровождается увеличением мощности питающих трансформаторов, приводных механизмов, рассредоточением оборудования, увеличением длины кабельных сетей. Все это приводит к увеличению емкостных проводимостей всей сети, что, безусловно, усложняет процессы, сопровождаемые однофазными замыканиями на землю. Выход из строя любого из вышеперечисленных компонентов АС может привести к возникновению чрезвычайной ситуации на данном объекте. В этой связи, если говорить о надежности работы атомной станции и о предупреждении чрезвычайной ситуации, то необходимо своевременно и достоверно проводить контроль состояния кабельных изделий.

Обязательной частью работ в рамках продления срока службы энергоблоков является оценка состояния кабельных линий, определение возможности и условий, при которых допустима их эксплуатация в дополнительный срок службы. Исследования механизмов старения изоляционных материалов в лабораторных условиях и полученные результаты старения кабелей в условиях эксплуатации явились основой для разработки методов неразрушающей диагностики состояния и мероприятий по управлению сроком службы кабелей на атомных станциях. Для контроля со-

стояния контрольных кабелей разработаны практически неразрушающие методы диагностики, основанные на механическом индентировании оболочки кабеля, на измерении скорости распространения ультразвуковых волн в полимерных оболочках, на исследовании изменения состава и структуры микросрезов изоляционных материалов массой несколько миллиграмм физико-химическими методами.

Для осуществления неразрушающего контроля состояния силовых кабелей с пропитанной бумажной изоляцией, полиэтиленовой изоляцией и поливинилхлоридной изоляцией разработаны и совершенствуются методы, основанные на регистрации свойств, имеющих поляризационную природу – возвратное напряжение и тангенс угла диэлектрических потерь на сверхмалых частотах. Эти свойства дают возможность контролировать параметры миграционной поляризации и контролировать, таким образом, старение и увлажнение изоляции силовых кабелей.

В силовых кабелях, находящихся в эксплуатации на атомных электрических станциях (АЭС), контроль характеристик (частичной емкости, угла диэлектрических потерь) каждой из компонент (полиэтилен, ПВХ-пластикат) изоляции по отдельности невозможен. Силовые кабели содержат ряд изоляционных компонентов (например: фазная изоляция, поясная изоляция, внутренняя оболочка, внешняя оболочка, межфазное заполнение), старение которых носит индивидуальный характер. Это является следствием как несколько различных уровней внешних воздействующих факторов старения - повышенной температуры, напряженности электрического поля, влаги, термомеханических напряжений, ионизирующей радиации, так и разной природы этих материалов. Задача достижения равномерного старения всех компонентов конструкции кабеля пока даже не ставится. Поэтому, выявление наиболее слабого звена представляется перспективным способом неразрушающей диагностики изоляции. Представляет интерес информация о параметрах изоляции каждого провода в отдельности. Для этого необходимо выбрать такую коммутацию проводов, чтобы электрическое поле в основном сосредотачивалось вокруг изоляции контролируемого провода.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ работ по оценке состояния и прогнозированию срока службы кабелей на энергоблоках показал [1-2], что замена кабелей необходима только в "горячих точках" эксплуатации, где интенсивность дегра-

Предотвращение чрезвычайных ситуаций на атомных станциях путем оценивания состояния изоляции кабельных изделий

дационных факторов выше, чем в среднем по блоку. Для обнаружения и локализации "горячих точек" применяется тепловизионная техника, проводится дозиметрия кабельных трасс гермообъема, используется другая традиционная техника.

Для оценки возможного дополнительного срока службы кабелей, подверженных деградиационным факторам проектных аварий, разработана методика проведения дополнительных испытаний на устойчивость к проектным авариям образцов кабелей, изъятых из эксплуатации. Полученные экспериментальные данные показали, что наличие даже незначительного предварительного старения поливинилхлоридной изоляции может привести к отказу выполнения кабелем с такой изоляцией своих функций в процессе воздействия максимальной проектной аварии.

Существует несколько методов нахождения характеристик одного (искомого) компонента изоляции на фоне совокупных измерений: частотный, временной, пространственный [3-4]. При использовании этих методов не учитывается частичное проникновение электромагнитного поля в изоляцию отдельных элементов кабеля (полупроводящее покрытие, защитная внутренняя и внешняя оболочка). Необходимо учесть погрешность измерения, возникающую при таком влиянии полей.

Постановка задачи и ее решение. Разработать методику оценки состояния изоляции отдельных жил кабеля для оценки его состояния в целом.

Типичная конструкция кабеля содержит жилу, фазную изоляцию жилы, полупроводящее покрытие по изоляции и экран, вспомогательные изолированные жилы, защитную внутреннюю оболочку, броню, внешнюю защитную оболочку. Схема замещения основной изоляции кабеля представлена на рис.1.

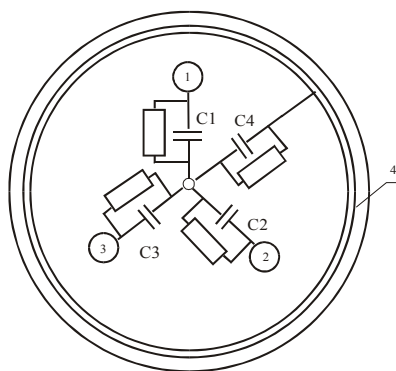


Рис. 1 – Схема замещения трехфазного кабеля

Здесь обозначено: 1, 2, 3 - жилы; 4 - экран (броня). Между четырьмя электродами образуются 4 емкости: C_1 , C_2 , C_3 - частичные емкости каждой из жил на свои экраны; C_4 - емкость экранов по отношению к броне кабеля. Сопротивления, подключенные параллельно частичным емкостям, отражают потери в изоляции. Их принято характеризовать тангенсами углов диэлектрических потерь: $\operatorname{tg}\delta_1$, $\operatorname{tg}\delta_2$, $\operatorname{tg}\delta_3$, $\operatorname{tg}\delta_4$.

Таким образом, схема замещения рис.1 содержит 8 неизвестных: 4 - частичных емкостей и 4 - соответствующих им $\operatorname{tg}\delta$.

Пусть доступными для подсоединения к измерительному прибору есть электроды 1 - 4. (Экран жил используем только для проверки конечных результатов определения параметров по совокупным наблюдениям).

Для нахождения всех неизвестных следует выполнить 4 измерения, определяя каждый раз по две характеристики - емкость и тангенс угла потерь.

Решая системы алгебраических уравнений (САУ), можно определить значения частичных емкостей и соответствующие тангенсы углов диэлектрических потерь [2].

Были измерены параметры отрезка шахтного медного гибкого бронированного кабеля сечением $3 \times 95 \text{ мм}^2$ с комбинированной изоляцией жил (ПЭ+ПВХ пластикат) и оболочкой из ПВХ пластиката. Длина отрезка - 3,4 м. Результаты представлены в табл.1.

Таблица 1 – Результаты измерений параметров кабеля

	Частота измерений, кГц					
	0,1		1,0		10,0	
	C , пФ	$\operatorname{tg}\delta$, %	C , пФ	$\operatorname{tg}\delta$, %	C , пФ	$\operatorname{tg}\delta$, %
a	1497,70	3,457	1408,24	4,724	1301,33	5,704
b	1478,80	3,394	1391,28	4,663	1287,12	5,650
c	1491,58	3,288	1406,64	4,514	1304,51	5,500
d	858,88	3,034	809,79	4,143	756,34	4,874
e	877,57	3,213	828,52	4,306	772,42	4,996
f	860,10	3,508	807,56	4,760	747,52	5,469

Решение САУ для различных вариантов (опыты a, b, c, d) подключения электродов кабеля к средству измерительной техники на частоте 0,1 кГц имеет четыре варианта, из которых необходимо выбрать один.

C1	C2	C3	C4
922.58	6328.34	954.60	933.00
5410.70	955.74	967.27	991.15
1010.91	985.67	973.48	5020.50
1678.52	1570.86	1031.35	1746.89

Третий вариант соответствует физическому смыслу решаемой задачи: емкости фаз C1 - C3 должны быть близкими по величине, емкость внутренней оболочки C4 - может отличаться от них.

Фактические значения емкостей фаз по результатам измерений с использованием внутренних экранов составили
 $C1=1005,63$ пФ $C2= 975,90$ пФ $C3=971,28$ пФ $C4=5011,8$ пФ

Погрешности восстановления отдельных емкостей составили (в процентах):

для C1 – 0,525%, для C2 – 1%, для C3 – 0,226%, для C4 – 0,173%, т.е. средняя погрешность составляет: $(0,525+1+0,226+ 0,173)/4 = 0,5\%$.

Точность восстановления емкости по результатам совокупных измерений может быть достаточно высокой, если схема замещения правильно отражает частичные емкости кабеля, а измерения выполнены точно.

Многовариантность решения - следствие нелинейности системы, которая сводится к уравнению четвертого порядка. Нам не удалось получить аналитическое решение этой системы, поэтому пришлось использовать численное решение СЛАУ.

В результате найдены $\text{tg}\delta_1 - \text{tg}\delta_4$:

$$\text{tg}\delta_1 = 3.07\% \quad \text{tg}\delta_2 = 3.40\% \quad \text{tg}\delta_3 = 2.89\% \quad \text{tg}\delta_4 = 4.37\%$$

Соответствующие фактические значения $\text{tg}\delta_1 - \text{tg}\delta_4$ составили:

$$\text{tg}\delta_1 = 3.08\% \quad \text{tg}\delta_2 = 3.47\% \quad \text{tg}\delta_3 = 2.89\% \quad \text{tg}\delta_4 = 4.40\%$$

Относительные погрешности восстановления $\text{tg}\delta$ таким образом равны: -0.324%, -2.01%, 0%, -0.681%, а средняя погрешность составила -0,8%.

Погрешности восстановления $\text{tg}\delta$ оказались почти в 1,5 раза больше погрешности восстановления емкости. Это следствие накопления ошибок при решении СЛАУ, коэффициенты которой определяются по экспериментальным данным с определенной погрешностью.

Результаты восстановления параметров частичных емкостей представлены в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати расчетов параметров частичных емкостей трехфазного кабеля

Частота измерений 0,1 кГц						
abc-d		abc-e		abc-f		
	C, пФ	tgδ, %	C, пФ	tgδ, %	C, пФ	tgδ, %
1	1010.91	3.07	999.93	3.11	1002.34	3.14
2	985.67	3.40	975.46	3.43	977.70	3.46
3	973.48	2.89	963.64	2.93	965.80	2.96
4	5020.50	4.37	5229.83	4.26	5182.32	4.12
Частота измерений 1,0 кГц						
abc-d		abc-e		abc-f		
	C, пФ	tgδ, %	C, пФ	tgδ, %	C, пФ	tgδ, %
1	958.86	4.08	945.37	4.10	948.60	4.21
2	928.00	4.56	915.72	4.57	918.67	4.67
3	924.75	3.92	912.60	3.94	915.52	4.04
4	4626.93	6.33	4874.94	6.32	4813.00	5.91
Частота измерений 10,0 кГц						
abc-d		abc-e		abc-f		
	C, пФ	tgδ, %	C, пФ	tgδ, %	C, пФ	tgδ, %
1	896.80	4.57	885.62	4.58	888.02	4.65
2	860.87	5.11	850.97	5.10	853.10	5.17
3	867.50	4.45	857.36	4.46	859.54	4.53
4	4144.80	8.97	4334.63	9.06	4292.36	8.78

Истинные значения параметров изоляции фаз и внутренней оболочки приведены в табл. 3.

Таблиця 3 – Параметры фазной изоляции жил и внутренней оболочки, измеренные непосредственно

Частота измерений, кГц						
0,1		1,0		10,0		
	C, пФ	tgδ, %	C, пФ	tgδ, %	C, пФ	tgδ, %
1	1005,63	3,080	951,46	4,160	889,63	4,660
2	975,90	3,466	916,96	4,658	850,55	5,208
3	971,28	2,893	921,81	3,933	864,82	4,454
4	5011,8	4,40	4636,0	6,42	4138,0	9,03

Сравнивая данные таблиц 2 и 3, можем заключить, что точность восстановления параметров изоляции кабелей по результатам совокупных измерений может быть достаточно высокой.

На рис.2 представлена диаграмма компонентов изоляции кабеля, где 0 – 1-я жила; Δ - 2-я жила; * - 3-я жила.

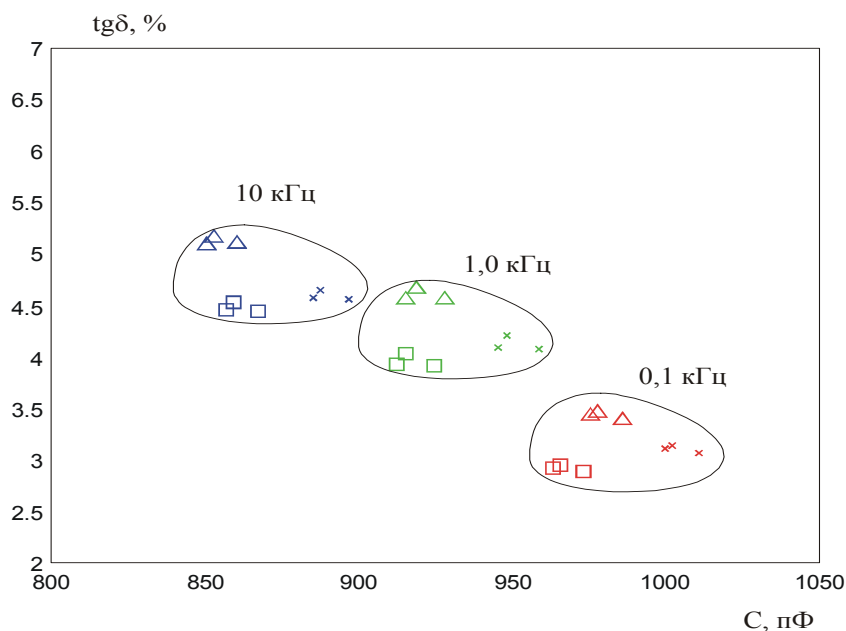


Рис. 2 – $C - tg\delta$ диаграмма компонентов изоляции каждой жилы кабеля по отдельности

Как видно из представленных данных, характеристики изоляции второй жилы существенно хуже остальных. Изоляционные свойства оболочки еще хуже чем свойства изоляции 2-й жилы.

Такой разброс параметров компонентов изоляции одного и того же изделия – признак его низкого качества.

На рис. 3 показана конструкция кабеля КПЭТИнг (контрольный полиэтиленовый термостойкий ионизационостойкий и негорючий), который используется на АЭС Украины.

Образцы кабелей КПЭТИнг 7x0,5 используются для контроля процессов старения изоляции. Были взяты отрезки кабелей, хранившихся на складе в течение 16 лет (С), находившиеся в эксплуатации в чистой зоне АЭС (В) и - в гермозоне (А). Образец А с потемневшими участками огнестойкой обмазки - продукты разложения полимерной изоляции кабеля под действием ионизирующего облучения (доза - 30 Мрад) и высокой температуры (ускоренное термостарение при 150 °С). Образец В с зеленоватыми окис-

лами медної захитної оплетки, образовавшиися после его выдержки в термолагокамере. На образце С следов окислов нет.

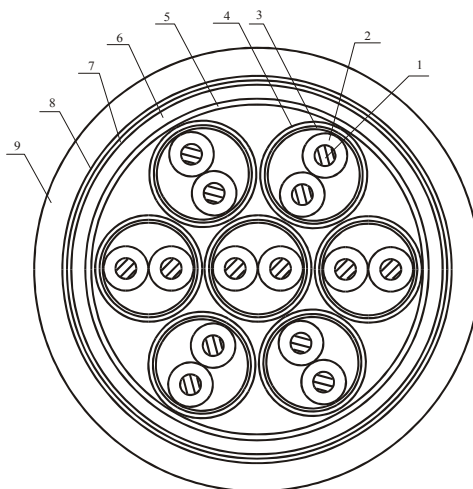


Рис. 3 – Схема 7-парного кабеля КПЭТИнг: 1 - жила; 2 - полиэтилен; 3 - полиимидная пленка; 4 - экран; 5 - полиимидная пленка; 6 - полиэтиленовая оболочка; 7 - полиимидная пленка; 8 - экран; 9 - оболочка их ПВХ пластиката (может заменяться оплеткой из медного луженого провода)

Обследование образцов таких кабелей показало, что кабель из гермозоны атомного реактора (А) (рис.4) имеет повышенное значение $\text{tg}\delta$ по сравнению с таким же кабелем из чистой зоны (В) или с кабелем, который хранился на складе (С). Кроме того, наблюдается сильная корреляция значений $\text{tg}\delta$ соседних жил. Это наводит на мысль о том, влага проникает в микропоры в зоне контакта между жилами.

Были обследованы образцы С, В и А кабелей КПЭТИнг в исходном состоянии и после ускоренного старения. Старение имитировало действие внешних воздействующих факторов, характерных при длительной нормальной эксплуатации кабелей в зоне реактора АЭС, а также в случае предусмотренных аварийных ситуаций. Ускоренное старение включало радиационное и термическое старение, а также воздействие водяных паров в термолагокамере.

Радиационное старение образцов кабелей достигалось путем их облучения электронами высоких энергий. Электроны высоких энергий свободно проникают сквозь броню, экраны и даже жилы кабеля, за счет чего достигается равномерное облучение изоляции объекта испытаний. Поглощенная доза составила 30 Мрад (0,3 МГрей). Такую дозу облучения кабели получают за весь срок нор-

Предотвращение чрезвычайных ситуаций на атомных станциях путем оценивания состояния изоляции кабельных изделий

мальной эксплуатации в зоне реактора современной АЭС даже с учетом возможной утечки теплоносителя первого контура охлаждения реактора (тест ЛОСА). Интенсивность облучения возрастает по экспоненциальному закону - примерно в 10 раз за каждые два года эксплуатации энергоблока, т.е. за 30 лет - в 10^{15} раз.

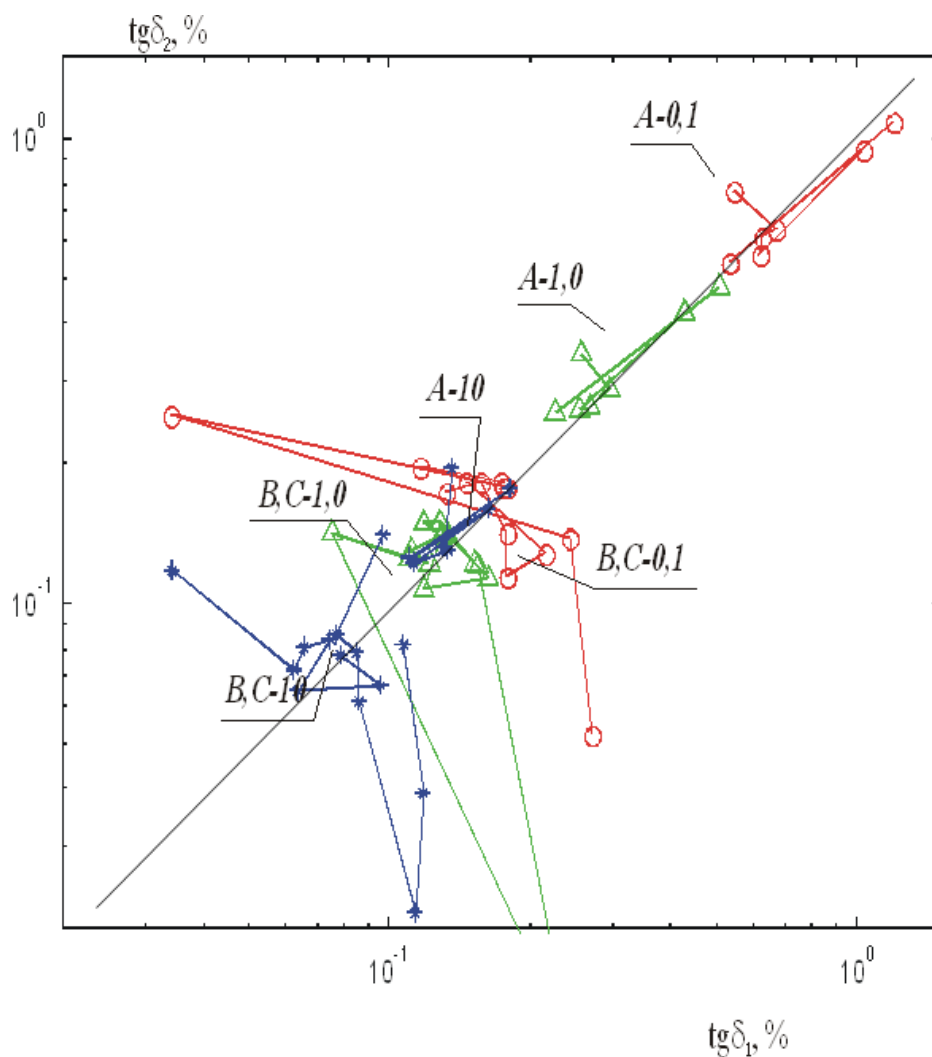


Рис. 4 – Корреляционные зависимости между значениями $\text{tg}\delta$ изоляции соседних жил образцов А, В и С при разных частотах: о - 0,1 кГц; ^ - 1,0 кГц; * - 10 кГц

Ускоренное термическое старение осуществлялось путем выдержки кабелей в термостате при температуре 150 °С в течение 10 часов.

После радиационно-термического старения значения $\text{tg}\delta$ кабелей С, В - увеличились. Это свидетельствует о термоокислительных процессах старения диэлектрика - терморационно сшитого полиэтилена. Слой полиимидной изоляции, по-видимому,

Рудаков С.В., Швецов С.В.

не успевает заметно состариться при таких внешних воздействиях. Он обладает значительно более высокой радиационной и термической стойкостью, чем полиэтилен. Для образца А наблюдаем снижение $\operatorname{tg}\delta$ при частоте 0,1 кГц и рост - при 10 кГц. Это объясняется, по-видимому, тем, что данный образец после 16 лет работы в гермозоне был насыщен влагой, а под воздействием высокой температуры - подсох, из-за чего $\operatorname{tg}\delta_{0,1}$ - снизился. На высоких частотах (10 кГц) влияние подсушки образца незаметно, зато просматривается явление термоокислительной деструкции полимера - рост $\operatorname{tg}\delta_{10,0}$.

Увлажнение приводит к росту $\operatorname{tg}\delta$, хотя и в разной степени для разных образцов: в наибольшей степени это происходит для образца А, извлеченного из гермозоны. Повышенные гигроскопические свойства этого образца могут быть связаны с большей степенью его окисления, которое происходило в гермозоне реактора при повышенной температуре (до 60 °С) и высокой влажности (до 98 %).

Таким образом, измерения $\operatorname{tg}\delta$ и частичных емкостей могут обладать достаточно высокой чувствительностью и информативностью для того, чтобы их можно было использовать при неразрушающем контроле состояния изоляции контрольных кабелей, важных для обеспечения безопасной эксплуатации энергетических объектов.

Выводы.

Своевременное выявленное отклонение значений параметров изоляции отдельного контрольного кабеля от нормативных, помогает спрогнозировать старение изоляции остальных кабелей, находящихся в одинаковых условиях эксплуатации, что способствует предотвращению чрезвычайных ситуаций на АС.

Определение параметров изоляции конструктивных элементов кабелей по результатам измерений сводится к решению систем уравнений, которые в общем случае являются нелинейными по отношению к искомым параметрам. Возникающая при этом неоднозначность решений представляет определенную проблему для правильной интерпретации данных. Неоднозначность можно устранить, если использовать такие схемы измерений, при которых все частичные емкости включены только параллельно. В рассмотренной же задаче было параллельно-последовательное включение частичных емкостей. Оно не могло быть сведено к параллельному включению без доступа к экранам жил.

Предотвращение чрезвычайных ситуаций на атомных станциях путем оценивания состояния изоляции кабельных изделий

Наблюдения за образцами контрольных кабелей КПЭТИнг, хранившихся на складе (С), работавших в чистой зоне (В) и в гермозоне (А) блока АЭС, а затем подвергнутых дополнительному старению, свидетельствуют о термоокислительном старении изоляции и ее гигроскопическом увлажнении. Исключения составляют образцы типа (А) (из гермозоны), для которых наблюдается снижение $\text{tg}\delta$ после термостарения, свидетельствующее о преобладании для них процессов подсушки изоляции над процессами термоокислительного старения.

Изменение значения тангенса угла диэлектрических потерь в несколько раз свидетельствует о высокой чувствительности выбранного показателя качества изоляции и эффективности предложенной выше методики его измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рудаков С.В. Статистические характеристики случайных помех при косвенных измерениях параметров частичных емкостей кабелей // Вестник НТУ «ХПИ» – Х. НТУ «ХПИ», 2002. – Вып. 9, т.3. С. 88 – 92.
2. Беспрозванных А.В., Набока Б.Г., Рудаков С.В. Контроль параметров изоляции трехфазных кабелей методом косвенных // Вестник НТУ «ХПИ» – Х. НТУ «ХПИ», 2002. – Вып. 7, т.1. С. 103-108.
3. Боев М.А. Техническая диагностика низковольтной полимерной изоляции // Труды Международной научно-технической конференции «Изоляции-99». – Санкт-Петербург, 1999. - С.19–С.20.
4. Кравченко Р.І., Коваленко В.В. Дослідження з визначення показників пожежної небезпеки систем кабельних трубопроводів, коробів та лотоків // Бизнес и безопасность. – 2005. - № 6. – С. 75.
5. Набока Б.Г. Расчеты электростатических полей в электроизоляционной технике. – Киев: ИСИО, 1995. – 120с.

*Савченко А.В., науч. сотр., УГЗУ,
Киреев А.А., канд. хим. наук, доц., УГЗУ*

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИХ СОСТАВОВ
ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
СО ВЗРЫВАМИ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТКА ВОДЫ**
(представлено д-ром техн. наук Абрамовым Ю.А.)

Обоснована перспективность применения гелеобразующих составов при ликвидации чрезвычайных ситуаций со взрывами, в условиях недостатка воды. Показано, что использование данных составов позволяет уменьшить необходимый объем огнетушащего вещества в 11-13 раз.

Постановка проблемы. В 2007 году в Украине произошло 90 пожаров и взрывов которые отнесены в категорию чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера. Вследствие этих ЧС погибло 340 и пострадало – 260 человек. Убытки составили более 130 млн. грн. Наиболее резонансная ЧС произошла г. Днепропетровске 13 октября 2007 года, где из-за взрыва бытового газа в жилом многоэтажном доме погибло 23 человека, в том числе 7 детей, пострадало 23 человека, в том числе 6 детей. Вследствие взрыва частично разрушено или повреждено 46 зданий [1].

Пожары которые начинаются после взрывов осложняют проведение аварийно-спасательных работ. Практически все пожары ($\approx 99\%$) ликвидируются с помощью воды [2]. Известно, что 80-98% подаваемой в очаг пожара воды не принимает участие в тушении, и стекает с вертикальных и наклонных поверхностей [3]. Негативным следствием взрыва может быть разрушение (повреждение) водоисточников. В таких условиях количество ОВ которое может быть подано на тушение может быть ограничено объемом воды, вывозимой в автоцистерне. Наличие на вооружении ОВ, которое имеет на порядок больший коэффициент использования, позволило бы решить эту проблему.

Анализ последних исследований и публикаций. Перечисленные недостатки подачи воды могут быть исправлены путем применения гелеобразующих составов (ГОС) [4]. Результаты исследований [5-8] свидетельствуют о перспективности применения

ГОС для тушения и предотвращения возгорания твердых горючих материалов. В работе [9] приведена модель тушения пожара постоянной площади с учетом времени повторного воспламенения, количественного и качественного состава горючей загрузки. Модель позволяет определять эффективность не только ГОС с разным массовым содержанием компонентов, но и других жидкостных средств пожаротушения. Кроме этого, в модели заложена возможность определения массы огнетушащего вещества которое будет использовано для тушения.

Постановка задачи и её решение. Исходя из проведенного анализа была поставлена задача определить перспективы применения ГОС при ликвидации ЧС со взрывами в условиях недостатка воды.

Для решения поставленной задачи используем модель тушения пожара постоянной площади с учетом времени повторного воспламенения, количественного и качественного состава горючей загрузки [9]. Где площадь повторного воспламенения ($S_{п.в.}$) рассчитывается

$$\begin{aligned} S_{п.в.} &= \sum_i^n S_{п.в.}(i) = \sum_i^n P \cdot (\tau - \tau_{п.в.(i)}) \cdot \omega(i) / (k_{п.г.} \cdot l) = \\ &= P \cdot (\tau - \sum_i^n \tau_{п.в.(i)} \cdot \omega(i)) / (k_{п.г.} \cdot l), \end{aligned} \quad (1)$$

где: $S_{п.в.}(i)$ – площадь повторного воспламенения i -го материала; P – расход ОВ; τ – время тушения; $\tau_{п.в.}$ – время повторного воспламенения; $\omega(i)$ – доля в площади покрытия i -го материала; $k_{п.г.}$ – коэффициент площади горения; l – толщина слоя нанесенного ОВ.

Примем все допущения для модели. Тогда время тушения пожара будет равно

$$\tau_{ТУШ} = \tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n, \quad (2)$$

где $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ – время тушения необходимое для обработки всех горящих поверхностей на соответствующем этапе, рассчитывается по формуле

$$\tau_n = \frac{S_{п.в.} \cdot 3l}{P}. \quad (3)$$

Очевидно, что объем огнетушащего вещества необходимого для тушения пожара будет равен

$$V_{OB} = \sum_i^n S_{П.В}(i) \cdot \tau_{ТУШ} . \quad (4)$$

Проведем расчет количества ОВ, необходимого для тушения развитого пожара в жилом секторе. Для примера рассмотрим следующую ситуацию: в жилом доме произошел взрыв газа, ударной волной разрушены все внутриквартирные перегородки. Пожар ограничен только внешними стенами.

Исходя из анализа данных приведенных в литературе [10, 11], примем следующий состав горючей загрузки

- древесина – 15,7%;
- ДВП – 15,7%;
- ДСП – 15,7%;

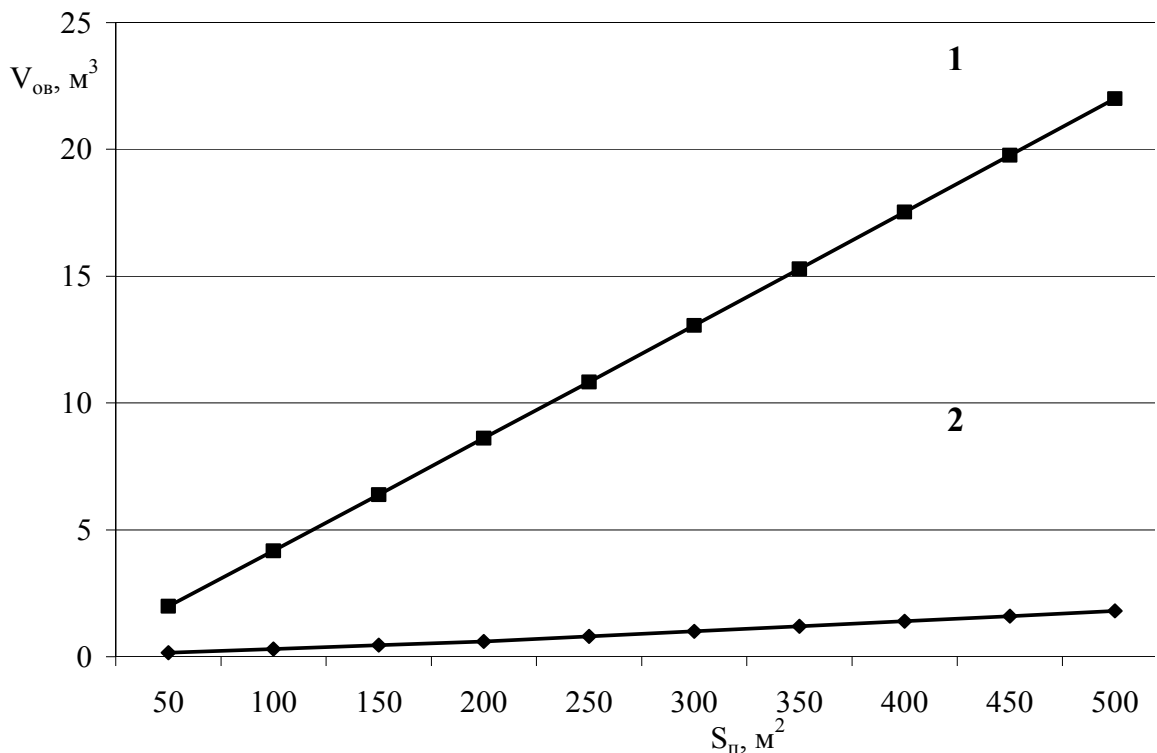


Рис. 1 – Расчетное количество ОВ, необходимое на тушение пожара постоянной площади

1 – расчетный объем воды;

2 – расчетный объем ГОС $Na_2O \cdot 2,95SiO_2$ – 2%, $CaCl_2$ – 1,3%.

ПВХ – 11,1%;

химическое текстильное волокно (лавсан) – 20,9%;

натуральное текстильное волокно (шерсть) – 20,9%.

Тушение осуществляется стволом «Б» – расход 3,7 л/с (подача ГОС возможна с использованием штатного вооружения). Коэффициент площади горения примем 3. Горящие поверхности обрабатываются ОВ толщиной 1 мм. Учитывая, что коэффициент использования ГОС около 1, l для ГОС составляет 1 мм. Для воды примем коэффициент использования 0,1, поэтому для получения соответствующего слоя необходимо подавать в 10 раз большее количество воды. Примем для воды $l=10$ мм.

Время повторного воспламенения, для материалов выбираем согласно результатам работ [5-8]. Для сравнения используем ГОС $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95\text{SiO}_2$ – 2%, CaCl_2 – 1,3% (состав с минимальным содержанием компонентов).

Рассмотрим зависимость объема ОВ, который необходим для тушения, при изменяемой площади пожара рис.1.

Из рис. 1 можно сделать вывод, что использование ГОС позволяет уменьшить количество ОВ для тушения пожара в 11-13 раз. В условиях недостатка воды данное обстоятельство может быть решающим для успешной ликвидации ЧС.

Выводы. Результаты расчетов свидетельствуют о перспективности применения ГОС при ликвидации ЧС со взрывом в условиях отсутствия (неисправности) водоисточников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Інформаційний бюлетень про надзвичайні ситуації техногенного та природничого характеру в Україні у 2007 році (державні і регіональні рівні) – К. : «Морозов», 2007 №1 – 72с.
2. Корольченко А.Я. Проблемы обеспечения пожарной безопасности жилых зданий // Пожаровзрывобезопасность. – т.13, №6 с. 21-23.
3. Тарахно О.В., Шаршанов А.Я. Фізико-хімічні основи використання води в пожежній справі. Харків. 2004.- 252с.
4. Пат. 60882 Україна, МКІ 7A62C1/00. Способ гасіння пожежі та склад для його здійснення / Борисов П.Ф., Росоха В.О., Абрамов Ю.О., Кіреев О.О., Бабенко О.В. (Україна). АПБУ.-№ 2003032600. Заявл. 25.032003; опубл. 15.10.2003, бюл. № 10, 2003.

5. Савченко О.В., Кіреєв О.О., Альбоций В.М., Данільченко В.А. Дослідження вогнезахисної дії гелевих плівок на матеріалах, розповсюджених у житловому секторі // Проблеми пожежної безпеки: Сб. науч. тр. – Харьков: УГЗУ, 2006. – Вып. 19. – С. 127 – 131.
6. Кіреєв О.О., Муравйов С.Д., Бабенко О.В. Використання гелеутворюючих складів для попередження та гасіння пожеж рослинних матеріалів // Тези доповідей науково-практичної конференції “Наглядно-профілактична діяльність в МНС України” – Харків: АЦЗУ, 2004. С. 38 – 39.
7. Савченко О.В., Кіреєв О.О. Тригуб В.В., Жернокльов К.В. Попередження надзвичайних ситуацій при горінні полівінілхлориду // Проблеми надзвичайних ситуацій: Зб. наук. праць. – Харків: УЦЗУ, 2007. – Вып. 5. – С. 177 – 181.
8. Савченко О.В., Кіреєв О.О., Луценко Ю.В. Вогнезахисна дія гелеутворюючої системи силікат натрію-хлорид кальцію на вироби з текстилю // Проблеми пожежної безпеки: Сб. науч. тр. – Харьков: УГЗУ, 2007. – Вып. 21. – С. 228 – 233.
9. Савченко О.В., Кіреєв О.О., Шаршанов А.Я. Модель гасіння пожежі постійної площі з урахуванням часу повторного займання, кількісного та якісного складу горючого завантаження // Проблеми пожежної безпеки: Сб. науч. тр. – Харьков: УГЗУ, 2007. – Вып. 22. – С. 161 – 165.
10. Ми Зуи Тхань Горючая загрузка в современных жилых помещениях // Пожаровзрывобезопасность. – 2005. Т. 14, №4 – С. 30-37.
11. Самойлов Д.Б. Управление системой обеспечения пожарной безопасности человека в жилом здании: Дис. ... канд.. техн.. наук. – М.: МИПБ МВД РФ, 1999.

УДК 614.8

*Садковой В.П., канд. психол. наук, ректор УГЗУ,
Абрамов Ю.А., д-р техн. наук, гл. науч. сотр., УГЗУ,
Тищенко Е.А., преп., ЧАПБ,
Гвоздь В.М., нач. ГУМЧС г. Черкассы*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАКЕТНОГО ОБРАЗЦА ДАТЧИКА ПЕРВИЧНЫХ ФАКТОРОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Определены временные характеристики и решена задача идентификации их параметров применительно к датчикам первичных факторов с терморезистивным чувствительным элементом

Постановка проблемы. К числу проблем применительно к процессам локализации чрезвычайных ситуаций (ЧС) относится проблема эффективного обнаружения опасных факторов таких ЧС. В этой связи существенно возрастает роль датчиков первичных факторов (ДПФ) в такой системе и, в частности, требует своего разрешения проблема, связанная с отработкой экспериментальных методов определения их динамических характеристик.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ нормативных документов применительно к ДПФ, ориентированных на входное воздействие в виде температуры, свидетельствует о том, что документы не предусматривают нормирование динамических характеристик таких датчиков [1].

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является определение временных характеристик ДПФ с терморезистивным чувствительным элементом для последующего решения задачи о их нормировании.

В качестве временных характеристик макетного образца ДПФ с терморезистивным чувствительным элементом используются зависимости его выходного сигнала от времени, обусловленные входными сигналами вида

$$\theta(t) = \theta_0 \cdot 1(t); \quad (1)$$

$$\theta(t) = \theta_0 + at, \quad (2)$$

где $\theta_0 = \text{const}$; $1(t)$ – функция Хевисайда [2], a – параметр.

Определение временных характеристик макетного образца проводилось в два этапа. На первом этапе осуществлялось определение зависимости, обусловленной температурным воздействием вида (1). С этой целью использовалась термокамера, в которой создавалась температура, равная 70°C . Погрешность установки и измерения температуры не превышала $0,5^\circ\text{C}$.

Такая величина температуры выдерживалась в термостате в течение 15 минут, а затем в нее помещался макетный образец ДПФ, и с помощью осциллографа осуществлялась запись его выходного сигнала $U(t)$. После записи выходного сигнала макетного образца ДПФ термокамера открывалась, из нее изымался макетный образец и с помощью вентиляторов производились охлаждение полости термокамеры и макетного образца до температуры окружающей среды. Затем такой цикл повторялся n раз.

Записи выходного сигнала макетного образца ДПФ обрабатывались в соответствии со следующим алгоритмом. Для каждой i -ой записи определялась разница

$$u_i(t) = U_i(t) - U_{0i}, \quad (3)$$

где U_{0i} – выходной сигнал макетного устройства ДПФ при $t = 0$, т.е. выходной сигнал макетного образца, соответствующий температуре окружающей среды.

Весь интервал времени $[0, t_{ycm.i}]$, где $t_{ycm.i}$ – время достижения установившегося значения выходного сигнала макетного образца $u_{ycm.i}$ (в экспериментах это время определялось из условия $u_i(t_{ycm.i}) = 0,95u_{ycm.i}$), разбивался на n равных частей и усреднялся по n реализациям

$$\Delta t = \frac{\sum_{i=1}^n t_{ycm.i}}{mn}. \quad (4)$$

Затем для каждого момента времени $t_j = j\Delta t$, где $j = \overline{1, m}$, определялись значения

$$\bar{H}(t_j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{u_i(t_j)}{u_{ycm.i}}; \sigma_H(t_j) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left[\frac{u_i(t_j)}{u_{ycm.i}} - \bar{H}(t_j) \right]^2}. \quad (5)$$

При проведенні експериментальних досліджень полагалось, що $n = 6$; $m = 10$.

По смыслу первое выражение в (5) представляет собой решетчатую функцию единичной переходной функции макетного образца ДПФ [2]. В табл. 1 приведены результаты определения временных характеристик макетного образца, где учтено обозначение $H_i(t_j) = u_i(t_j u_{ycm.i}^{-1})$.

Таблица 1 – Временные характеристики макетного образца ДПФ

t_j	$j\Delta t, c$									
	0,06	0,12	0,18	0,24	0,3	0,36	0,42	0,48	0,54	0,6
$H_1(t_j)$	0,23	0,42	0,59	0,71	0,76	0,85	0,87	0,94	0,93	0,97
$H_2(t_j)$	0,27	0,43	0,61	0,68	0,81	0,81	0,89	0,91	0,95	0,96
$H_3(t_j)$	0,26	0,45	0,61	0,72	0,78	0,83	0,86	0,93	0,94	0,96
$H_4(t_j)$	0,24	0,44	0,58	0,69	0,82	0,86	0,85	0,95	0,95	0,96
$H_5(t_j)$	0,25	0,41	0,62	0,74	0,79	0,82	0,89	0,91	0,97	0,96
$H_6(t_j)$	0,27	0,43	0,58	0,71	0,83	0,83	0,88	0,93	0,95	0,97
$\bar{H}(t_j)$	0,25	0,43	0,60	0,71	0,80	0,83	0,87	0,93	0,95	0,96
$\sigma_H(t_j)$	0,017	0,021	0,015	0,021	0,025	0,021	0,017	0,016	0,013	0,011
$\delta, \%$	6,8	4,9	2,5	3,0	3,1	2,5	2,0	1,7	1,4	1,1

В этой же таблице приведены данные об относительной погрешности определения временной характеристики макетного образца ДПФ, которые вычислялись в соответствии с выражением

$$\delta = \sigma_H(t_j) [\bar{H}_j(t_j)]^{-1}. \quad (6)$$

Анализ свидетельствует о том, что решетчатая функция, соответствующая единичной переходной функции макетного образца ДПФ, определена с погрешностью, не превышающей 6,8%.

Решетчатая функция $\bar{H}(t_j)$ аппроксимировалась функцией вида

$$H(t) = a + b \exp(ct), \quad (7)$$

где a , b , c – параметры.

Решение задачи идентификации этих параметров с помощью пакета NUMERl показала, что

$$a = 0,998; b = -1,009; c = -4,887 \text{ с}^{-1}, \quad (8)$$

а величина среднеквадратической погрешности не превышает 4,6%.

На втором этапе осуществлялось определение зависимости, обусловленной температурным воздействием вида (2). С этой целью использовалась термокамера.

Макетный образец ДПФ помещался в термокамеру, температура в которой изменялась со скоростью $a = 0,5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$. Погрешность формирования скорости изменения температуры в термокамере не превышала 10%.

С помощью осциллографа осуществлялась запись выходного сигнала макетного образца. После его записи макетный образец изымался из термокамеры, и с помощью вентилятора производилось охлаждение полости камеры и макетного образца ДПФ до температуры окружающей среды. Затем цикл повторялся n раз.

Записи выходного сигнала макетного образца ДПФ обрабатывались следующим образом. Для каждой i -ой записи определялась разница, аналогичная (3). Здесь интервал времени $[0, t_{\text{уст. } i}]$, где $t_{\text{уст. } i}$ – момент времени, начиная с которого выходной сигнал макетного образца ДПФ изменяется с постоянной скоростью, разбивался на m равных частей и усреднялся по всем n реализациям (аналогично выражению (4)), т.е. определялся интервал времени Δt . Для каждого момента времени $t_j = j\Delta t$, где $j = \overline{1, m}$, определялись значения

$$q(t_s) = \frac{1}{n\beta} \sum_{i=1}^n u_i(t_j); \sigma_q(t_j) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left[\frac{u_i(t_j)}{\beta} - q \right]^2}. \quad (9)$$

Здесь β – масштабный множитель.

По смыслу первое выражение в (9) представляет собой решетчатую функцию временной характеристики макетного образца ДПФ, обусловленной температурным воздействием вида (2).

В табл. 2. приведены результаты определения временной характеристики такого вида, где $q_i(t_j) = u_i(t_j)\beta^{-1}$.

Погрешность δ определялась по формуле

$$\delta = \sigma_q(t_j)[q(t_j)]^{-1}. \quad (10)$$

Таблица 2 – Временные характеристики макетного образца ДПФ

t_j	$j\Delta t, c$									
	0,06	0,12	0,18	0,24	0,3	0,36	0,42	0,48	0,54	0,6
$q_1(t_j)$	0,005	0,016	0,029	0,047	0,062	0,097	0,126	0,142	0,174	0,201
$q_2(t_j)$	0,006	0,018	0,034	0,046	0,058	0,094	0,129	0,147	0,171	0,194
$q_3(t_j)$	0,004	0,014	0,024	0,051	0,064	0,099	0,123	0,138	0,168	0,211
$q_4(t_j)$	0,007	0,021	0,033	0,052	0,065	0,101	0,131	0,149	0,179	0,204
$q_5(t_j)$	0,003	0,012	0,024	0,041	0,057	0,089	0,119	0,137	0,169	0,203
$q_6(t_j)$	0,006	0,014	0,027	0,039	0,064	0,095	0,121	0,147	0,180	0,204
$\bar{q}(t_j)$	0,005	0,016	0,028	0,046	0,062	0,096	0,124	0,143	0,174	0,203
$\sigma_q(t_j)$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
$\delta, \%$	29,6	18,7	14,3	10,9	9,7	4,2	4,0	3,8	2,9	2,5

Анализ свидетельствует о том, что величина погрешности определения временной характеристики такого вида не превышает 29,6%. Увеличение погрешности определения временной характеристики, обусловленной температурным воздействием вида (2), по сравнению со случаем, когда температурное воздействие описывается выражением (1), обусловлено следующими факторами.

○ Слабой чувствительностью макетного образца ДПФ к изменению входного воздействия в интервале времени, принадлежащем начальной фазе переходного процесса.

○ Вариациями величины скорости изменения температуры в термокамере в более широком диапазоне – до 10% по сравнению с диапазоном вариаций величины температуры в термокамере – до 5 %.

Решетчатая функция $q(t_j)$ аппроксимируется функцией вида

$$q(t) = \sum_{i=2}^3 a_i t^i, \quad (11)$$

где a_i – параметры.

Решение задачи идентификации параметров a_i с помощью пакета Maple показало, что

$$a_2 = 0,93 \text{ с}^{-2}; a_3 = -0,63 \text{ с}^{-3}, \quad (12)$$

а величина среднеквадратической погрешности не превышает 1%.

Сравнение временных характеристик (7) и (11) соответственно (со значениями параметров (8) и (12)) с аналогичными временными характеристиками, полученными теоретическим путем, в частности, с

$$\theta_1(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right); \quad (13)$$

$$\theta_2(t) = a \left[t - \tau \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right) \right], \quad (14)$$

свидетельствует о том, что среднее значения погрешности рассогласования между (7) и (13), а также между (11) и (14) не превышает соответственно 3% и 7%. При этом величина постоянной времени τ , определенная теоретическим путем, принималась равной 0,2 с.

Выводы. Экспериментальным путем получены временные характеристики ДПФ с терморезистивным чувствительным эле-

ментом, решена задача идентификации их параметров и показано, что для величины постоянной времени, равной 0,2 с, погрешность рассогласования этих характеристик с характеристиками, определенными аналитически, не превышает 7%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.А., Гвоздь В.М. Терморезистивные тепловые пожарные извещатели с улучшенными характеристиками и методы их температурных испытаний. – Х.: АГЗУ, 2005. – 121 с..
2. Абрамов Ю.А. Основы пожарной автоматики. – Х.: ХИПБ, 1993. – 288 с.

УДК 331. 101

*Стрелец В.М., канд. техн. наук, доц., УГЗУ,
Бородич П.Ю., преп., УГЗУ*

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АППАРАТА Е-СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ В МЕТРОПОЛИТЕНЕ

(представлено д-ром физ.-мат. наук Яковлевым С.В.)

Использование аппарата Е-сетей позволяет при проведении имитационного моделирования аварийно-спасательных работ в метрополитене отразить закономерности их организации и проведения

Постановка проблемы. Процесс аварийно-спасательных работ в метрополитене (АСРМ) в случае возникновения там чрезвычайной ситуации представляет собой функционирование системы «спасатель – средства спасения и защиты – экстремальная среда на станциях метрополитена», которая обеспечивает спасение людей, в том числе из непригодной для дыхания среды, и ликвидацию чрезвычайной ситуации. Совершенствование рассматриваемого процесса требует его комплексной оценки.

Анализ последних исследований и публикаций. С комплексных позиций процесс аварийно-спасательных работ как процесс функционирования сложной человеко-машинной системы

рассматривался в [1,2,3]. Там отмечено, что для объективной оценки такого процесса необходимо проанализировать большое количество взаимозависимых промежуточных работ, которые обеспечивают тушение, эвакуацию и спасание (при необходимости) пострадавших. Совокупность этих действий представляет сложную динамическую управляемую систему, исследование которой целесообразно делать с помощью соответствующей имитационной модели.

В то же время, модель боевых действий пожарных подразделений, разработанная в [4] для случая тушения пожара вагона, который находится на платформе, не рассматривает вопросы спасения пассажиров и сотрудников метрополитена, события в ней не носят вероятностный характер. Имитационная модель [5], опирающаяся на сети Петри, боевых действий по тушению звеном ГДЗС пожара на электроподстанции метрополитена, не подходит для большинства других аварийных и чрезвычайных ситуаций в метро, которые носят вероятностный характер развития ситуации.

Кроме этого, особенностями сетей Петри [6] является то, что переход не разрешается, если входная функция не обладает достаточным количеством маркеров, т.е. не выполнены все условия. Маркер должен быть помещен в каждую из его выходных позиций. Однако при АСРМ требуемые операции реализуются как при выполнении полного набора условий, так и при неполном выполнении некоторых из них (например, сотрудники станции должны включить эскалаторы на подъем, однако пассажиры могут эвакуироваться и по выключенным эскалаторам).

Развитием сетей Петри в направлении учета вероятностного характера развития рассматриваемой ситуации и расширения типов переходов является научно-методический аппарат Е-сетей [7], который состоит из четырех элементов: множества позиций, множество переходов, входных и выходных функций. Характерной особенностью этого аппарата является введение дополнительных элементов, представляющих собой макропозиции. Последние представляют собой некоторые подсети, которые на верхнем уровне можно рассматривать как простые позиции. Одной из самых важных макропозиций, вводящихся в Е-сетях, является генератор, который представляет собой краевую неконечную позицию сети, обеспечивающей появление маркеров во времени согласно какому-либо закону. При этом можно применять как постоянную периодическую генерацию, так и генерации, основанные на любых

Анализ возможностей аппарата Е-сетей для проведения имитационного моделирования аварийно-спасательных работ в метрополитене

законах случайного распределения (равномерном, нормальном, экспоненциальном, Пуассона, Эрланга...).

Постановка задачи и ее решение. Исходя из этого, поставлена задача проверки возможностей использования переходов конкретного типа, реализуемых аппаратом E-сетей, для описания типовых ситуаций, которые имеют место в процессе проведения АСРМ, с последующей разработкой соответствующего графа.

Ниже приводится анализ возможностей использования переходов конкретного типа, реализуемых аппаратом E-сетей, для описания типовых ситуаций, которые могут иметь место в ходе АСРМ. За основу была взята совокупность мероприятий, рассмотренная в [8].

Так, например, T-переход запускается, или когда при свободной выходной позиции маркер попадает во входную позицию, или когда при занятой входной позиции маркер покидает выходную позицию. В модели такой переход реализуется в самом начале: входной позицией будет p_1 – обнаружение пожара, переходом будет t_1 – оповещение машиниста о пожаре и выходной позицией – p_2 – машинист оповещен (здесь и далее t_k - k -тое действие, а p_e - e -тое условие).

Условные переходы объединения описываются с помощью J-перехода, при запуске которого должны выполняться два входных условия. Данный тип перехода целесообразно использовать для моделирования ситуаций, примером которой будет случай, когда движению газодымозащитников на станцию (действие t_{19}) должно предшествовать соединение спасателей сцепкой (условие p_{31}) и получение допуска на вход от сотрудников станции (условие p_{32}). Выходным условием p_{33} является достаточное количество воздуха или кислорода в изолирующих аппаратах и подготовленность спасателей.

Ситуация раздвоения может быть реализована с помощью F-перехода, поскольку при его запуске может быть образован новый маркер. Обе выходные позиции F-перехода должны быть свободными для того, чтобы переход мог быть запущен маркером из входной позиции. После запуска F-перехода обе выходные позиции заняты, а входная позиция свободна. Выполнение F-перехода происходит при моделировании подготовки горноспасателей к работе t_{26} . Входным условием будет p_{40} – горноспасатели прибыли, а исходящими условиями будут p_{41} – представитель горноспасате-

лей готов включиться в работу штаба и p_{44} – горноспасатели готовы спускаться на станцию.

T-, J-, F-переходы запускаются только тогда, когда все входные позиции маркированы, а выходные – свободны. При этом по истечении времени запуска перехода все выходные позиции маркируются, а маркировка входных позиций упраздняется. Атрибуты маркера в выходных позициях определяются с помощью процедуры перехода.

Для ситуации, когда нужно выбрать одну из двух альтернативных позиций, в аппарате E-сетей используется X-переход, который определяет один из двух возможных путей продвижения маркера. Если альтернативная позиция пуста, то следует выбрать путь "A→C"; если альтернативная позиция занята, то выбирается путь "A→D". Примером X -перехода для модели будет t_{37} – включение аварийного режима вентиляции. Условием для выполнения этого действия будет p_{37} – сотрудники метрополитена знают о необходимости включения аварийного режима вентиляции. В свою очередь это действие порождает следующие условия: p_{63} – дым удален и p_{64} – вентиляция не справляется с дымом.

Y-переход используется аналогично T-переходу, однако при этом, не считая альтернативной позиции, занимается только одна входная позиция. Если одновременно заняты две входные позиции, то приоритет устанавливается альтернативной позицией. Если при этом альтернативная позиция не определена, то приоритет устанавливается по старшинству. Примером использования перехода в имитационной модели будет ситуация t_{43} – движение сотрудников станции, участвовавших в тушении пожара к выходу. Первым условием для выполнения перехода может быть p_{20} – сотрудники станции не умеют соединить рукава или нет стволов и рукавов на станции, другим условием – p_{22} – осложнение обстановки на пожаре.

В табл. 1 приведены схемные реализации простых переходов, которые имеют место в процессе АСРМ. Для более сложных случаев в модели используются макро-переходы (табл. 2).

Так, макро-J-переход (MJ) и макро-F-переход (MF) имеют больше двух входных или выходных позиций. Оба типа перехода запускаются только тогда, когда все входные позиции заняты, а все выходные пусты. Время запуска и процедура перехода одинаково определяется для простых и макро-переходов. Примером использования макро-J-перехода (MJ) служит t_{38} - движение пасса-

жиров вместе с сотрудниками станции по соседнему тоннелю на другую станцию или к вентиляционным камерам. Он реализуется лишь при выполнении следующих условий: p_{61} - пассажиры готовы эвакуироваться по тоннелю, p_{62} - сотрудники метрополитена знают о допустимости эвакуации пассажиров по соседнему тоннелю на другую станцию или через вентиляционные шахты, p_{63} - дым в эвакуационном тоннеле отсутствует. Выходным условием будет p_{65} – сотрудники метрополитена вывели пассажиров к вентиляционной камере или на соседнюю станцию. Макро-F-переход (MF) в модели реализуется, например, как t_2 – действие машиниста по инструкции. Входная позиция: p_2 – машинист оповещен о ЧС, выходные позиции: p_3 - диспетчер станции оповещен, p_4 - машинист готов ликвидировать ЧС подручными средствами, p_5 - машинист может по громкоговорящей связи оповестить пассажиров об их действиях.

Аналогично, макро-X-переход (например, t_6 - анализ машинистом результатов тушения огнетушителями из кабины; входное условие p_8 - машинист приостанавливает тушение пожара огнетушителями, а выходное условие – любое из: p_9 - пожар не потушен, но огнетушители в кабине еще есть; p_{10} - пожар потушен машинистом огнетушителями из кабины; p_{11} - пожар не потушен, при этом нет заряда в огнетушителях из кабины) и макро-Y-переход (например, действие t_7 - движение сотрудников метрополитена к пожарному крану; выполняется при любом из: p_7 - нет огнетушителей в кабине или машинист не умеет ими пользоваться, p_{11} - пожар не потушен, при этом нет заряда в огнетушителях из кабины, p_{13} - отсутствие рабочих огнетушителей на станции или персонал станции не умеет пользоваться ими, p_{17} - пожар не потушен, нет заряда в огнетушителях со станции; переходом порождается p_{19} - сотрудники метрополитена подбежали к пожарному крану) являются простыми расширениями X- и Y- переходов. Однако значение альтернативной позиции макро-перехода определяется несколько иначе, чем для простейших переходов. Если, например, макро-X-переход имеет n выходных позиций, то значение альтернативной позиции этого перехода изменяется от 1 до n . Если альтернативная позиция указывает на позицию с номером m , а эта позиция пуста, то опрашиваются циклически все входные или выходные позиции.

Таблиця 1 – Схеми простих переходов

Тип переходу	Графічне представлення	Схема
Т-переход (виконання) T(A, C)		$(1,0) \rightarrow (0,1)$
Ж-переход (об'єднання) J(A, B, C)		$(1,1,0) \rightarrow (0,0,1)$
Ф-переход (роздвоєння) F(A, C, D)		$(1,0,0) \rightarrow (0,1,1)$
Х-переход (розділення на частини) X(R, A, C, D)		$(0,1,0,0) \rightarrow (E,0,1,0)$ $(0,1,0,1) \rightarrow (E,0,1,1)$ $(0,1,1,0) \rightarrow (E,0,1,1)$ $(1,1,0,0) \rightarrow (E,0,0,1)$ $(1,1,1,0) \rightarrow (E,0,1,1)$ $(1,1,0,1) \rightarrow (E,0,1,1)$
У-переход (вибір) Y(R, A, B, C)		$(0,1,0,0) \rightarrow (E,0,0,1)$ $(0,1,1,0) \rightarrow (E,0,1,1)$ $(0,0,1,0) \rightarrow (E,0,0,1)$ $(1,0,1,0) \rightarrow (E,0,0,1)$ $(1,1,1,0) \rightarrow (E,1,0,1)$ $(1,1,0,0) \rightarrow (E,0,0,1)$

Изложенное выше позволяет граф имитационной модели АСРМ, опирающейся на использование аппарата Е-сетей, представить в виде, который приведен на рис. 1. Начальным событием модели является событие «ЧС обнаружена», заканчиваются АСР событием «Оказание медицинской помощи пострадавшим».

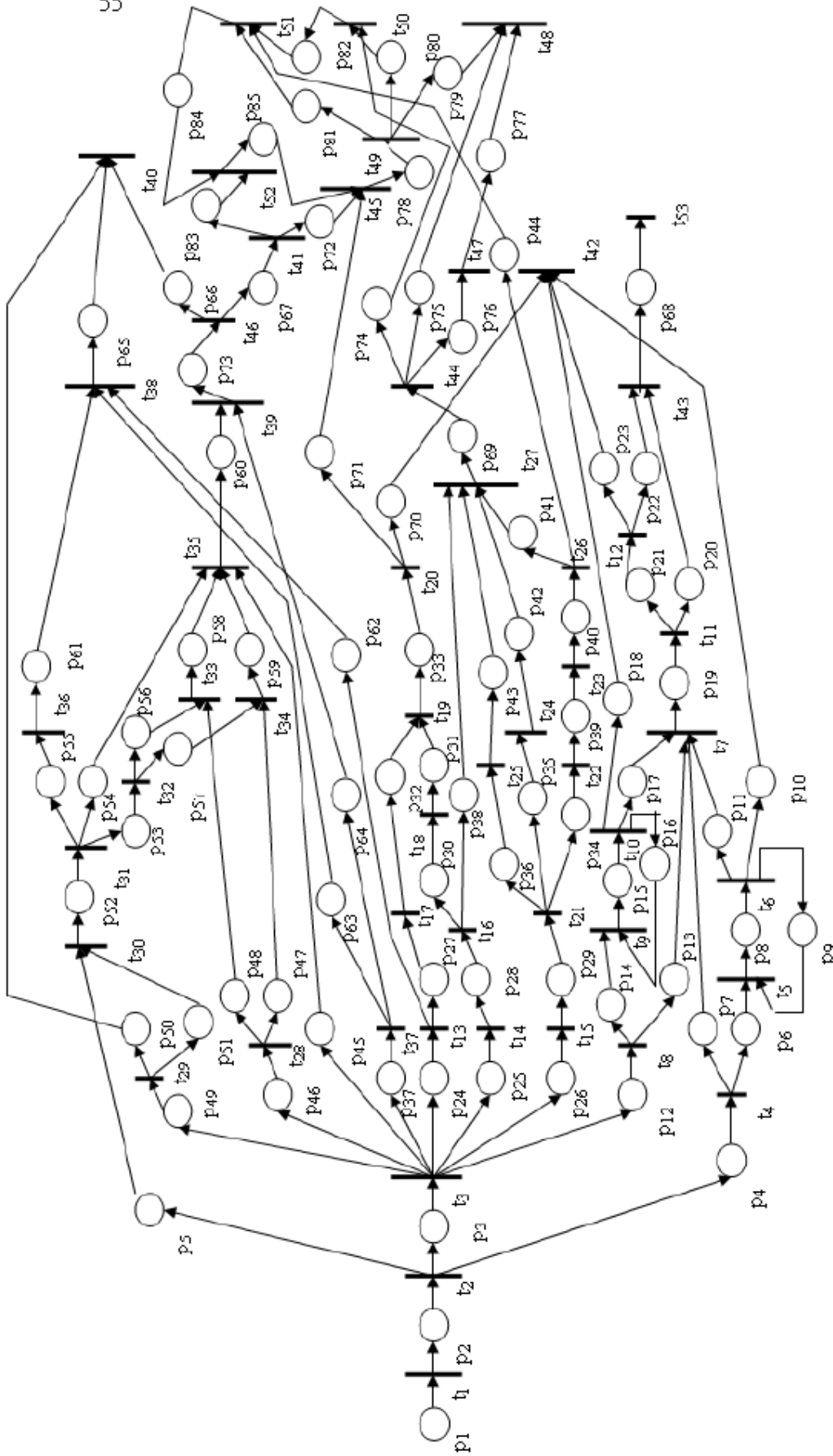
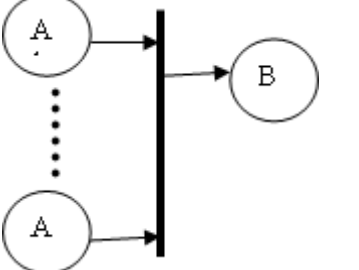
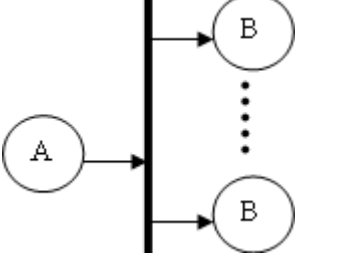
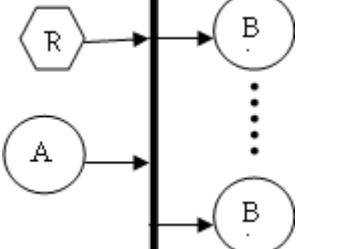
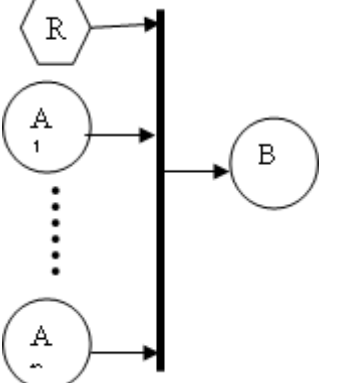


Рис. 1 – Граф имитационной модели проведения аварийно-спасательных работ на станциях метрополитена

на

Таблиця 2 – Схеми макропереходов

Тип переходу	Графічне представлення	Схема
MJ-переход (об'єднання) $MJ(A_1, \dots, A_n, B)$		$(1, \dots, 1, 0) \rightarrow (0, \dots, 0, 1)$
MF-переход (розмноження) $MF(A, B_1, \dots, B_n)$		$(1, 0, \dots, 0) \rightarrow (0, 1, \dots, 1)$
MX-переход (розділення на частини) $MX(R, A, B_1, \dots, B_n)$		$(m, 1, F, \dots, 0, \dots, F) \rightarrow$ $\quad \quad \quad \backslash$ $\quad \quad \quad B_m$ $\quad \quad \quad /$ $(E, 0, F, \dots, 1, \dots, F)$
MY-переход (вибір) $MY(R, A_1, \dots, A_n, B)$		$(m, F, \dots, 1, F, \dots, F, 0) \rightarrow$ $\quad \quad \quad \backslash$ $\quad \quad \quad A_m$ $\quad \quad \quad /$ $(E, F, \dots, 0, F, \dots, F, 1)$ $(m, F, \dots, 0, 1, F, \dots, 0) \rightarrow$ $\quad \quad \quad / \quad \backslash$ $\quad \quad \quad A_m \quad A_t$ $\quad \quad \quad \backslash \quad /$ $(E, F, \dots, 0, 0, F, \dots, 1)$

Висновки. Показано, що особливістю імітаційного моделювання аварійно-спасател ьних робіт в метрополітені являється можливість представлення розглянутого процесу в вигляді Е-графу з різними типами переходів (простими, умовними,

раздвоения, альтернативными), тупиками, замкнутыми циклами и вероятностным характером развития ситуации.

Использование аппарата Е-сетей позволило разработать графическую модель, в которой впервые отражены закономерности организации и проведения аварийно-спасательных работ в метрополитене.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.А., Чучковский В.Н., Стрелец В.М. Имитационная оценка деятельности боевых расчетов пожарных автомобилей // Эргономика на автомобильном транспорте: Сб. науч. тр. – Харьков, ХГАДТУ, 1997. – С. 92-95.
2. Чучковский В.Н. Разработка методов обоснования штатной численности боевых расчетов пожарных автомобилей: Диссертация, канд.техн.наук: 21.06.02; - Защищена 21.04.1998; Затв. 21.07.1998. // ХИПБ.– Харьков, 1998.– 155 с.
3. Стрелец В.М., Грицай В.Б. Статистический метод обоснования нормативов боевого развертывания пожарно-технического вооружения // Право і безпека: Науковий журнал – 2002. – Вип.1. –С.165-171.
4. Даниленко А.С. Модель боевых действий пожарных подразделений // Пожарная опасность подвижного состава метрополитенов и железных дорог: Сб.науч.тр. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1990. С. 46 –53.
5. Бондарев В.Ф., Семенов В.В. Имитационное моделирование боевых действий по тушению пожаров на электроподстанциях метрополитена // Пожарная безопасность метрополитенов: Сб.науч.тр. – М.: ВНИИПО, 1989. – С. 44-59.
6. Котов В.Е. Сети Петри. – М.: Наука, 1984.- 171 с.
7. Костин А.Е. Принципы моделирования сложных дискретных систем. – М.: Изд. МИЭТа, 1983. – 107с.
8. Стрелець В.М., Бородич П.Ю. Імітаційна оцінка ефективності пожежогасіння на станціях метрополітену// Комунальне господарство міст: Наук.-техн. зб.– К.: Техніка, 2004. – Вип. 55. - С. 229-239.

*Тарадуда Д.В., ад'юнкт, УЦЗУ,
Шевченко Р.І., канд. техн. наук, нач. каф., УЦЗУ*

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ МІСТА ХАРКОВА, ДО СКЛАДУ ЯКИХ ВХОДЯТЬ АМІАЧНІ ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ, ТА МЕТОДІВ ЇЇ ОЦІНКИ

(представлено д-ром фіз.-мат. наук Созніком О.П.)

Проведено аналіз потенційної небезпеки об'єктів м. Харкова, до складу яких входять аміачні холодильні установки, та їх впливу на інфраструктуру і населення. Запропоновано підхід до оцінки хімічної небезпеки потенційно небезпечних об'єктів, що базується на технічних, територіально-демографічних критеріях та критеріях зовнішнього впливу.

Постановка проблеми. Забезпечення надійного захисту об'єктів та населення від небезпек техногенного характеру не можливе без проведення постійного аналізу та довгострокового прогнозування стану надійності небезпечних об'єктів, їх систем безпеки та можливих наслідків у разі виникнення аварії. Для виконання цих завдань необхідна дієва та ефективна методика оцінки хімічної небезпеки потенційно небезпечних об'єктів та територій України, яка на сьогоднішній день відсутня.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існуюча система класифікації як об'єктів, до складу яких входять аміачні холодильні установки зокрема, так і усіх інших потенційно небезпечних об'єктів, здійснюється лише за ступенем хімічної небезпеки, де єдиним показником виступає кількість населення, яка може опинитись (мешкає) у зоні можливого хімічного зараження [5]. Цей показник є суб'єктивним і не може виступати об'єктивним критерієм класифікації об'єктів і території та відповідно прийматися у подальших розрахунках як можливих збитків, так і коштів та заходів, які повинні бути передбачені на їх ліквідацію.

Ступінь хімічної небезпеки в Україні у порівнянні з 2002 та 2003 роками (II ступінь) зменшився та відповідає III ступеню у 2004 та 2005 роках [1], але, проаналізувавши зміну кількості населення по регіонах України, можна вважати, що це явище пов'язане лише із зменшенням кількості населення, яке мешкає у зоні можливого хімічного зараження [6-10].

Аналіз потенційної небезпеки об'єктів міста Харкова, до складу яких входять аміачні холодильні установки, та методів її оцінки

У публікації [2] автори також звернули увагу на вищеописану тенденцію і пропонують здійснювати оцінку хімічно небезпечного стану об'єктів за допомогою багатокритеріальної методи, яка базується на вивченні та аналізі динаміки негативних збитків, що прогножуються. Але запропонована методика по-перше не враховує можливості виникнення аварії на сусідніх об'єктах з подальшим каскадним розвитком аварії (що на сьогодні є дуже актуальним, враховуючи велику щільність забудови та техногенну перевантаженість регіонів), імовірність відмови технологічного обладнання, систем контролю параметрів, та запобігання виникнення аварій, по-друге коефіцієнти запропонованої методика не мають чітко визначених граничних значень, при досягненні яких можливість виникнення аварії різко зростає.

Постановка завдання та його вирішення. Метою роботи є аналіз хімічно небезпечного стану об'єктів міста Харкова (як потенційно небезпечних об'єктів), до складу яких входять аміачні холодильні установки (АХУ).

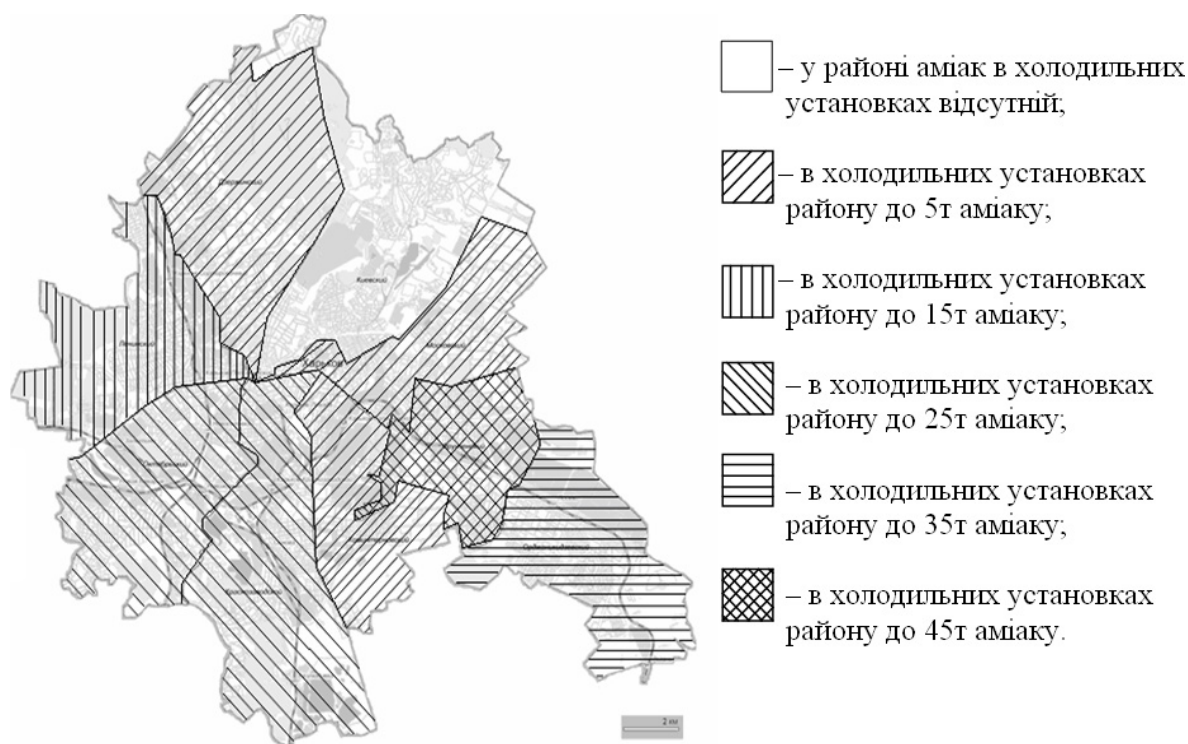


Рис. 1 – Розподіл кількості аміаку по районах міста Харкова

На рис. 1 наведено дані про кількість аміаку, який знаходиться в холодильних установках міста Харкова станом на 01.06.2007. Як видно на рисунку майже у кожному районі міста у

холодильних установках знаходиться аміак в кількості достатній, при виникненні аварії не тільки на об'єкті, що знаходиться в цьому районі, але і на об'єктах сусідніх районів, завдати особливо великих матеріальних збитків, а головне, враховуючи існуючу інфраструктуру міста та наявність у зоні ураження численної кількості об'єктів з масовим перебуванням людей (ОМПЛ) (табл. 1), призвести до загибелі та ураження значної кількості людей.

Проаналізувавши дані табл. 1, можна дійти висновку, що при виникненні аварії на об'єкті, який містить АХУ в зону ураження безумовно потрапляє велика кількість шкіл, дитсадків (**в яких можуть перебувати діти**, якщо аварія трапилась вдень) та інших не менш важливих ОМПЛ. Також в зону ураження можуть потрапити об'єкти інфраструктури міста, такі як автостанції, залізничні станції, а особливо, враховуючи фізичні властивості аміаку станції метрополітену та ін.

Шляхи вирішення питання пов'язані із створенням єдиної дієвої методики оцінки потенційної небезпеки об'єктів з АХУ зокрема, а також усіх хімічно-небезпечних об'єктів в цілому.

Переважає більшість існуючих методик оцінки потенційної небезпеки об'єктів [3,11,12] основним критерієм приймає кількість населення, що може потрапити в зону зараження, яка обчислюється за формулою

$$P^0 = S_{\phi} \left[\frac{G_{\text{зоп}}}{G} \cdot \Delta \cdot K + \left(1 - \frac{G_{\text{зоп}}}{G} \right) \cdot \Delta' \cdot K' \right],$$

де P^0 — загальні втрати населення в осередку зараження хімічно небезпечною речовиною, чол.; S_{ϕ} — площа зони фактичного зараження хімічно небезпечною речовиною; G — загальна глибина поширення хмари зараженого повітря, км; $G_{\text{зоп}}$ — глибина поширення хмари зараженого повітря в місті, км; Δ — середня щільність населення в місті, чол/км²; Δ' — середня щільність населення в заміській зоні (ЗЗ), чол/км²; K — частка незахищеного населення в місті

$$K = 1 - n_1 - n_2,$$

де n_1 — частка населення, забезпеченого протигазами, у місті; n_2 — частка населення, забезпеченого притулками, у місті; K' —

Таблиця 1 – Зведені дані про можливі місця ураження при аварії на об'єкті з АХУ

	Кількість ПНО	Кількість аміаку, т	Об'єкти з масовим перебуванням людей						Інфраструктура			
			Школи	Дитсади	Лікарні	Театри	Кінотеатри	ВНЗ	Станції метрополітену	Залізничні станції	Автостанції	
Київський район	-	-	28	24	5	4	-	13	8	-	1	
Комінтернівський район	1	1	24	23	3	-	1	4	4	1	1	
Орджонікідзевський район	3	27	20	24	1	-	1	-	2	2	1	
Держинський район	3	3,7	22	24	4	2	4	17	3	-	-	
Жовтневий район	4	16	21	22	3	-	-	1	0	4	-	
Московський район	1	2	26	23	4	-	2	3	3	-	-	
Ленінський район	4	8,3	27	23	4	1	2	1	3	2	1	
Червонозаводський район	3	20,5	18	19	3	-	-	2	1	4	1	
Фрунзенський район	5	40,8	25	21	5	-	1	-	4	-	-	
Всього по місту	24	119,3	211	203	32	7	11	41	28	13	5	

Тарадуда Д.В., Шевченко Р.І.

$$K' = 1 - n'_1 - n'_2,$$

де n'_1 — частка населення, забезпеченого протигазами, в ЗЗ; n'_2 — частка населення, забезпеченого притулками, в ЗЗ.

Але такий підхід до оцінки потенційної небезпеки є поверхневим і не дає інформації про реальний стан забезпечення безпеки об'єкта, а лише показує можливі втрати населення при виникненні аварії.

Більш сучасною та багатогранною методикою оцінки безпеки потенційно небезпечних об'єктів є Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки (надалі Методика) [4]. Окрім визначення масштабів наслідків вона включає аналіз небезпеки та умов виникнення аварій, оцінку ризику виникнення аварій, аналіз умов і оцінка ймовірності розвитку аварій, оцінку ймовірності наслідків аварій. Але Методика має ряд недоліків:

- можливість застосування її у повному обсязі лише для об'єктів підвищеної небезпеки першого класу та частково для об'єктів другого класу, які визначаються за параметрами методик [3,11,12];

- не приділяється увага визначенню зовнішніх чинників ініціювання аварії, таких як імовірність виникнення аварії на сусідньому об'єкті;

- відсутнє визначення необхідних показників.

Методика аналізу хімічно небезпечного стану об'єктів повинна базуватися на декількох критеріях, які мають чітко визначені граничні значення та у загальному вигляді можна віднести до наступних блоків, а саме:

- **блок технічних критеріїв** – імовірності відмови технічних засобів контролю параметрів технологічного процесу та систем попередження виникнення аварій, імовірності відмови технологічного обладнання в результаті зношеності виробничих фондів, яка на сьогодні складає від 80% до 100% [2], та критерій особливостей технологічного процесу;

- **блок територіально-демографічних критеріїв** – динаміка зміни кількості населення, що проживає в зоні можливого зараження, імовірність загибелі в зоні зараження як даного

об'єкта, так і сусідніх, людей, що проживають в розглянутому регіоні (як наслідок порушення інфраструктури міста та поширення можливої зони аварії, перехід її на вищий рівень складності);

– **блок критеріїв зовнішнього впливу** – імовірність виникнення НС з викидом аміаку в результаті каскадного розвитку аварії на сусідньому об'єкті, що є актуально, враховуючи велику щільність забудови, яка існує на сьогодні (технологічна переважаність Харкова представлена на прикладі Ленінського району на рис. 2).

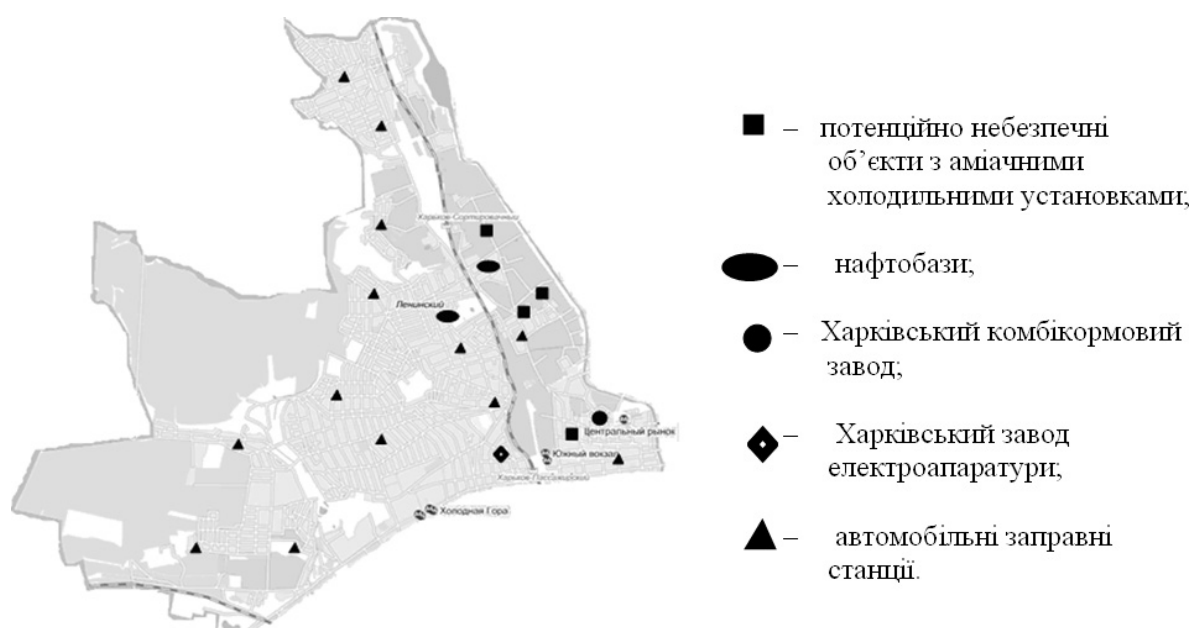


Рис. 2 – Розміщення потенційно небезпечних об'єктів Ленінського району міста Харкова

Запропонований підхід дає можливість у кожному потенційно небезпечному об'єкті аналізувати технологічне середовище з небезпечними речовинами, їх фізико-хімічні, теплофізичні та інші властивості, наведені в науково-технічній, довідковій і нормативно-технічній літературі, що свідчать про їх небезпеку. При цьому повинно розглядатися не тільки можливість прояву небезпечних властивостей при виході речовин за межі апаратури та контакті з атмосферою, але й можливість небезпечних процесів в апаратах і трубопроводах, у тому числі можливість протікання некерованих реакцій.

Повинні визначатися режими та відхилення в технологічній системі, що є причиною виникнення умов, за яких можлива реалізація небезпечних властивостей речовин.

На підставі аналізу можливих відхилень виявляються небезпечні події, що призводять до виникнення та розвитку аварій (події, що ініціюють виникнення аварій) та складається їх перелік.

Для визначення імовірності виникнення аварій для кожної ініціюючої події повинна виконуватися оцінка імовірності її реалізації.

Для визначення можливості виникнення аварії в результаті зовнішніх впливів повинна враховуватися імовірність виникнення аварії на сусідньому об'єкті (якщо об'єкт, що розглядається потрапляє в зону його можливого ураження) та можливість каскадного розвитку аварії внаслідок пошкодження міської інфраструктури.

Наступним етапом оцінки безпеки об'єкта є аналіз умов і оцінка імовірності виникнення та розвитку аварій. На цьому етапі на основі оцінки ймовірності спрацювання і відмови засобів попередження аварії та помилок персоналу визначається ймовірність розвитку аварії.

Для кожного результату визначаються можливі умови реалізації (параметри витікання чи інші умови викиду, час витікання чи викиду, маса викиду, площа протоки, погодні умови і т. ін.), за яких моделюються аварії та визначаються значення вражаючих факторів, зони їх дії та можливі наслідки.

Визначаються границі коливань коефіцієнтів впливу на безпеку об'єкта та допустимий їх рівень.

На основі отриманих коефіцієнтів впливу оцінюється загальний стан безпеки об'єкта та, у разі потреби, розглядаються рішення щодо впровадження запобіжних заходів з метою зниження останніх до прийняттого безпечного рівня.

Висновки. Проведений аналіз потенційної безпеки об'єктів м. Харкова, до складу яких входять аміачні холодильні установки та їх впливу на інфраструктуру і населення свідчить про актуальність проблеми створення єдиної комплексної методики оцінки потенційної безпеки хімічно небезпечних об'єктів в цілому, та об'єктів, до складу яких входять аміачні холодильні установки зокрема, внаслідок майже цілковитого зношення технологічного обладнання, великої кількості отруйних та пожежовибухонебезпечних речовин та розгалуженої системи міської інфраструктури із значною кількістю ОМПЛ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.О., Тютюник В.В., Шевченко Р.І. Аналіз хімічно небезпечного стану регіонів України // Проблеми надзвичайних ситуацій. - 2006. - № 4. - С. 16 - 29.
2. Кірючкін О.Ю., Мурін М.М., Тютюник В.В., Шевченко Р.І. Оцінка багатокритеріальної методики аналізу хімічно небезпечного стану об'єктів та регіонів України // Проблеми надзвичайних ситуацій. - 2007. - № 6. - С. 62 - 73.
3. Методическое пособие по прогнозированию и оценке химической обстановки в чрезвычайных ситуациях. Ивановская государственная текстильная академия, Иваново – 2001. – С. 21.
4. Наказ Міністерства праці та соціальної політики України №637 від 04.12.2002 «Про затвердження Методики визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки».
5. Наказ Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, Міністерства аграрної політики України, Міністерства економіки України, Міністерства екології та природних ресурсів України від 27 березня 2001 року №73/82/64/122 «Про затвердження Методики прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті».
6. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2002 році” – Київ. Чорнобильінтерінформ, 2003. – С. 291.
7. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2003 році” - Київ. Чорнобильінтерінформ, 2004. – С. 435.
8. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2004 році” - Київ. Чорнобильінтерінформ, 2005. – С. 360.
9. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2005 році” - Київ. Чорнобильінтерінформ, 2006. – С. 375.
10. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 році” - Київ. Чорнобильінтерінформ, 2007. – С. 380.

11. РД 52.04.253-90 «Методика прогнозування масштабів зараження сильнодіючими ядовитими речовинами при аваріях (разрушеннях) на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті».
12. Смирнов С.А.. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени. Учебное пособие. Звенигород – 2006. – С. 295.
13. Стандарт МЭК «Техника анализа надежности систем. Метод анализа вида и последствий отказов». Публикация 812 (1985 г.). Москва – 1987. – С. 23.
14. Хенли Е. Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска. Пер. с англ. Под ред. В.С. Сыромятникова. Москва. Машиностроение. 1984 г. – С. 528.

УДК 614. 84

Тарасенко О.А., канд. техн. наук, докторант, УЦЗУ

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБЛАСТЕЙ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

(представлено д-ром техн. наук Кривцовою В.І.)

Запропоновано нові математичні моделі для опису границь картографованих об'єктів та їх властивостей, що задані в межах границь. Моделі можуть застосовуватися при створенні географічних інформаційних систем для подолання наслідків НС

Постановка проблеми. При моделюванні динаміки областей ряду надзвичайних ситуацій (НС) необхідно враховувати вплив деяких техногенних та природних факторів: топографію місцевості, розміщення та геометрію споруд, вітер, просторовий розподіл рослинності, її пірологічні властивості тощо [1]. Кількісні значення цих чинників є функцією просторових змінних, що задані на областях зі складною геометрією. В загальному випадку має місце декілька складних геометричних областей, на кожній з яких задано свою функціональну залежність. Наприклад, такі властивості рослинного матеріалу, як вологість, запас і т.д., що безпосередньо впливають на розповсюдження лісової пожежі, залежать від рельєфу місцевості і обмежені границями лісового виділу [2-3].

В цих межах значення природних характеристик мають неперервний розподіл, в зв'язку з чим швидкість і напрям точки границі області пожежі неперервно змінюється, що призводить до відповідної зміни форми крайки і обумовлює складність моделювання її динаміки [4]. Наявність в зоні НС об'єктів, що мають контрастні властивості, - наприклад, ліс та воднева поверхня, вимагають адекватного опису цих властивостей у відповідних їм геометричних межах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існують декілька підходів в моделюванні природних чинників на прямокутній картографованій області Ω . Один з них задає значення природного чинника у вигляді функції двох змінних $F_{\Omega}(x; y)$, що задана на всій області Ω . В цьому випадку геометрична границя чинника співпадає з границею карти. Прикладом таких моделей може слугувати [5]. Даний спосіб не підходить для опису реальної оперативної обстановки і може слугувати лише для побудовання моделей впливу того чи іншого чинника на динаміку області пожежі.

Інший спосіб - ґраткований, - більш адекватно описує природні чинники, - задає стале (середнє) значення фактору на кожній регулярній клітинці і використовується в деяких геоінформаційних системах (ГІС) і моделях [6-8]. В цьому випадку опис геометричних границь того чи іншого об'єкта задається наближено в залежності від щільності просторової ґратки, а перехід від однієї клітинки до сусідньої призводить до стрибка значення чинника.

В сучасних ГІС застосовується більш складний алгоритм триангуляції [9-10], що дозволяє задавати значення чинника на трикутних нерегулярних ґратах. При цьому забезпечується неперервність значення чинника в межах його області, але оскільки при цьому застосовується лінійна апроксимація чинника, то не забезпечується гладкість отриманої поверхні. Даний прийом застосовується, перш за все, для моделювання рельєфу місцевості.

Серед існуючих моделей відсутні такі, що надають можливість функціонально задавати значення чинника в межах його границь.

Постановка завдання та його вирішення. Необхідно створити математичну модель області Ω на якій задано чинники $F_{\Omega^i}(x; y)$, ($i = 1 \dots I$), кожний з яких задано на області Ω^i , такий що

$\bigcup_{i=1}^I \Omega^i(x, y) \bigcup_{i=1}^I \tilde{\Omega}^i(x, y) = \Omega$. Необхідно, щоб в межах границі $\tilde{\Omega}^i$ області Ω^i чинник $F_{\Omega^i}(x; y)$ був неперервним разом зі своєю похідною.

Основний матеріал дослідження. Границі об'єктів або областей утворюють полігони – неопуклі, в загальному випадку, багатокутники (можливо криволінійні), що визначаються координатами вершин.

Опис границь можна здійснити декількома способами. Найбільш поширений – у вигляді замкненої ломаної (тобто лінійними сплайнами). При цьому порушується гладкість границі в вершинах ломаної. Уникнути цього недоліку можна застосувавши поліноміальну (кубічну) сплайн-інтерполяцію. В обох випадках задання границі полігону у неявному або параметричному вигляді є більш зручним, ніж у явному.

Розглянемо спочатку опис границь полігонів (на прикладі лісових виділів (рис. 1)) в вигляді ломаної лінії (рис. 2).

Основою моделі реального об'єкту є векторизована карта проєкцій I полігонів на площину XOY у вигляді масиву A вершин, що занумеровані в додатному напрямку обходу для кожного з виділів

$$A = \begin{bmatrix} [[x_1^1, y_1^1], [x_2^1, y_2^1], \dots, [x_{J(1)-1}^1, y_{J(1)-1}^1], [x_{J(1)}^1, y_{J(1)}^1]] \\ [[x_1^2, y_1^2], [x_2^2, y_2^2], \dots, [x_{J(2)-1}^2, y_{J(2)-1}^2], [x_{J(2)}^2, y_{J(2)}^2]] \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ [[x_1^I, y_1^I], [x_2^I, y_2^I], \dots, [x_{J(I)-1}^I, y_{J(I)-1}^I], [x_{J(I)}^I, y_{J(I)}^I]] \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де I - кількість виділів; $[x_j^i, y_j^i]$ - j -а вершина ($j = 1 \dots J(i)$) границі i -ого виділу ($i = 1 \dots I$); $J(i)$ - кількість вершин на границі i -ого виділу. Зауважимо, що в силу замкненості границі виділу перша і остання точки для кожного виділу повинні співпадати, тобто $[x_1^i, y_1^i] = [x_{J(i)}^i, y_{J(i)}^i] \forall i = 1 \dots I$.

Позначимо i -ий полігон - виділ як Ω^i , а його границю як $\tilde{\Omega}^i$ ($i = 1 \dots I$).

Задамо кожну з прямих, на якій лежить j -ий відрізок ломаної – границі i -ого полігону у вигляді нормального орієнтованого рівняння прямої [11]

$$f_j^i(x, y) \equiv \frac{1}{\sqrt{(x_{j+1}^i - x_j^i)^2 + (y_{j+1}^i - y_j^i)^2}} \begin{vmatrix} x & y & 1 \\ x_j^i & y_j^i & 1 \\ x_{j+1}^i & y_{j+1}^i & 1 \end{vmatrix} = 0. \quad (2)$$



Рис. 1 - Карта лісових горючих матеріалів

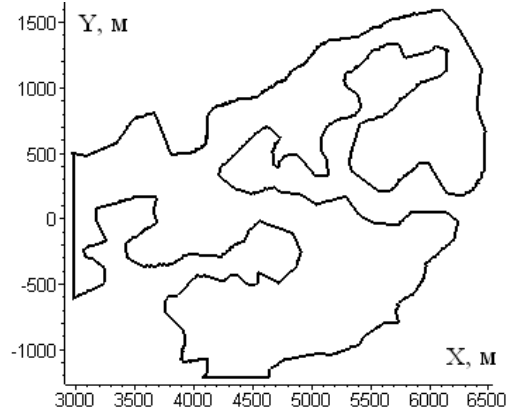


Рис. 2 – Границя і-ого полігону

Тоді використання R-операцій [11] $a \vee b \equiv (a + b + |a - b|)/2$; $a \wedge b \equiv (a + b - |a - b|)/2$ дозволяє задавати границі $\tilde{\Omega}^i$ довільного неопуклого полігону.

В цьому випадку легко зв'язати множину внутрішніх точок Ω^i , як

$$\tilde{\Omega}^i(x, y) < 0. \quad (3)$$

Задамо двомісний предикат

$$\eta_{\Omega^i}(x; y) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \tilde{\Omega}^i(x, y) \leq 0; \\ 0, & \text{якщо } \tilde{\Omega}^i(x, y) > 0. \end{cases} \quad (4)$$

Утворюючи вираз

$$F_{\Omega^i}(x, y) = F^i(x, y) \cdot \eta_{\Omega^i}(x, y), \quad (5)$$

для довільної функції $F^i(x, y)$, що задана на всій області Ω , отримаємо можливість задавати дану функцію на області Ω^i .

В випадку завдання I полігонів Ω^i на області Ω , з $F_{\Omega^i}(x, y)$ чинником на кожному з них, функція вигляду

$$F_{\Omega}(x, y) = \sum_{i=1}^I F^i(x, y) \cdot \eta_{\Omega^i}(x, y) \quad (6)$$

дозволяє однозначно задати чинник на всій області Ω .

Недоліком цього методу є громіздкість завдання границі полігону за допомогою R-операцій.

Більш економним є метод, що ґрунтується на положенні, що довільний промінь перетинає границі багатокутника парну кількість разів, якщо його початок міститься зовні багатокутника, та непарну, якщо всередині [12] (рис. 3).

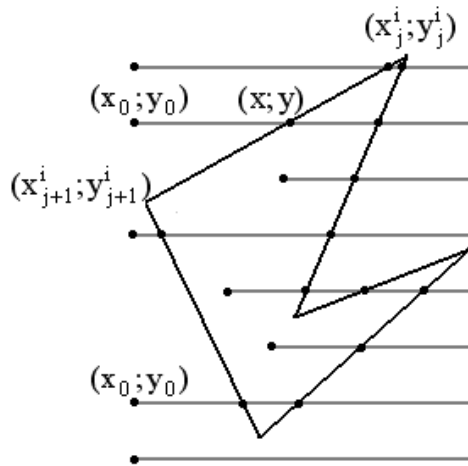


Рис. 3 – Взаєморозташування променя і багатокутника

Оберемо для визначеності горизонтальний промінь з початком в точці $(x_0; y_0) \in \Omega$. Рівняння j -ої сторони i -ого багатокутника, що поєднує вершини $(x_j^i; y_j^i)$ і $(x_{j+1}^i; y_{j+1}^i)$ ($j = 1 \dots J(i)$, $i = 1 \dots I$) задамо рівнянням (2). Точка $(x; y)$ перетину проміню і цієї сторони має координати $(x = f_j^i(x, y_0); y = y_0)$. Перетин матиме місце в випадку виконання умов

$$\begin{cases} \min(x_j^i, x_{j+1}^i) < x \leq \max(x_j^i, x_{j+1}^i); \\ x < x_0; \\ \min(y_j^i, y_{j+1}^i) < y_0 \leq \max(y_j^i, y_{j+1}^i). \end{cases} \quad (7)$$

Введемо індикатор перетину в вигляді

$$m_j^i(x_0; y_0) = \begin{cases} 1, & \text{якщо виконано (7);} \\ 0, & \text{якщо не виконано (7).} \end{cases} \quad (8)$$

Тоді величина

$$M^i(x_0; y_0) = \sum_{j=1}^{J(i)-1} m_j^i(x_0; y_0) \quad (9)$$

визначає кількість перетинів променя з початком в поточній точці $(x_0; y_0)$ всіх границь i -ого багатокутника.

Введемо ще один предикат

$$\mu_{\Omega^i}(x_0; y_0) = \begin{cases} 1, & M^i(x_0; y_0) = 2k + 1; \\ 0, & M^i(x_0; y_0) = 2k, \end{cases} \quad k \in \mathbb{N}. \quad (10)$$

Змінимо позначення в (10) $x_0 \rightarrow x; y_0 \rightarrow y$ та підставляючи в (4)-(5) замість $\eta_{\Omega^i}(x; y)$ вираз $\mu_{\Omega^i}(x; y)$, розв'яжемо поставлену задачу ще одним способом.

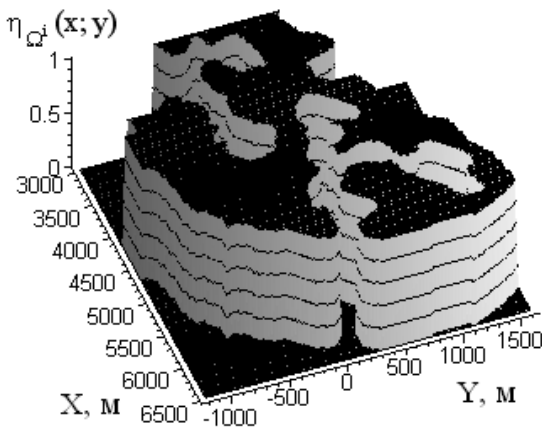


Рис. 4 - Графік виразу (4)

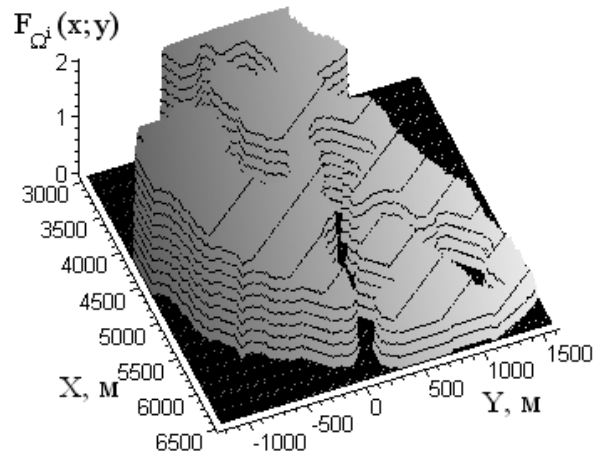


Рис. 5 – Графік виразу (5)

Окрім завдання границь полігону в неявному вигляді, в деяких випадках зручно задавати їх параметрично

$$\tilde{\Omega}^i(t) = \begin{cases} X^i = X^i(t) \\ Y^i = Y^i(t) \end{cases}, \quad (11)$$

де $t \in [t_1; t_{J(i)}]$ - параметр. Функції $X^i(t)$ і $Y^i(t)$ задаються у вигляді сплайнів, при цьому в якості параметра можна використовувати номер точки j . Тоді

$$\tilde{\Omega}^i(t) = \begin{cases} \tilde{\Omega}_1^i(t), & 1 \leq t < 2; \\ \dots & \\ \tilde{\Omega}_{J(i)-1}^i(t), & J(i) - 1 \leq t < J(i); \end{cases} \quad (12)$$

Вираз для кожного зі сплайнів може бути як лінійним, так і поліноміальним.

В випадку лінійного завдання (11), маємо

$$\tilde{\Omega}_j^i(t) = \begin{cases} X_j^i(t) = x_j^i + (t - j)(x_{j+1}^i - x_j^i); \\ Y_j^i(t) = y_j^i + (t - j)(y_{j+1}^i - y_j^i). \end{cases} \quad (13)$$

Вираз (13) задає опис границь полігона у вигляді замкненої ломаної лінії.

Забезпечити гладку границю полігону можна в випадку поліноміального (кубічного) завдання кожного зі сплайнів [13]. В цьому випадку

$$\tilde{\Omega}_j^i(t) = \begin{cases} X_j^i(t) = x_j^i + \sum_{k=1}^3 C_{xj}^{ik} (t - j)^k; \\ Y_j^i(t) = y_j^i + \sum_{k=1}^3 C_{yj}^{ik} (t - j)^k, \end{cases} \quad (14)$$

де коефіцієнти C_{xj}^{ik} і C_{yj}^{ik} ($i = 1 \dots I$; $j = 1 \dots J(i)$; $k = 1, 2, 3$) знаходяться з рішення системи лінійних рівнянь нерозривності сплайн-функції, її першої і другої похідних в вузлах інтерполяції [14]

$$\begin{cases} X_j^{i(k)}(j+1) = X_{j+1}^{i(k)}(j+1); \\ Y_j^{i(k)}(j+1) = Y_{j+1}^{i(k)}(j+1), \end{cases} \quad j = 1 \dots J(i) - 2; \quad k = 0; 1; 2 \quad (15)$$

доповненої умовами періодичної зшивки в крайніх точках

$$\begin{cases} X_{J(i)-1}^{i(k)}(J(i)) = X_1^{i(k)}(n_1); \\ Y_{J(i)-1}^{i(k)}(J(i)) = Y_1^{i(k)}(n_1), \end{cases} \quad k = 0, 1, 2, \quad (16)$$

де (k) – k -а похідна.

В сукупності (14) – (16) утворюють $6 \times (J(i) - 1)$ лінійних рівнянь відносно такої ж кількості невідомих коефіцієнтів. Відповідно, дана система має єдине рішення і, таким чином, границя i -го полігону може бути задана двома матрицями коефіцієнтів $\|C_{xj}^{ik}\|$ и $\|C_{yj}^{ik}\|$, де $j = 1 \dots J(i) - 1$; $k = 1, 2, 3$.

Для функціонального завдання значення чинника в межах параметрично заданих границь полігону необхідно задати внутрішню область полігону. В цьому випадку альтернативою виразу (5) є вираз, що засновано на інтегралі Коші [14]

$$\begin{aligned} \oint_{\tilde{\Omega}^i(t)} \frac{1}{z - z_0} dz &= \oint_{\tilde{\Omega}^i(t)} \frac{d(x + iy)}{x - x_0 + i(y - y_0)} = \\ &= \left| \begin{array}{l} x = X(t); x_0 = x \\ y = Y(t); y_0 = y \end{array} \right| = \int_1^J \frac{X'(t) + iY'(t)}{X(t) - x + i(Y(t) - y)} dt = \\ &= \sum_{j=1}^{J-1} \int_j^{j+1} \frac{X'_j(t) + iY'_j(t)}{X_j(t) - x + i(Y_j(t) - y)} dt = \begin{cases} 0, & (x; y) \notin \tilde{\Omega}^i(t); \\ 2\pi i, & (x; y) \in \tilde{\Omega}^i(t). \end{cases} \end{aligned}$$

Тоді конструкція вигляду

$$\frac{F^i(x; y)}{2\pi i} \sum_{j=1}^J \int_j^{j+1} \frac{X'_j(t) + iY'_j(t)}{X_j(t) - x + i(Y_j(t) - y)} dt = \begin{cases} 0, & (x; y) \notin \tilde{\Omega}^i(t); \\ F^i(x; y), & (x; y) \in \tilde{\Omega}^i(t). \end{cases} \quad (17)$$

забезпечує ще один розв'язок поставленої задачі.

До переваг параметричного завдання границь полігону слід віднести можливість отримання не тільки проекцій, але й ліній в просторі, - наприклад, при зображенні тривимірних полігонів на поверхні рельєфу $Z(x, y)$ - динамічних областей ландшафтних пожеж. Також, на відміну від явного способу завдання, параметричне забезпечує можливість опису контурів будь якої складності.

Висновки. Запропоновано нові способи завдання границь об'єктів та властивостей об'єктів в цих границях. Наведені моделі в подальшому можуть будувати застосовані для створення ГІС-прогнозу динаміки областей НС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Подрезов Ю.В., Шахраманьян М.А. Методологические основы прогнозирования динамики чрезвычайных лесопожарных ситуаций. – М.: ВНИИ ГОЧС, 2001. – 266 с.
2. Абрамов Ю.А., Тарасенко А.А. Формирование априорной информации для систем ликвидации последствий чрезвычайной ситуации // Проблемы надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 6. – Харків: УЦЗУ, 2007.- С. 11-22.
3. Yang J. Spatially Explicit and Stochastic Forest Landscape Model of Fire Disturbance and Succession. PhD dissertation. University of Missouri – Columbia, 2005. - 140 p.
4. Дорпер Г.А., Курбатский Н.П. Математические модели лесных пожаров: Основные понятия, классификация, требования. Прогнозирование лесных пожаров. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1978. - С. 5-25.
5. Калиновский А.Я., Созник А.П. Модель распространения ландшафтного пожара с учетом изменения влажности горючего материала. Научный вестник строительства: Сб. науч. тр. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2005. – Вип. 31. – С. 291-295.
6. Finney M. "FARSITE: Fire Area Simulator-Model Development and Evaluation". Res. Pap. RMRS-RP-4. Ogden. UT: U.S. Department of Agriculture. Forest Service. Rocky Mountain Research Station, 1998. - 47 p.
7. Дорпер Г.А. Математические модели динамики лесных пожаров. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 161с.
8. Воробьев О.Ю., Валендик Э.Н. Вероятное множественное моделирование распространения лесных пожаров. Новосибирск: Наука, СО АН СССР, 1978. – 160 с.
9. Варфоломеев И.В., Ермакова И.Г., Савельев А.С. Алгоритмы и структуры данных геоинформационных систем. Красноярск: КГТУ, 2003. - 34 с.
10. Скворцов А.В., Костюк Ю.Л. Применение триангуляции для решения задач вычислительной геометрии // Геоинформатика:

- Теория и практика. Вып. 1. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 127-138.
11. Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения. – Киев: Наукова думка, 1982. – 552 с.
 12. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия: Введение. М.: Мир, 1989, 478 с
 13. Алберг Дж., Нильсон Э., Уолш Дж. Теория сплайнов и ее приложения. – М.: Мир, 1972. – 316 с.
 14. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Наука, 1981. – 718 с.

УДК 614. 8

*Тесленко А.А., канд. физ.-мат. наук, доц., УГЗУ,
Михайлюк А.П., канд. хим. наук, проф., УГЗУ,
Олейник В.В., канд. техн. наук, нач. каф., УГЗУ*

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЫБРОСА ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ АВАРИЯХ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

(представлено д-ром хим. наук Калугиным В.Д.)

Предпринята попытка использовать возможности имитационного моделирования для прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ при авариях на промышленных объектах

Постановка проблемы. На Украине и, в особенности, в восточной ее части сконцентрированы крупные промышленные предприятия, на территории которых содержатся значительные запасы химически опасных веществ (ХОВ). Кроме этого высокая плотность населения приводит к тому, что склады опасных веществ и другие объекты с их наличием часто находятся в непосредственной близости от жилых построек. Все это обуславливает возрастание угрозы жизни и здоровью населения, проживающему вблизи от этих предприятий. В связи с этим при оценке риска техногенных аварий важное значение имеет оценка величины последствий аварий и ущерба наносимого ими окружающей среде.

Анализ последних исследований и публикаций. При оценке последствий аварий, связанных с выбросами химически опасных веществ пользуются как расчетными методами, представленными в методиках [1,2], а также компьютерными программами, среди которых большое место занимают программы по оценке загрязнений окружающей среды.

На Украине к таким программам относится программный комплекс РизЭкс-2 [3]. Комплекс позволяет инженерному персоналу предприятий, проектных и экспертных организаций выполнять работы, связанные с анализом риска для принятия решений, а также для разработки проектной документации и документации, связанной с эксплуатацией пожаро-, взрыво- и химически опасных производств, в том числе:

- разработки Декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта;
- разработки Планов локализации и ликвидации аварийных ситуаций;
- разработки Планов по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов;
- разработки Паспорта безопасности опасного объекта и Паспорта безопасности территорий субъектов Российской Федерации и муниципальных образований;
- определения оптимальных тарифов при страховании промышленных объектов;
- разработки и реализации политики предприятия по управлению производственными рисками.

Комплекс имеет модульную структуру, что позволяет пользователю при его модернизации и расширении приобретать не новую версию, а только новые или модернизированные модули.

На примере этого комплекса, разрабатываемого в Научном центре изучения рисков «Rizikon», видны возможности вычислительного и модельного подхода к проблеме оценки рисков.

Постановка задачи и ее решение. В данной работе принята попытка использовать возможности имитационного моделирования для всесторонней оценки алгоритма прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ при авариях на промышленных объектах и транспорте, предлагаемого в методике [1]. Данная методика предусматривает проведение расчетов только для химически опасных веществ, которые хранятся в газообразном или жидком состоянии, которые в момент выброса

К вопросу использования имитационного моделирования при прогнозировании последствий выброса опасных химических веществ при авариях на промышленных объектах

переходят в газообразное состояние и создают первичное и/или вторичное облако химически опасного вещества.

Исходными данными для прогнозирования масштабов заражения ХОВ являются: общее количество ХОВ на объекте и данные по размещению их запасов в емкостях и технологических трубопроводах; количество ХОВ, выброшенных в атмосферу, характер их разлива; метеорологические условия: температура воздуха, скорость ветра на высоте 10 метров, степень вертикальной устойчивости воздуха.

Настоящая имитационная модель является частью общей работы над созданием языка имитационного моделирования. Возможности языка позволяют рассматривать события во времени, одну имитационную модель с разными вариантами исходных данных, несколько имитационных моделей одновременно, сравнивая события происходящие с ними. В данной статье приводится сравнение предложенной модели для двух вариантов размещения места аварии и места нахождения единственного человека.

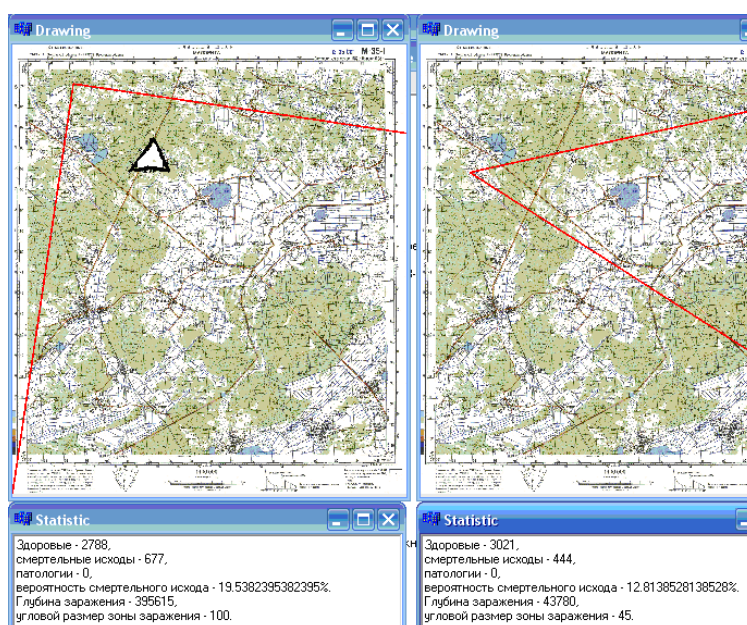


Рис. 1

Представленный на рис. 1 имитационный эксперимент позволяет сравнить вероятность поражения человека в двух показанных случаях. При этом также видна динамика изменения статистических данных с количеством экспериментов. Эксперименты отличаются только местоположением источника химического за-

ражения. Входные данные определены соответствующим участком кода программы:

```

Вещество=Бутилен,22, 22,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0, 22, 22, 0;
Вещество=Бутадиен,18, 18,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0, 18, 18, 0;
Вещество=Ацетонитрил,35, 35, 0,15,20,0,0,0,0,35,0,35,0,0, 20, 15, 35;
Вещество=Аммиак,5,5, 5,0,0,0,0,0,0,5,0,5,0,0, 5, 5, 5;
<!--Координата_центра_по_широте=150;
Координата_центра_по_долготе=1500;--->
Температура_на_высоте_0.5_метра=1;
Температура_на_высоте_2_метра=1;
Скорость_ветра_на_высоте_1_метр=100;
Количество_опасного_вещества=2099000;
Пороговая_токсидоза=1;
<!--Состояние_атмосферы--->
Характер_местности=1; <!--для открытой местности--->
<!--Характер_местности=0.3;---> <!--для закрытой местности--->
Координата_центра_по_широте=2250;
Координата_центра_по_долготе=2250;
Направление_ветра=33; <!-- в градусах -->
Создать_квадратную_область;
Произвести_расчет;

```

Первые четыре строчки соответствуют данным таблицы 2 методики [1], в которой представлены характеристики химически опасных веществ и вспомогательные коэффициенты для определения глубин зон заражения.

Окна текущего эксперимента размещаются вертикально, а окно диаграммы зоны поражения и окно статистики экспериментов друг под другом. Рядом размещается пара другого варианта эксперимента.

Выводы. Данный имитационный эксперимент можно проводить параллельно, что позволяет наглядно сравнить два варианта нахождения источника заражения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті. (Наказ МНС, Мінагрополітики, Мінекономіки, Міністерство екології та природних ресурсів 27.03.01.№73/82/64/122., К.: 2001.- 33 с.

2. Методика прогнозування масштабів зараження сильнодействующими веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. РД 52.04.253-90.- М.: Госгидромет СССР, 1991.- 23 с.
3. <http://rizikon.ua/articles/>

УДК 697.953:537.56

*Толкунов І.О., ст. викл., УЦЗУ,
Маринюк В.В., нач. від., ДОЗ та МБЗ МНС України,
Попов І.І., канд. техн. наук, доц., УЦЗУ,
Пономар В.В., ад'юнкт, УЦЗУ*

**ДЕЯКІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НОРМАТИВНОГО
АЕРОІОННОГО РЕЖИМУ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА
ПРИМІЩЕНЬ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МНС УКРАЇНИ**
(представлено д-ром техн. наук Ларіним О.М.)

Обґрунтована доцільність штучної аероіонізації робочого середовища приміщень спеціального призначення шляхом застосування електричного коронуючого розряду та визначені основні тактико-технічні вимоги до методів і засобів для її реалізації. Визначені загальні підходи щодо розробки електронних схем коронних іонізаторів локального типу для приміщень оперативного управління силами і засобами МНС України

Постановка проблеми. Реалізація заходів по попередженню і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій вимагає постійного підвищення ефективності оперативного управління силами і засобами (ОУСЗ) МНС України. Це в значній мірі визначається якістю діяльності особового складу підрозділів ОУСЗ, яка залежить як від фізичної і спеціальної підготовки, так і від умов повітряного середовища мешкання (ПСМ) [1]. Підтримання необхідних гігієнічних, мікрокліматичних та хімічних показників ПСМ забезпечується високоефективними сучасними системами вентиляції та кондиціювання. В той же час, їх застосування залишає повітря робочої зони приміщень ОУСЗ без природного електричного заряду (позитивно та негативно заряджених аероіонів). Наявність останнього формує відповідний аероіонний режим, який в значній

мірі впливає на загальний стан особового складу підрозділів ОУСЗ та ефективність їх діяльності в цілому [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання забезпечення нормативного аероіонного режиму в приміщеннях спеціального призначення різних відомств поки що не знайшли відповідного місця як в науковій літературі, так і безпосередньо при реалізації технічних рішень в процесі їх проектування, будівництва і експлуатації. У той же час є дані, що при експлуатації систем кондиціонування в приміщеннях формується аероіонний режим із низьким рівнем концентрації аероіонів, походження яких, до того ж, відрізняється від природних іонів атмосфери. При цьому у людей спостерігається дратівливість, втома, депресії, зниження працездатності, виникнення „синдрому нездорової будівлі” тощо [3]. У зв'язку з цим питання оптимізації аероіонного режиму робочого середовища приміщень спеціального призначення набуває особливої актуальності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що сучасні іонізатори, які застосовуються в побутових, промислових та інших приміщеннях, мають загальний суттєвий недолік – складність отримання достатньо стабільної та однорідної концентрації іонів в ПСМ. Також недостатньо вивчені закономірності процесу іоноутворення та методи оптимального використання штучної аероіонізації для підвищення якості повітряного середовища приміщень [4].

Для отримання штучно іонізованого повітря використовуються методи, що засновані на різних фізичних процесах (рис. 1) і на основі яких розроблений широкий клас генераторів аероіонів (аероіонізаторів): генератори аероіонів на основі радіоактивних ізотопів, генератори аероіонів з використанням УФ випромінювань і фотоефекту, гідроаероіонізатори, термоелектронні аероіонізатори, коронні аероіонізатори [4,5].

Радіоактивні аероіонізатори при простоті конструкції, високій надійності та економічності вимагають забезпечення радіаційної безпеки як при їх експлуатації, так і в процесі зберігання. Обмежене їх застосування в спеціальних приміщеннях пов'язано з необхідністю забезпечення захисту від забруднення робочого середовища радіоактивними речовинами вище встановлених норм.

Генератори аероіонів, засновані на іонізації повітря УФ випромінюванням, не отримали розповсюдження із-за складності їх експлуатації та утворення в повітрі при іонізації високих концен-

Деякі аспекти забезпечення нормативного аероіонного режиму робочого середовища приміщень спеціального призначення МНС України

трацій озону та інших шкідливих біологічно активних газів. Цей метод, крім вказаних недоліків, характеризується низькою ефективністю іоноутворення, значною споживаемою потужністю та складністю регулювання концентрації аероіонів.

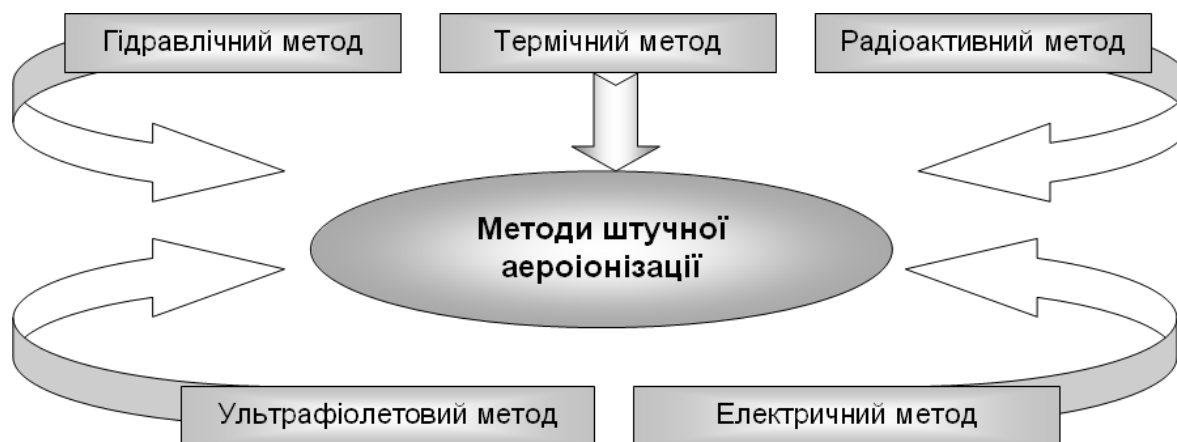


Рис. 1 – Основні методи аероіонізації штучного середовища мешкання

Порівняльний аналіз методів аероіонізації показує, що недоліком гідроаероіонізаторів є складність регулювання кількості утворених аероіонів. Практично не піддається регулюванню коефіцієнт уніполярності аероіонів. Такі аероіонізатори громіздкі, незручні в експлуатації, при роботі створюють неконтрольовані зміни параметрів мікроклімату повітряного середовища та механічний шум.

Ряд суттєвих недоліків притаманний і тепловим генераторам аероіонів: низька надійність (перегорання спіралей), утворення великої кількості позитивних середніх і важких іонів, пожеже-небезпечність, утворення значної кількості озону, окислів азоту, продуктів горіння та іонної емісії, необхідність забезпечення в процесі експлуатації стабільності параметрів робочої поверхні.

Проведений аналіз методів і технічних засобів штучної іонізації повітря показує, що найбільш універсальним методом для забезпечення нормативного аероіонного режиму в штучному середовищі мешкання є метод електричної аероіонізації. В електричних генераторах аероіонів повітря іонізується коронним розрядом, який утворюється біля коронуючих електродів іонізатора під дією високої напруги. Аероіонізація повітряного середовища електричним коронним розрядом відрізняється простотою конструкції, малими експлуатаційними витратами, можливістю отримання чисто

уніполярних іонів високої концентрації, легкістю керування в широкому діапазоні та можливістю повної автоматизації процесу.

Постановка завдання та його вирішення. Мета роботи – визначення можливих шляхів удосконалення методів та засобів штучної аероіонізації робочого середовища приміщень ОУСЗ МНС України.

Аналіз методів та засобів штучної аероіонізації показує, що в умовах робочого середовища приміщень ОУСЗ МНС України найбільш доцільним є використання електричного методу. Коронні аероіонізатори, засновані на цьому методі, повинні задовольняти наступним вимогам, а саме:

- генератор аероіонів повинен створювати в будь-якій точці приміщення задану концентрацію аероіонів з визначеним коефіцієнтом уніполярності;
- електрична рухливість аероіонів, створюваних аероіонізатором, повинна бути не меншою ніж $0,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$;
- генератор аероіонів не повинен створювати в повітрі озон, окисли азоту та інші шкідливі домішки в кількостях, що перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК);
- конструкція коронуючої системи повинна забезпечувати можливість роботи аероіонізатора при мінімально можливій напрузі ;
- конструкція аероіонізатора повинна виключати випадкове торкання людини до коронуючих електродів, які знаходяться під високою напругою;
- генератор аероіонів повинен бути електро-пожежо-вибухонебезпечним, не створювати перешкод в кабельній мережі та радіоефірі;
- генератор аероіонів повинен мати мінімально можливе енергоспоживання, масо-габаритні характеристики і опір потоку повітря;
- генератор аероіонів повинен бути нескладним і технологічним у виготовленні, зручним в експлуатації високонадійним приладом, який не вимагає частого профілактичного обслуговування.

Розглянемо процес утворення іонів в аероіонізаторі, вольт-амперні характеристики та схеми заміщення коронно-розрядної електродної системи. Відомо, що для створення коронного розряду необхідно щоб хоча б один з електродів мав невеликий радіус кривизни (тонкий дріт, голчастий електрод або вістря тощо), на який

Деякі аспекти забезпечення нормативного аероіонного режиму робочого середовища приміщень спеціального призначення МНС України

подається напруга, а другий електрод заземлюється. Коронний розряд виникає при різко неоднорідному електричному полі з достатньою напруженістю розрядного проміжку.

У випадку циліндричних електродів коронний розряд буде характеризуватися величиною напруженості електричного поля E_i , яку можна визначити використовуючи емпіричну формулу Піка [6]

$$E_i = 3,04 \left(\delta + 0,0311 \sqrt{\frac{\delta}{r_0}} \right) \cdot 10^6, \quad (1)$$

де E_i – критична напруженість поля запалювання корони, В/м; δ – відносна щільність повітря (при $t = 20^\circ\text{C}$ та $\rho = 760$ мм.рт.ст. $\delta = 1$); r_0 – радіус коронуючого електроду, м.

При цьому, вираз для критичної напруги U_i запалювання коронного розряду має вигляд

$$U_i = 3,04 \cdot 10^6 \left(\delta + 0,0311 \sqrt{\frac{\delta}{r_0}} \right) \cdot r_0 \cdot \ln \left(\frac{R}{r_0} \right). \quad (2)$$

де U_i – критична напруга запалювання коронного розряду, В; R – радіус зовнішнього електроду, м, ($r_0 < R$).

При збільшенні напруги U між електродами вище критичного U_i , електричний струм коронного розряду швидко наростає та визначається формулою Дейча [6]

$$i = \frac{8\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot k \cdot U(U - U_i)}{R^2 \cdot \ln \frac{R}{r_0}}, \quad (3)$$

де U – напруга між коронуючими електродами, В; i – лінійна щільність струму між циліндричними електродами, А/м; ε_0 – діелектрична проникність вакууму, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; k – рухливість іонів, $k = 1,84 \cdot 10^{-4}$ м²/В·с.

Виходячи з формули (2), отримуємо вираз для розрахунку напруги U

$$U = U_i + \frac{i \cdot R}{8\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot k \cdot E}, \quad (4)$$

де E – напруженість електричного поля біля зовнішнього електрода, В/м.

Збільшення напруги корони U над критичною напругою U_i запалювання корони визначається з формули (4), при цьому враховується об'ємний заряд аероіонів, отриманих в результаті коронного розряду

$$U - U_i = \frac{i \cdot R}{8\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot k \cdot E} = \frac{n \cdot e \cdot R^2}{4\varepsilon_0}, \quad (5)$$

де e – елементарний заряд, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл; n – концентрація аероіонів, що генерується аероіонізатором, м^{-3} .

Таким чином, виходячи з формули (5) можна отримати значення концентрації аероіонів, що створюються коронним аероіонізатором, у вигляді

$$n = \frac{4\varepsilon_0 \cdot \left(U - 3,04 \cdot 10^6 \left(\delta + 0,0311 \sqrt{\frac{\delta}{r_0}} \right) \cdot r_0 \cdot \ln \left(\frac{R}{r_0} \right) \right)}{e \cdot R^2}. \quad (6)$$

При цьому в розрахунках при визначенні режиму роботи коронного аероіонізатора слід дотримуватися рекомендованих доз аероіонізації в біологічній зоні дихання особового складу в залежності від часу тривалості чергової зміни.

Одною з основних характеристик коронного розряду є вольтамперна характеристика (ВАХ) – залежність сили струму коронного розряду від напруги, прикладеної до розрядної системи. За допомогою ВАХ можна визначити потужність, що споживається коронним розрядом, регулювати технологічні процеси в приладах з коронним розрядом, кількісно оцінювати утворення іонів в процесі іонізації повітряного середовища та ефективність застосування різних коронуючих систем тощо [7].

ВАХ залежить від геометричних параметрів розрядної системи, температури, тиску, відносної вологості, газового складу оточуючого середовища і визначається експериментально.

На рисунку 2 показана вольт-амперна характеристика коронного іонізатора локального типу, що досліджувався. При цьому формула (3) або вольт-амперна характеристика (рис. 2) дозволяє визначити активний опір R іонізатора.

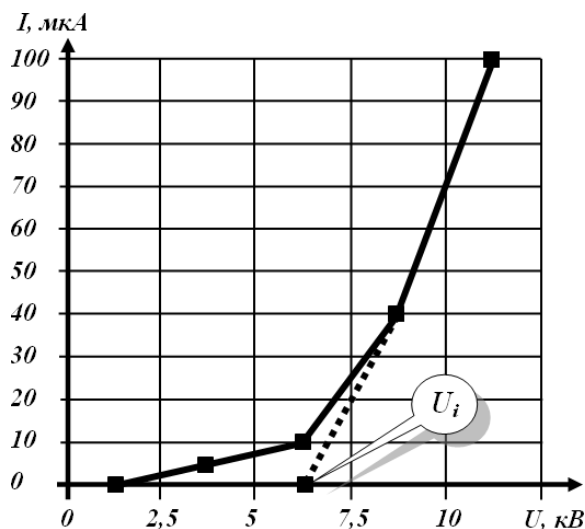


Рис. 2 – Вольт-амперна характеристика досліджуваного коронного аероіонізатора

Приведений вище аналіз дозволяє скласти схему заміщення коронно-розрядної системи іонізатора локального типу, до складу якої разом з коронуючими елементами входить блок живлення (рис. 3, а, б, в). Схема заміщення (рис. 3, а) при напрузі менше критичної ($U < U_i$), дозволяє високовольтний кабель живлення (з'єднаний з трансформатором, який має схему заміщення $L1-R1$) та емкісну накладку (з елементами іонізатора) представити конденсатором $C1$, який заряджається до амплітудного значення пульсуючої напруги. При цьому, ємкість конденсатора циліндричної форми трубчатого (7) або пластинчастого (8) іонізатора буде відповідно визначатися

$$C_{тр} = \frac{2\pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot n \cdot L}{\ln \frac{R}{r_0}} + C_k, \quad (7)$$

$$C_{пл} = \frac{2\pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot n \cdot L}{\ln \frac{\sqrt{R^2 + a^2}}{r_0 \cdot n}} + C_k, \quad (8)$$

де ε – відносна діелектрична проникність бар'єра, для повітря, $\varepsilon = 1$ Ф/м; n – кількість коронуючих електродів, шт.; L – довжина емкісної накладки, м; a – відстань між коронуючими електродами, м; C_k – ємність кабелю живлення, Ф.

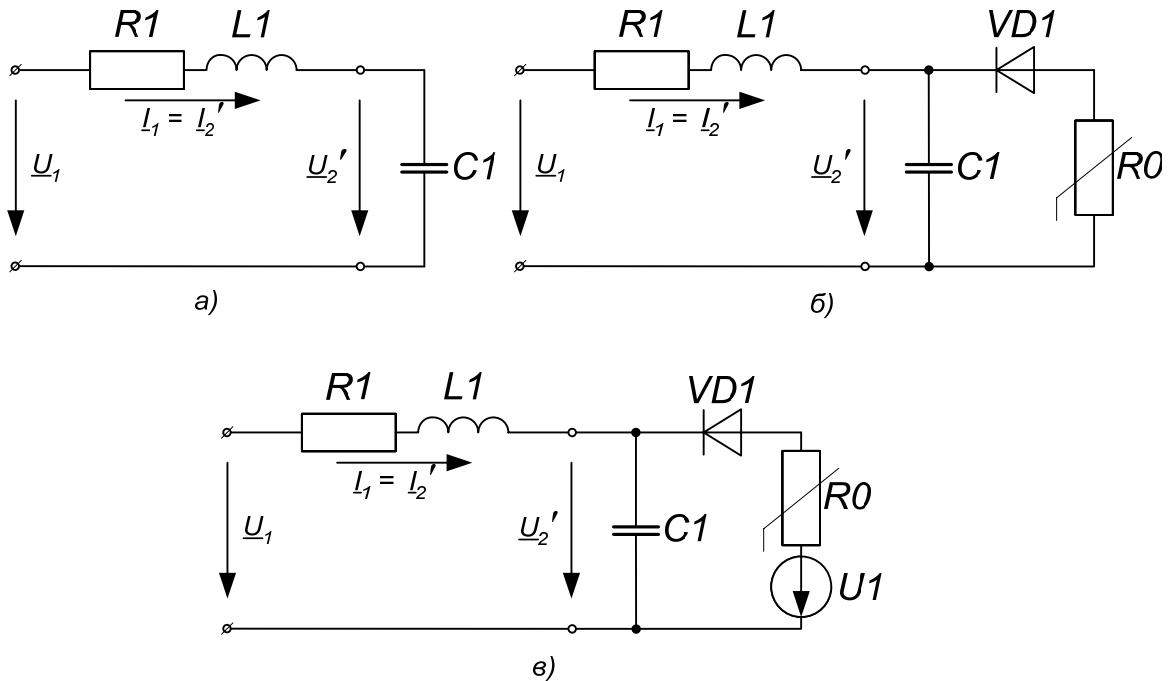


Рис. 3 – Схеми заміщення іонізатора коронно-розрядної системи

При досягненні напруги до значення, при якому починається коронний розряд ($U > U_i$), з'являється активна складова струму. Схема заміщення в цьому випадку (рис. 3, б) виглядає, як конденсатор $C1$ і паралельно включений активний нелінійний резистор $R0$. Нелінійність активного опору $R0$, в основному обумовлена наявністю коронного розряду в міжелектродному просторі, значення якого залежить від напруги і технологічного режиму роботи іонізатора.

Схема заміщення (рис. 3, в) відповідає дуговому пробою міжелектродного проміжку і справедлива для режимів ($U < U_i$) та ($U > U_i$). Однак у випадку дугового пробою може наступити перенапруга $U1$, тобто виникнути аварійний режим роботи. При аналітичному розрахунку цього режиму в схемі заміщення (рис. 3, в) враховують, що загальна напруга U в 1,5...2 рази більше U_i та нелінійний опір $R0$ можна вважати постійним опором R .

Висновок. В роботі проведено аналіз існуючих методів та засобів штучної іонізації повітря та визначені загальні підходи щодо розробки конструктивних схем коронних розрядних електронних систем іонізаторів локального типу для забезпечення нормативного аероіонного режиму робочого середовища приміщень ОУСЗ МНС України.

Визначені вольт-амперні характеристики і розроблені схеми заміщення коронних розрядних систем, які характеризуються активно-ємкісним навантаженням.

Обґрунтована необхідність теоретичного узагальнення та практичного вирішення науково-технічних задач щодо застосування сучасних електротехнологій обробки повітря для розробки ефективних технічних засобів аероіонізації в приміщеннях ОУСЗ МНС України на основі застосування коронно-розрядних систем типу „джерело живлення – іонізатор”.

ЛІТЕРАТУРА

1. Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України. – введені в дію наказом МНС України від 07.05.2007 р. № 312.
2. Попов И.И., Толкунов И.А., Пономарь В.В. Особенности влияния рабочей среды на эффективность деятельности личного состава подразделений оперативного управления силами и средствами МЧС Украины // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: УЦЗУ, 2008. – №7. – С.145-152.
3. Качество внутреннего воздуха в XXI веке: влияние на комфорт, производительность и здоровье людей. – <http://www.abok.ru>
4. Шилкин А.А., Губернский Ю.Д., Миронов А.М. Аэроионный режим в гражданских зданиях. – М.: Стройиздат, 1988. 168 с.
5. Сторчевой В.Ф. Ионизация и озонирование в птицеводстве // Автореферат дис. д-ра техн. наук. – М.: РГБ, 2004.
6. Основы электрогазодинамики дисперсных систем / И.П. Верещагин, В.И. Левитов, Г.З. Мирзабекян, М.М. Пашин. – М.: Энергия, 1974. – 480 с.
7. Верещагин И.П. Коронный разряд в аппаратах электронно-ионной технологии. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 160 с.

*Третьяков О.В., канд. техн. наук, проф., УЦЗУ,
Пономаренко Р.В., ад'юнкт, УЦЗУ*

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА, СВЯЗАННЫХ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ИОНАМИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

(представлено д-ром техн. наук Куценко Л.Н.)

В статье рассмотрены реагентные методы удаления ионов железа и марганца из воды поверхностных источников. Установлены преимущества и недостатки метода эжекционной аэрации воды. Предложены пути повышения эффективности удаления ионов железа и марганца методом эжекционной аэрации.

Постановка проблемы. Централизованным водоснабжением на Украине обеспечено около 80% населения. В питьевой воде, наравне с другими (органолептическими, микробиологическими) показателями качества воды, регламентируется содержание тяжелых металлов (железа и марганца), ионы которых способны образовывать с гуминовыми кислотами водорастворимые комплексные соединения, повышающие миграционную способность этих ионов в системе вода - донные отложения [1]. Их содержание в воде р. Днепр, как основного источника для производства питьевой воды в Украине, превышают уровень установленный санитарно-гигиеническими нормативами ($[Fe] \leq 0,3$ мг/л, $[Mn] \leq 0,1$ мг/л) [2] в период бурного цветения водорослей (летне-весенний) в несколько раз [3].

Причинами ухудшения качества питьевой воды, получаемой из воды поверхностных источников, являются:

- постоянное повышение антропогенной нагрузки на природные поверхностные источники воды;
- несовершенные и не ориентированные на существующий состав природной воды технологии подготовки питьевой воды.

Большинство существующих станций подготовки питьевой воды работают по упрощенной технологии обработки исходной воды: коагуляция - механическое фильтрование (фильтры грубой очистки, фильтры тонкой очистки насыпные или барабанные) -

Предотвращение возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера, связанных с загрязнением поверхностных источников водоснабжения ионами тяжелых металлов

обеззараживание (чаще всего хлорирование). Ни одна из этих стадий водоподготовки не обеспечивает полного удаления ионов тяжелых металлов из исходной воды.

Повышение количества ионов железа и марганца в питьевой воде может стать причиной возникновения чрезвычайной ситуации связанной, в частности, с угрозой здоровью населения, поскольку тяжелые металлы, достигая определенной концентрации в организме человека, накапливаются в почках и печени, вызывая отравления и мутации. К основным задачам гражданской защиты относятся разработка и осуществление мер по предупреждению и предотвращению чрезвычайных ситуаций, а также разработка и выполнение научно-технических программ, направленных на предотвращение чрезвычайных ситуаций. Поэтому проблема удаления ионов тяжелых металлов из воды поверхностных источников при приготовлении питьевой воды до концентрации определенной нормативными документами [2] является актуальной для системы гражданской защиты Украины.

Анализ последних исследований и публикаций. Большой вклад в решение проблем подготовки питьевой воды внесли следующие ученые: Г.И. Николадзе, Л.А. Кульский, Г.Г. Руденко, И. Холлюта, В.П. Кудесия и ряд других [4,5,6,7].

По мнению Николадзе Г. И. эффективными методами очистки воды поверхностных источников водоснабжения от железа и марганца являются реагентные методы [4].

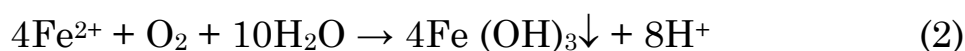
Реагентные методы основаны на введении в исходную воду какого-либо вещества, способствующего переходу растворимых форм двухвалентного железа (II) и марганца (II) в нерастворимые трехвалентную и четырехвалентную формы соответственно. Этого можно добиться двумя способами: введением окислителя (атмосферный кислород, озон, хлор и его соединения, перманганат калия и др.) или повышением рН воды выше 8 (известковое молоко, сода, и другие рН – корректоры), а также сочетанием этих методов. После перевода железа и марганца в нерастворимые формы, их соединения задерживаются в толще фильтрующей загрузки фильтров тонкой очистки, а очищенная вода поступает на дальнейшие стадии подготовки питьевой воды.

Из всех окислителей наиболее безопасным и дешевым является атмосферный кислород, основным методом его подачи в воду в составе атмосферного воздуха является аэрирование. Метод аэрации заключается в том, что в системе вода - воздух, создается

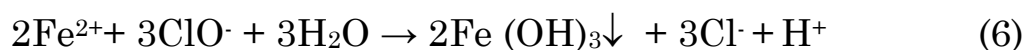
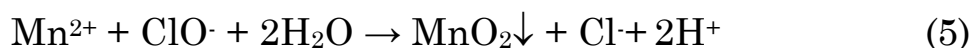
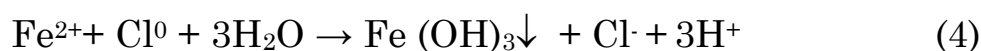
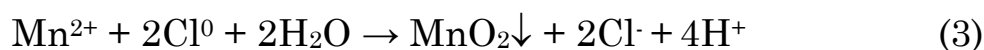
развитая поверхность межфазового контакта, происходит интенсификация процесса массообмена между водой и атмосферным воздухом, путем диспергирования, барботирования, разбрызгивания или одновременным сочетанием этих методов [3].

Самые распространенные методы подачи воздуха – вакуумно-эжекционный (использование различных конструкций эжекторов для подсоса воздуха в поток воды) и напорно аэрационный – подача воздуха в поток воды компрессором.

При реализации этих методов обеспечивается протекание реакций



Аналогичные вышеперечисленным реакции происходят при окислении Fe^{2+} и Mn^{2+} активным хлором или гипохлоритом



Экспериментальными исследованиями эффективности эжекционного метода занимался Парияр Чет Бахадур [4]. При проведении исследований использовалась экспериментальная установка, состоящая из приемной камеры, щелевого аэратора, помещенного в лоток, по которому самотеком вода попадает в отстойник (рис. 1).

При движении воды по лотку с уклоном обеспечивается турбулентный режим течения воды, при котором в областях щелей образуются вакуумные зоны, обеспечивающие подсос воздуха в поток воды и быстрое насыщение кислородом до равновесной концентрации, при соответствующей температуре. Предложенная конструкция установки обеспечивает получение диспергированной водо-воздушной смеси по всей глубине и длине аэратора.

Предотвращение возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера, связанных с загрязнением поверхностных источников водоснабжения ионами тяжелых металлов

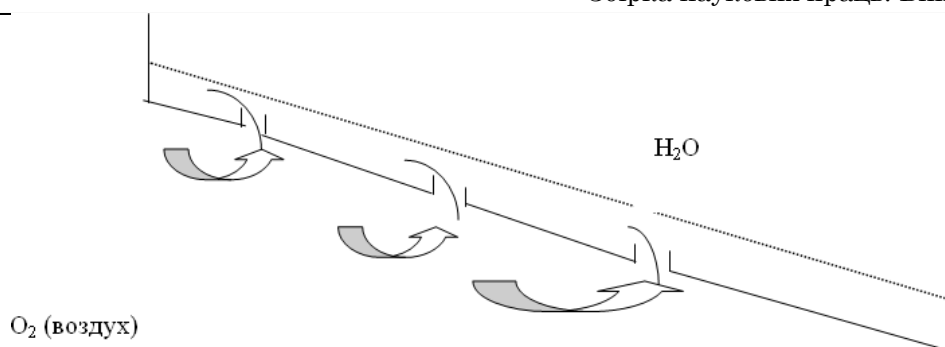


Рис. 1 – Схема эжекционного аэратора

Степень очистки воды от железа и марганца при использовании данного метода эжекционной аэрации определялась по формуле [8]

$$\mathcal{E} = [1 - \exp(-K \cdot [O_2] \tau)] \cdot 100, \quad (7)$$

где K – константа скорости реакции окисления, [1/мин.]; τ – общее время пребывания воды на установке

$$\tau = \tau_a + \tau_{om} + \tau_{\phi}, \quad (8)$$

где τ_a – время аэрации; τ_{om} – продолжительность отстаивания; τ_{ϕ} – время фильтрования.

Эффективности выведения железа (\mathcal{E}_1) и марганца (\mathcal{E}_2) из природной воды данным методом приведены в таблице.

Таблица – Эффективность выведения железа (\mathcal{E}_1) и марганца из природной воды (\mathcal{E}_2) методом эжекционной аэрации

\mathcal{E}_1	C_{Fe} , мг/л (исходная)	\mathcal{E}_2	C_{Mn} , мг/л (исходная)
65,64%	1,95	36%	5,01
91,58%	2,97		
98,48%	6,60		

Метод эжекционной аэрации, исходя из значений эффективности выведения железа и марганца из природной воды (табл.), обеспечивает высокую эффективность удаления железа, но крайне низкую эффективность удаления марганца из исходной воды, ос-

таточная концентрация которого превышает установленную норму более чем в 30 раз.

Постановка задачи и ее решение. Установить причины низкой эффективности удаления ионов марганца из природной воды при ее обработке методом эжекционной аэрации. Разработать рекомендации для повышения эффективности удаления марганца при реализации этого метода с целью достижения его концентрации в питьевой воде, соответствующей установленным нормам.

Основополагающими факторами, влияющими на степень удаления ионов марганца из поверхностных источников водоснабжения методом эжекционной аэрации являются: исходная концентрация (C_0) ионов марганца в воде, концентрация растворенного кислорода в воде и время аэрации. Другими словами, эффективность перевода ионов марганца (+2) в нерастворимую форму диоксида марганца определяется кинетикой реакции (1). Основываясь на кинетическом уравнении реакции окисления ионов марганца, растворенным в воде кислородом, полученным в [8] на промышленной установке

$$\ln \frac{C}{C_0} = -K \cdot [O_2] \cdot \tau_a, \quad (9)$$

где: C – остаточная концентрация $[Mn^{2+}]$, мг/л; C_0 – исходная концентрация $[Mn^{2+}]$, мг/л; τ_a – время аэрации воды, мин.

Была произведена оценка возможности повышения эффективности выделения ионов марганца в твердую фазу, путем изменения концентрации растворенного кислорода и времени аэрации. Результаты проведенной оценки приведены на рис. 2 и 3.

Из приведенных результатов следует, что для достижения остаточной концентрации $[Mn^{2+}] < 0,1$ мг/л, при времени аэрации 10 минут требуется обеспечить концентрацию растворенного кислорода на уровне 42,3 мг/л, что не возможно обеспечить в режиме проведения эжекционного аэрирования в открытом лотке. При увеличении времени аэрирования до 20 мин требуемая концентрация растворенного кислорода – 21,2 мг/л. Для достижения такой концентрации растворенного кислорода в замкнутом объеме, в соответствии с законом Генри, необходимо создать парциальное

давление кислорода – 0,49 атм, что соответствует избыточному давлению воздуха – 2,5 атм.

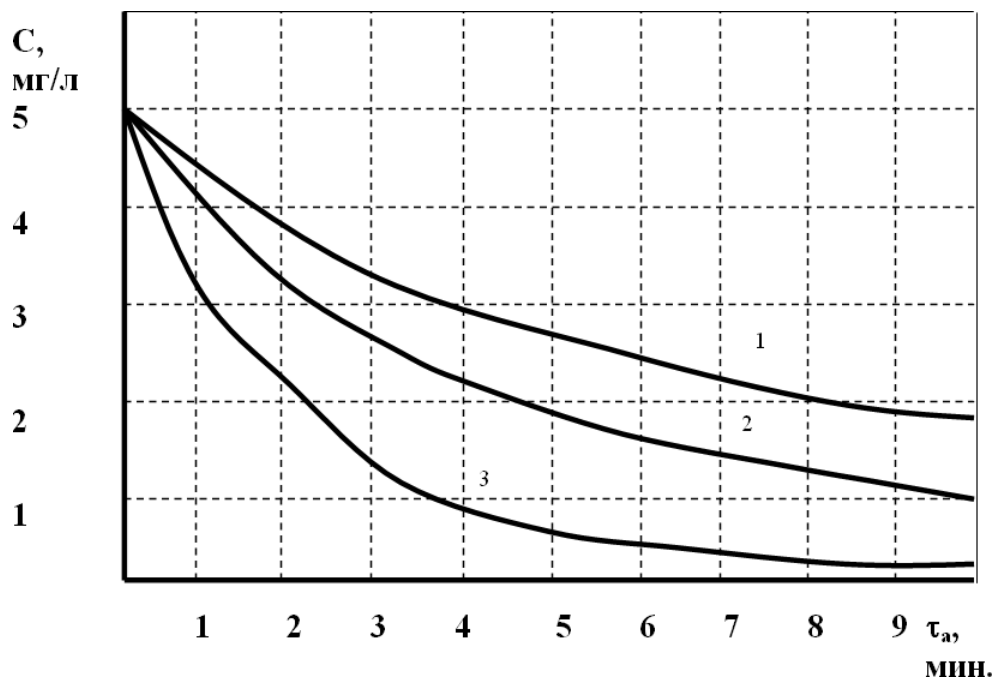


Рис. 2 – Зависимость изменения концентрации ионов марганца в исходной воде от времени аэрации, при концентрации растворенного в воде кислорода: 1 – 10,75 мг/л; 2 – 21,2 мг/л; 3 – 42,3 мг/л

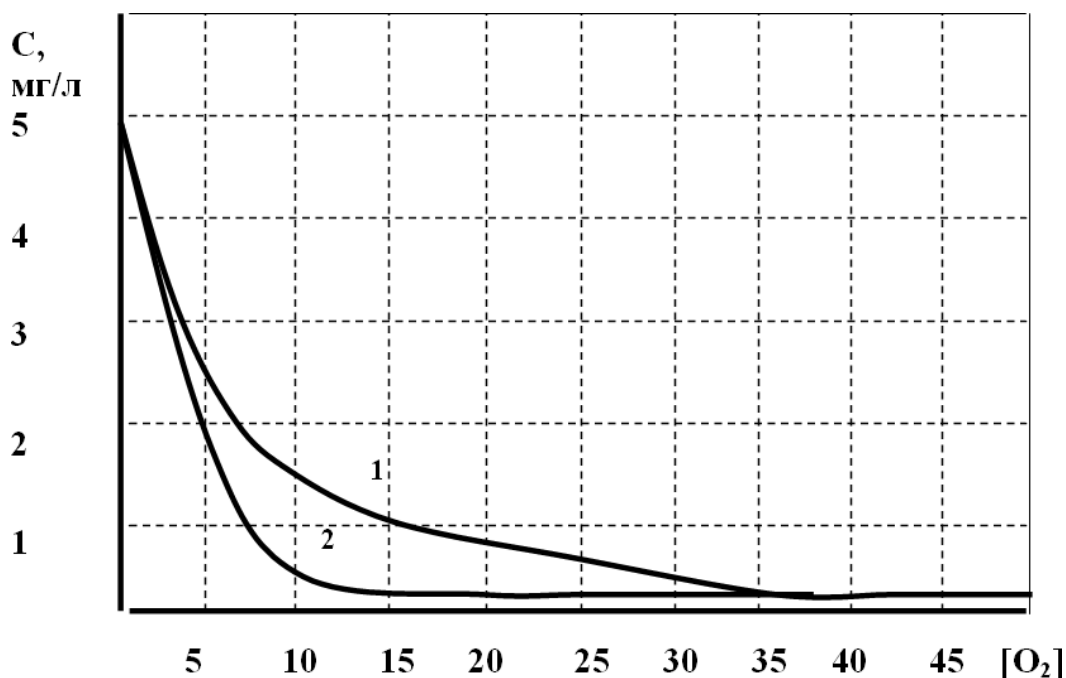


Рис. 3 – Зависимость изменения концентрации ионов марганца в исходной воде от концентрации растворенного кислорода при времени аэрации: 1 – 10 мин.; 2 – 20 мин

Таким образом, для повышения эффективности удаления ионов марганца до уровня, соответствующего требованиям нормативных документов [2], следует отказаться от использования лоткового устройства эжекционного аэрирования, а необходимо обеспечить подачу воздуха под давлением не менее 2,5 атм. в герметичную реакционную камеру, с габаритами обеспечивающими пребывание обрабатываемой воды не менее 20 мин (рис. 4). Подачу нагнетаемого воздуха необходимо организовать одновременно в двух режимах – барботирование сквозь толщу воды по длине всей реакционной камеры и нагнетание воздуха над поверхностью воды, что будет обеспечивать ускорение процесса растворения кислорода в воде. Использование такого режима аэрации исходной воды обеспечит не только полное удаление ионов железа (II), но и ионов марганца (II).

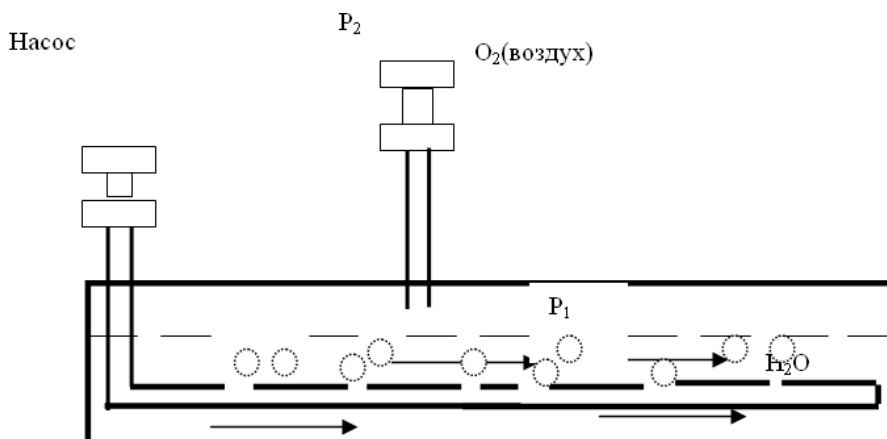


Рис. 4 – Схема нагнетательно-эжекционного аэратора

Целесообразно создавать геометричную реакционную камеру несколько секционной с ориентацией на возможное увеличение концентрации ионов марганца в исходной воде природного поверхностного источника.

Выводы. Установлены причины низкой эффективности удаления ионов марганца из природной воды при ее эжекционной аэрации. Предложены путь и устройство для его реализации с повышением эффективности удаления ионов марганца методом нагнетательно-эжекционной аэрации.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хвесик М.А., Файфура В.В. Актуальные проблемы охраны и воспроизводства водных ресурсов Украины // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы охраны окружающей среды от антропогенного воздействия» 18-20 мая 1994 г. г. Кременчуг, с. 85 – 93.
2. Государственные санитарные правила и нормы "Вода питьевая. Гигиенические требования к качеству воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения". Утверждены МОЗ Украины, постановление № 383 от 23.12.96.
3. Третьяков О.В., Андронов В.А. Проблеми забезпечення населення якісною питною водою з поверхневих джерел в сучасних умовах. / Зб. наук. пр. УЦЗ України "Проблеми надзвичайних ситуацій". - Харків: - ст. 180 - 185.
4. Николадзе, Г.И. Водоснабжение: книга / Г. И. Николадзе. - М.: Стройиздат, 1979. - 140 с.
5. Кульский Л.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды. Т. 1. – Киев: 1980. – 1206 с.
6. Г. Г. Руденко, В.А. Кравченко, В.Е. Полякова. Очистка питьевой воды с использованием клиноптилолитовых фильтров // Химия и технология воды. – 1979. – № 1. С. 66 – 69.
7. Кудесия В. П. «Кинетика и катализ» 1972. – 328 с.
8. Парияр Ч.Б. Метод очистки природных вод от соединений железа, марганца и аммония, взвеси и т.д. // Тез. док. 49-й науч. – тех. конф. / Под ред. Д. Ф. Гончаренко. – Харьков: 1994. – с. 114.
9. Афанасьев А. В. Очистка подземных вод от железа и марганца. / Статьи по очистке воды и водоподготовке / А. В. Афанасьев.
10. Андронов В. А., Пономаренко Р.В. Можливості виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру, пов'язаних із антропогенним впливом на поверхневі водойми. / Зб. наук. пр. УЦЗ України "Проблеми надзвичайних ситуацій". Вип. 7 – Харків: УЦЗУ, 2008. – 12 - 22.

Улинец Э.М., нач. ГДПБ МЧС Украины

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

(представлено д-ром техн. наук Туркиным И.Б.)

На примере чрезвычайной ситуации техногенного характера, связанной с разливом и пожаром нефтепродукта, предложены алгоритмы использования программного комплекса поддержки принятия решения руководителем локализации и ликвидации чрезвычайной ситуации

Постановка проблемы. Построение математических моделей чрезвычайных ситуаций имеет своей целью прогнозирование их развития, определение путей ее локализации и ликвидации, выработку рекомендаций командирам подразделений МЧС. Эта цель достигается путем реализации математических моделей и методов в форме программных продуктов, но при этом возникает проблема, связанная с его использованием: до возникновения чрезвычайной ситуации в условиях штабных учений или в оперативном режиме во время ее локализации и ликвидации.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [2] рассмотрена чрезвычайная ситуация техногенного характера, связанная с проливом и пожаром нефтепродукта. Построенная модель может быть использована для оценки воздействия на технологические сооружения, личный состав и технику в рамках программного комплекса, аналогичного рассмотренному в [1]. При этом остается невыясненным вопрос, как должны взаимодействовать между собой и с программным комплексом дежурный радиотелефонист и руководитель локализации и ликвидации чрезвычайной ситуации.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является построение алгоритмов использования программного комплекса поддержки принятия решения руководителем локализации и ликвидации чрезвычайной ситуации на примере чрезвычайной ситуации техногенного характера, связанной с пожаром разлившегося нефтепродукта в резервуарном парке.

Особенности использования программных продуктов поддержки принятия решения при локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций

Применение программного комплекса для анализа чрезвычайной ситуации, связанной с пожаром разлива нефтепродукта, требует следующих исходных данных:

- геометрические размеры и форма разлива;
- расположение разлива относительно резервуарной группы;
- вид разлившегося нефтепродукта;
- направление и скорость ветра.

Наиболее сложным является описание геометрических размеров и формы разлива, а также его расположение относительно резервуарной группы. Это определяет следующие возможные варианты использования программного комплекса.

1. Для проработки типовых чрезвычайных ситуаций, связанных пожаром разлива нефтепродукта, и выработки плана локализации и ликвидации пожара в ходе штабных учений.

2. Информация о пожаре передается вместе с вызовом и используется в качестве исходных данных для программного комплекса, установленного на ноутбуке в штабном автомобиле.

3. Исходные данные закладываются в программный комплекс, установленный на штабном автомобиле, после прибытия подразделений МЧС к месту пожара и проведения разведки.

4. В ходе локализации и ликвидации пожара ведется контроль основных параметров пожара, и информация через определенные промежутки времени передается в штаб.

В первом варианте в ходе штабных учений отрабатываются типовые ситуации. Это позволяет оценить опасности, возникающие для соседних резервуаров, сил и средств, разворачиваемых для локализации пожара и подготовки пенной атаки. Варьируя различные параметры (форма и площадь разлива, вид нефтепродукта, направление и скорость ветра), необходимо выделить наиболее опасные ситуации и разработать для них план локализации и ликвидации пожара, отработать его в ходе реальных учений. Структурная схема взаимодействия дежурного радиотелефониста и руководителя тушения пожара (РТП) приведена на рис. 1.

При этом программный комплекс используется лишь для построения базы данных по наиболее опасным пожарным ситуациям. Преимуществом такого варианта использования программного комплекса является то, что на момент возникновения чрезвычайной ситуации уже существует набор типовых планов. Недостатком

же является ограниченность такого набора и невозможность предусмотреть все ситуации.

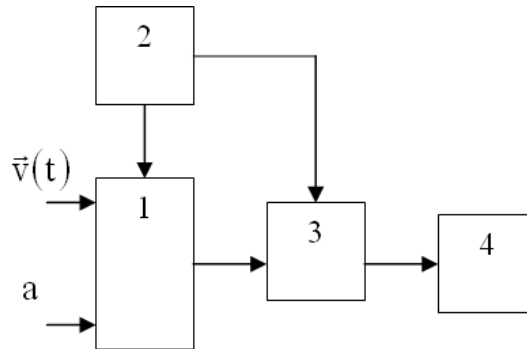


Рис. 1 – Структурная схема первого варианта использования программного комплекса: $\vec{v}(t)$ – информация о направлении и скорости ветра; a – вызов; 1 – дежурный радиотелефонист; 2 – база данных по наиболее опасным пожарным ситуациям; 3 – РТП; 4 – пожар

Во втором варианте (рис. 2) дежурный радиотелефонист получает сообщение о пожаре, содержащее информацию о примерной площади разлива (в единицах площади внутри обвалования, например, половина обвалования, четверть и т.д.) и его расположения относительно резервуарной группы (например, внутри обвалования резервуара 3 со стороны резервуара 4 или внутри обвалования резервуара 1 с внешней стороны, обращенной в сторону резервуарной группы с мазутом). Измерение скорости ветра и его направления производится с помощью стационарно установленных флюгера и анемометра, сведения от которых поступают дежурному радиотелефонисту с некоторым дискретным шагом. Таким образом, на момент поступления вызова дежурный радиотелефонист будет иметь все исходные данные для использования программного комплекса. Программный комплекс установлен на компьютере у дежурного радиотелефониста. Дежурный радиотелефонист выбирает из предварительно сформированной базы данных ту резервуарную группу, в которой возникла чрезвычайная ситуация, указывает на ней направление и скорость ветра, расположение и площадь разлива. После это исходные данные сохраняются в файл, который записывается на флеш-память, которая подсоединена к компьютеру и находится в режиме ожидания. При выезде на пожар РТП вместе с оперативным планом пожаротушения забирает флеш-память с записанным туда файлом и ко-

пирует его на ноутбук, размещенный в пожарном автомобиле. Расчет ситуации производится в ходе следования подразделений МЧС к месту вызова, и к моменту прибытия на пожар РТП имеет оценку влияния пожара на соседние резервуары, наиболее опасные направления развития пожара. Это позволяет ему скорректировать план локализации и ликвидации пожара еще до прибытия к месту вызова. Преимуществом такого подхода является оперативность, а недостатком – отличие реальной ситуации (площадь и форма разлива) по сравнению с переданной дежурным радиотелефонистом, вызванное как неточностями в описании ситуации, так и ее изменением с течением времени.

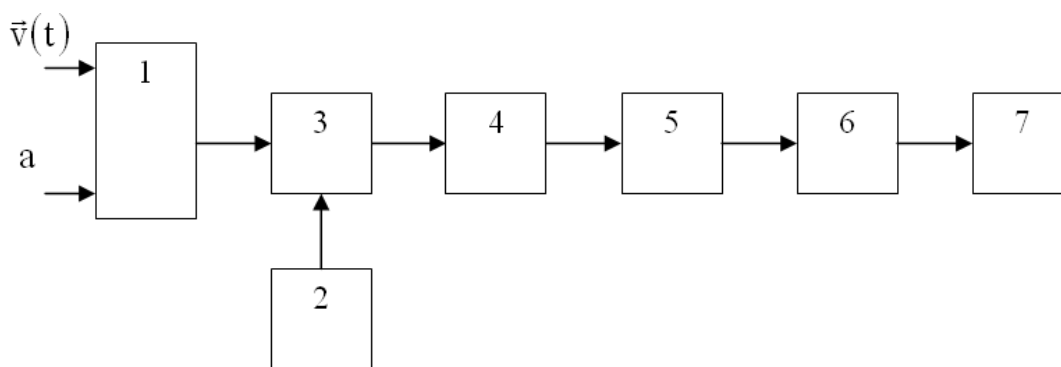


Рис. 2 – Структурная схема второго варианта использования программного комплекса: $\bar{v}(t)$ – информация о направлении и скорости ветра; a – вызов; 1 – дежурный радиотелефонист; 2 – база данных по резервуарным группам; 3 – программный комплекс у дежурного радиотелефониста; 4 – файл с исходными данными; 5 – ноутбук в пожарном автомобиле; 6 – РТП; 7 – пожар

Третий вариант (рис. 3) предусматривает проведение разведки после прибытия подразделений МЧС к месту вызова и только после этого внесение исходных данных (формы и площади разлива) в программный комплекс, установленный на ноутбуке у РТП. При этом выбор резервуарной группы из предварительно сформированной базы данных, указание направления и скорости ветра производит РТП во время следования к месту вызова. Преимуществом такого подхода организация более простого взаимодействия между дежурным радиотелефонистом и РТП, не требующая передачи файла между ними. Недостаток состоит в потерях времени, связанных с внесением исходных данных по результатам разведки, ожидания завершения работы программного комплекса, выработки плана локализации и ликвидации пожара.

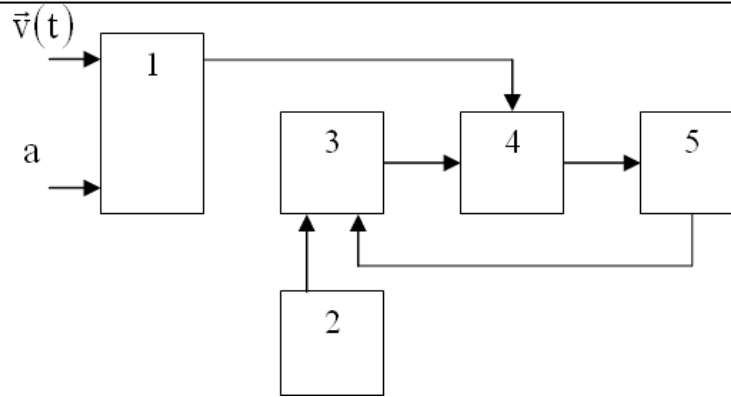


Рис. 3 – Структурная схема третьего варианта использования программного комплекса: $\vec{v}(t)$ – информация о направлении и скорости ветра; a – вызов; 1 – дежурный радиотелефонист; 2 – база данных по резервуарным группам; 3 – ноутбук в пожарном автомобиле; 4 – РТП; 5 – пожар

Четвертый вариант использования программного комплекса является модификацией третьего. РТП после проведения разведки принимает решение, не дожидаясь завершения работы программного комплекса. А сам программный комплекс используется для мониторинга ситуации, путем периодического внесения в него исходных данных, соответствующих текущей ситуации. Преимуществом такого подхода являются меньшие потери времени по сравнению с предыдущим вариантом, а недостатком – невозможность использовать программный комплекс сразу же после прибытия на пожар.

Выводы. На примере чрезвычайной ситуации техногенного характера, связанной с пожаром разлива нефтепродукта построены алгоритмы взаимодействия руководителя тушения пожара и дежурного радиотелефониста с программным комплексом поддержки принятия решения. Алгоритмы основаны на четырех основных вариантах использования программного комплекса. Выявлены преимущества и недостатки каждого из них.

Перспективы дальнейших исследований связаны с использованием построенных алгоритмов в качестве основы для синтеза алгоритмов, лишенных отмеченных недостатков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Басманов А.Е., Говаленков С.В. Программное обеспечение для моделирования пожарных ситуаций в резервуарных парках // Пожарная безопасность. Материалы VI научно-практической конференции. Харьков: АПБУ, 2003.- С. 9-12
2. Улинец Э.М. Математическая модель факела над разливом нефтепродукта в обваловании резервуара // Пожарная безопасность. – Харьков: УГЗУ, 2008. – Вып. 23. – 264 с.

УДК 614.84

*Шевченко Л.П., канд. физ.-мат. наук, зав. каф., ХГТУСиА,
Пирогов А.В., преп., УГЗУ*

УПРАВЛЕНИЕ ЛИКВИДАЦИЕЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПУТЕМ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

(представлено д-ром техн. наук Бодянским Э.В.)

В работе предложены модели, позволяющие принимать обоснованные решения относительно объемов ресурсов, необходимых для снижения потерь при ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также решать задачи оптимального выделения ресурсов и распределения их между функциональными подразделениями, привлекаемыми для ликвидации чрезвычайных ситуаций

Постановка проблемы. В последние десятилетия во всем мире наблюдается тенденция к росту количества и масштабов последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера. Чрезвычайные ситуации сопровождаются не только материальными, но и людскими потерями. В этих условиях очень важно быстро принять правильное решение по ликвидации последствий ЧС. При этом этот процесс характеризуется неполнотой и недостоверностью информации, малым резервом времени, имеющимся для принятия решений особенно на первоначальной стадии развития.

Разработка теоретических основ поведения и организации управляемых человеко-машинных систем, (т.е. систем поддержки

принятия решений) в экстремальных ситуациях является одной из важнейших научных проблем.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросам управления в условиях чрезвычайных ситуаций и построения информационных систем поддержки принятия решений в условиях ЧС, посвящены исследования и публикации многих отечественных ученых и специалистов: Ю.А. Абрамова и В.Е. Росохи [1], Н.Н. Брушлинского и Ю.М. Глуховенко [2], Я.Д. Вишнякова [3] и др.

В последние годы за рубежом активно развиваются научно-практические разработки в области риск-менеджмента, среди которых можно выделить работы Дж.Апосталакиса, Л.Гуоссена, С.Гуаро, Р.Кука, Х.Кумамото, Ф.Лисса, В.Маршалла, Г.Сейвера, Э.Хенли.

Тем не менее, круг нерешенных в этой области проблем еще достаточно широк. Трудность решения задачи моделирования и управления в чрезвычайных ситуациях вызвана тем, что характер развития конкретной ЧС является сугубо индивидуальным, а само ее развитие происходит в условиях неопределенности, когда не известны требуемые темпы ликвидации, необходимый объем ресурсов и уровень сложности выполняемых работ. Недостаток информации о характере развития чрезвычайной ситуации может привести к развитию ситуации с катастрофическими последствиями. В этих условиях актуальными становятся проблемы учета фактора неопределенности при принятии решений, оптимального распределения ресурсов, привлекаемых для ликвидации чрезвычайных ситуаций и оценки темпов использования этих ресурсов.

Любая чрезвычайная ситуация представляет собой сложную систему $S(t)$, которая может быть в общем случае описана кортежем вида

$$\langle X(t), F(t), U(t), C(t) \rangle, \quad (1)$$

где отражены, как характер развития ЧС, так и меры, направленные на парирование ее негативных последствий [4].

Здесь $X(t)$ – вектор переменных состояния объекта, на котором возникла ЧС; $F(t)$ – вектор внешних возмущений, дестабилизирующих факторов; $U(t)$ – вектор управляющих воздействий, на-

правленних на уменьшение масштабов ЧС; $C(t)$ – план ликвидации (локализации) ЧС.

Типовая структура системы оперативного управления в условиях ЧС может быть представлена в виде схемы, изображенной на рис. 1.

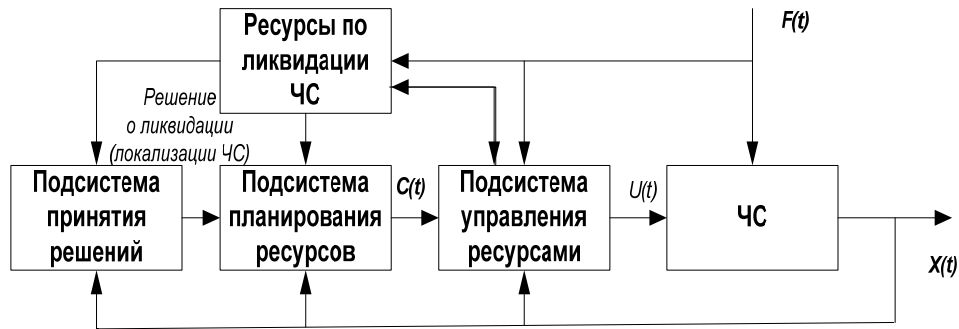


Рис. 1 – Структурная схема системы оперативного управления в условиях ЧС

В общем случае задача управления ЧС сводится к определению таких значений вектора управляющих воздействий $U(t)$, при которых переменные состояния объекта принимают только допустимые значения $X(t) \in \Omega_0(t)$, где Ω_0 – область допустимых значений состояний.

Анализ известных информационных систем поддержки принятия решения в условиях чрезвычайных ситуаций, показал, что они ориентированы на описание процесса развития чрезвычайных ситуаций и прогноза их последствий. В то же время недостаточно разработаны модели, предназначенные для описания процессов, связанных с оценкой ситуации, разработкой планов ликвидации чрезвычайных ситуаций и управления ресурсами, привлекаемыми для ликвидации (локализации) чрезвычайных ситуаций. Таким образом, актуальными направлениями исследования являются: разработка методологических и теоретических основ информационной поддержки принятия решений для управления ликвидацией чрезвычайными ситуациями путем оптимального распределения и перераспределения ресурсов и особенностей реализации разработанных теоретических положений с учетом территориальных особенностей регионов и специфики су-

ществующих в регионах организационных структур систем предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Рассмотрим задачу оптимизации выделения ресурсов для ликвидации ЧС. Задача сводится к определению оптимального объема ресурсов (затрат), которые удовлетворяют условиям

$$Z = \sum_{i=1}^n Z_i \leq Z^*, \quad (2)$$

и обеспечивают минимум целевой функции

$$\bar{R} = \sum_i R_i \rightarrow \min, \quad (3)$$

Z^* - допустимый уровень ущерба, R_i - ресурсы (затраты), выделяемые на внедрение средств защиты i -го элемента объекта, \bar{R} - целевая функция отражает затраты на снижение Z - ущерба от последствий ЧС.

Поиск оптимального решения для данной задачи позволяет определить оптимальный объем привлекаемых ресурсов для снижения уровня ущерба до приемлемого уровня при чрезвычайной ситуации.

Разработанная модель дополнена моделью распределения ресурсов между функциональными подразделениями.

Пусть в ликвидации многоочаговой чрезвычайной ситуации участвуют n функциональных подразделений (ФП). Эффективность деятельности i -го подразделения определяется некоторой функцией $\beta_i(r_i)$, где $i = \overline{1, n}$, а r_i - количество всех видов ресурсов, полученных i -м ФП. Функция эффективности $\beta_i(r_i)$ рассматривается в качестве функции предпочтения при распределении ресурсов. Необходимо обеспечить максимальную суммарную эффективность всех функциональных подразделений

$$\sum_{i=1}^n \beta_i(r_i) \rightarrow \max+ \quad (4)$$

при условии ограниченности распределяемого ресурса

$$\sum_{i=1}^n r_i \leq R, \quad (5)$$

где R – располагаемый ресурс.

В линейном случае, когда $\beta_i = \lambda_i r_i$, где $\lambda_i = \frac{\partial \beta_i(r_{oi})}{\partial r_i}$, максима-

льное значение эффективности $\sum_{i=1}^n \lambda_i r_i \rightarrow \max$ достигается при λ_i ,

когда ресурсы распределяются равномерно между всеми функциональными подразделениями при условии, что они работают все с одинаковой эффективностью, т.е. $\lambda_0 = \lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_n$ и $r_1 = r_2 = \dots = r_n = r_0$. В реальности функциональные подразделения,

привлекаемые к ликвидации чрезвычайной ситуации, работают не с одинаковой эффективностью. Рассмотрим в общем случае задачу распределения ресурса между n функциональными подразделениями. Через z_i обозначим заявку i -го ФП на ресурсы. Если

заявок подано больше, чем имеется ресурсов: $\sum_{i=1}^n z_i > R$ и заявки

ФП ограничены: $0 \leq z_i \leq R = 1$, в этом случае используется алгоритм (механизм) пропорционального распределения

$$r_i = \pi_i(z_1, z_2, \dots, z_n) = \frac{z_i}{\sum_{k=1}^n z_k} R, i = \overline{1, n}. \quad (6)$$

В различных чрезвычайных ситуациях могут использоваться различные алгоритмы распределения ресурсов. Выбор соответствующего алгоритма распределения $\pi(\cdot)$ будет определять система управления ЧС.

Выводы. Предложенные алгоритмы позволяют моделировать процессы протекания чрезвычайных ситуаций на начальной стадии, в условиях недостатка точной информации о внутреннем состоянии чрезвычайной ситуации и за счет этого принимать обоснованные решения относительно объемов ресурсов, необходимых для снижения потерь при ЧС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.О., Росоха В.О. и др.. Моніторинг надзвичайних ситуацій. Підручник. Вид-во: АЦЗУ м.Харків, 2005. -530с.
2. Брушлинский Н.Н., Глуховенко Ю.М. и др.. Управление безопасностью сложных систем: методология, технологии, опыт // ВИНТИ. Пробл. безоп. при чрезв. ситуациях. -2002. –вып.6. – С.22-47.
3. Вишняков Я.Д. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций и антикризисное управление // ВИНТИ. Пробл. безоп. при чрезв. ситуациях. -2004. - №2. – С.38-47.
4. Идентификация и моделирование управляющих систем. /НАН Украины; редкол. И.В. Скрыпник (гл. ред.) и др. – К.: Наук. думка, 1997. – 147с.

УДК 614.8

*Шляхов Н.А., канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., ННЦ ХФТИ,
Созник А.П., д-р физ.-мат. наук, проф., УГЗУ,
Захаренко О.В., нач. сектора, ГУМЧСУ в Днепропетр. обл.*

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРНЫХ ОПАСНЫХ РАССТОЯНИЙ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ НА ХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Получены выражения, которые позволяют оценить координаты центра тяжести газоздушного первичного облака, возникающего при разрушении резервуара. Показано, что исходя из полученных значений координат, зная массу облака и тепловоздушную способность химического вещества можно рассчитать величину избыточного давления при его взрыве в зависимости от расстояния до центра облака.

Постановка проблемы. Чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть при авариях на предприятиях, использующих и перерабатывающих опасные химические вещества, ведут к поражению разной степени тяжести большого количества людей. Такая обстановка зачастую усложняется возникновением дополнительных факторов поражения, связанных с загоранием или взрывом распространяющегося облака химического вещества. Поэтому,

Оценка характерных опасных расстояний при ликвидации аварий
на химических предприятиях

при організації ліквідації аварій, зв'язаних з вибухом або розливом пожежовзривоопасних речовин, необхідно мати інформацію про основні характерні розміри областей можливого зараження людей і виникнення пожежі або вибуху.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах [1-3] проведені дослідження різної ступеня точності і складності, які дозволяють в принципі розраховувати розміри зон поширення хмар речовин. Нами [4, 5] запропоновані прості моделі, використовуючи які можна розраховувати просторово-часове розподілення концентрації як во вторичному, так і в первинному хмарі. Однак, для визначення зон уражаючого впливу факторів, виникаючих при пожежі або вибуху, недостатньо знання тільки зон з нижнім і верхнім концентраційними межами запалення.

Постановка задачі і її рішення. В зв'язі з цим нами проведені додаткові дослідження, які дозволяють визначити координати центру тяжкості первинного хмари в залежності від часу. Розраховані координати центру згідно широко використовуваному в даний час методу розрахунку уражаючих факторів пожежі або вибуху хмари [6, 7] можна використовувати як координати центру вибуху і флегматизаційного горіння.

Згідно [4, 5] для випадку, коли вісь Ox направлена по напрямку вітру $V_{\perp} = (V_1, 0)$, позначаючи $V_z = V_2$, вираження для нестационарної турбулентної дифузії можна записати в вигляді

$$\varphi(\vec{r}, t) = \frac{Q_G}{(2\pi)^3} \frac{\pi}{\mu t} \sqrt{\frac{\pi}{\nu t}} \exp(-\sigma t) \exp\left[-\frac{(x - Vt_1)^2}{4\mu t} - \frac{y^2}{4\mu t}\right] \times \\ \times [H_1(z, t) + H_2(z, t)] \quad (1)$$

де позначення збігаються з наведеними в [4, 5].

Визначимо середнє значення $\overline{x(t)}$, $\overline{y(t)}$, і $\overline{z(t)}$ вираженнями

$$\overline{x(t)} = \frac{1}{Q_G} \int \varphi(\vec{r}, t) x d^3 r, \quad \overline{y(t)} = \frac{1}{Q_G} \int \varphi(\vec{r}, t) y d^3 r, \\ \overline{z(t)} = \frac{1}{Q_G} \int \varphi(\vec{r}, t) z d^3 r. \quad (2)$$

В силу симметрии зависимости $\varphi(\vec{r}, t)$ от y немедленно получаем $\overline{y(t)}=0$. Значения $\overline{x(t)}$ и $\overline{z(t)}$ можно получить путем простого интегрирования и представить в виде

$$\overline{x(t)} = \frac{1}{2} V_1 t \left\{ 1 + \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{h + V_2 t}{\sqrt{4vt}} \right) - \Phi \left(\frac{h - V_2 t}{\sqrt{4vt}} \right) \right] \right\} \exp(-\sigma t), \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \overline{z(t)} = & \left\{ V_2 t + 2 \sqrt{\frac{vt}{\pi}} \operatorname{ch} \frac{h V_2}{2v} \exp \left(-\frac{h^2 + V_2^2 t^2}{4vt} \right) + \right. \\ & \left. + \frac{1}{2} \left[(h + V_2 t) \Phi \left(\frac{h + V_2 t}{2\sqrt{vt}} \right) + (h - V_2 t) \Phi \left(\frac{h - V_2 t}{2\sqrt{vt}} \right) \right] \right\} \exp(-\sigma t), \end{aligned} \quad (4)$$

где $\Phi(x)$ – интеграл вероятностей [8].

Из выражения (3) при достаточно больших временах (при $t \rightarrow \infty$), учитывая, что выражение в квадратных скобках в (3) стремится к 2, получаем $\overline{x(t)} = V_1 t$. Следовательно, при достаточно больших значениях t центр тяжести облака перемещается со скоростью ветра вдоль оси Ox . Чтобы прояснить зависимость $\overline{x(t)}$ при меньших временах нами были проведены численные расчеты, результаты которых для нескольких вариантов представлены на рис. 1 при $h=7$ м, $V_1=120$ м/мин и $\sigma=0$.

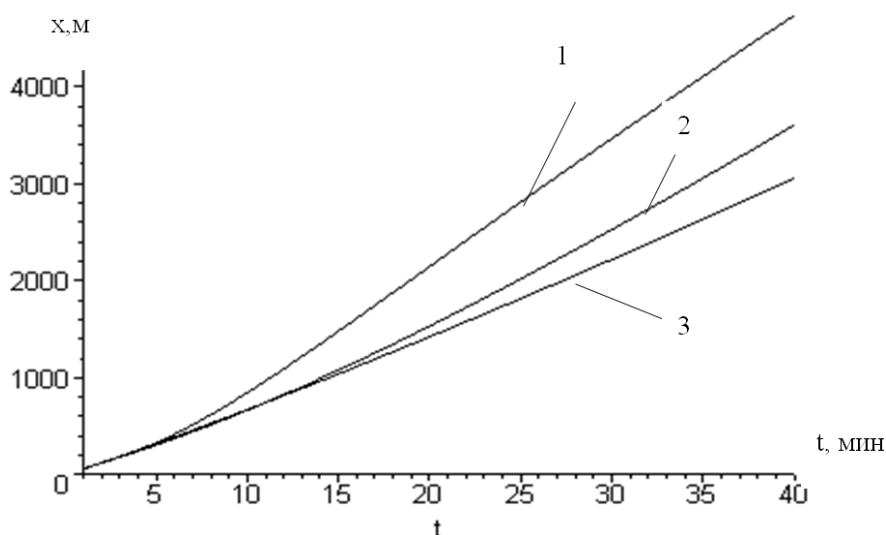


Рис. 1 – Зависимость $\overline{x(t)}$ от времени: кривая 1- расчет при $V_2=0,6$ м/мин, $\mu = \nu = 0,972\text{м}^2/\text{мин}$; кривая 2 – при $V_2= 0,2$ м/мин, $\mu = \nu = 0,972\text{м}^2/\text{мин}$; кривая 3- при $V_2= 0,2$ м/мин, $\mu = \nu = 6\text{м}^2/\text{мин}$

Такая зависимость $\bar{x}(t)$ полностью соответствует картине, которая была получена в работе [1] путем достаточно сложных рассуждений и выкладок с использованием различных безразмерных параметров. В частности, в [1] показано, что при относительно малых значениях t величина $\bar{x}(t) = \tilde{V}t$, где $\tilde{V} < V_1$, а значение \tilde{V} зависит от V_1 и постоянной Кармана.

Таким образом, нами для $\bar{x}(t)$ получено простое и физически прозрачное выражение. Его смысл состоит в том, что в начальный момент времени на небольших расстояниях от источника, когда турбулентность еще не установилась, скорость центра облака меньше скорости ветра. Однако, начиная с расстояний (а значит и времени t), когда турбулентность движения потока становится стационарной, скорость движения центра облака совпадает со скоростью ветра V_1 . Кроме того, наличие множителя $\exp(-\sigma t)$ приводит к замедлению скорости за счет убывания вещества.

Для среднего значения $\bar{z}(t)$ выражение (4) более сложное, а его величина не зависит от скорости ветра V_1 и определяется параметром ν , высотой источника h и скоростью V_2 . Примеры расчетов зависимости $\bar{z}(t)$ от времени t представлены на рис. 2 при $h = 7$ м, $\nu = 0,972$ м²/мин.

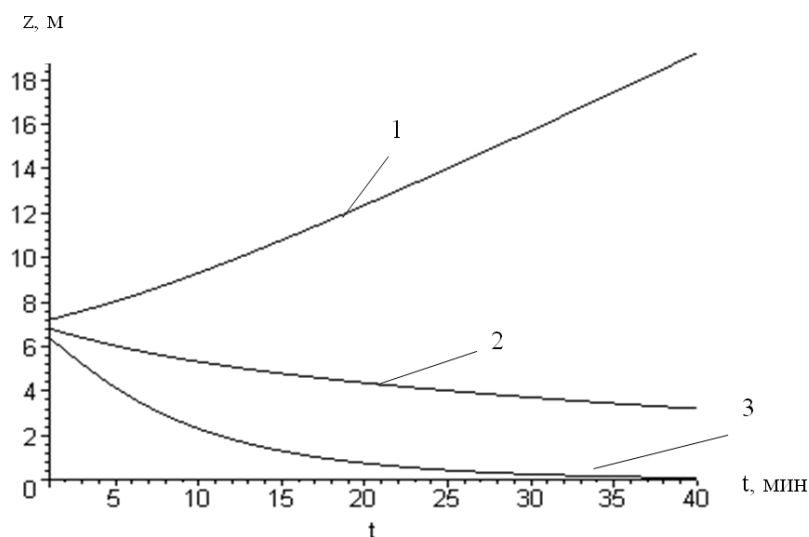


Рис. 2 – Зависимость среднего значения $\bar{z}(t)$ от времени t : кривые 1, 2 и 3 - расчеты при $V_2 = 0,2; -0,2$ и $-0,6$ м/мин

В отличие от [1] полученная зависимость для $\bar{z}(t)$ от времени t , как видно и из рис. 2, существенно зависит от состояния атмосферы. Так, при инверсии и паров с плотностью, большей плотно-

сти воздуха ($V_2 < 0$), зависимость от t различна при разных значениях V_2 , а $\bar{z}(t)$ уменьшается со временем. При конверсии и паров с плотностью, меньшей плотности воздуха ($V_2 > 0$), величина $\bar{z}(t)$ почти линейно возрастает с увеличением t . При нейтральном состоянии атмосферы значения $\bar{z}(t)$ определяются только плотностью паров испаряющейся жидкости.

Аналогичным способом можно рассчитать значения $\overline{x^2(t)}$ и $\overline{z^2(t)}$ и найти соответствующие дисперсии

$$\sigma_x^2(t) = \overline{x^2(t)} - \overline{x(t)}^2, \quad \sigma_z^2(t) = \overline{z^2(t)} - \overline{z(t)}^2, \quad \sigma_{zh}^2(t) = \overline{[z(t) - h]^2}. \quad (6)$$

Дисперсия $\sigma_z^2(t)$ вычисляется относительно среднего значения $\bar{z}(t)$, а $\sigma_{zh}^2(t)$ - относительно высоты h источника выброса. В связи с громоздкостью полученных выражений мы не приводим их явный вид. Однако, можно показать, что при достаточно больших t ($t \gg 1$)

$$\sigma_x^2(t) \approx [2\mu t + V_1^2 t^2 (1 - \exp(-2\sigma t))] \exp(-\sigma t), \quad (7)$$

$$\sigma_z^2(t) \approx \left[\frac{1}{2} H^2 + h V_2 t \right] \exp(-\sigma t), \quad \sigma_{zh}^2(t) = 2[V_2^2 t^2 + vt] \exp(-\sigma t), \quad (8)$$

где H - числовой коэффициент.

Из (7) следует, что неопределенность положения центра облака по оси Ox определяется коэффициентом турбулентной диффузии μ , скоростью ветра V_1 и параметром σ . Величина $\sigma_z^2(t)$ при $\sigma = 0$ линейно растет со временем, а при нейтральной стратификации атмосферы (при $V_2 = 0$ и $\sigma \neq 0$) убывает со временем. Значение $\sigma_{zh}^2(t)$ с возрастанием времени сначала возрастает, а потом убывает до нуля.

Полученное выражение (3) для $\bar{x}(t)$, которое определяет дальность нахождения максимума концентрации в первичном облаке от источника выброса, определяется, таким образом, только скоростью ветра V_1 и параметром σ . Указанное значение $\bar{x}(t)$ устраняет один из главных недостатков методики [9], в которой даль-

ность удаления облака при всех скоростях V_1 значительно превышает величину $V_1 t$.

Исходя из рассчитанных значений $\bar{x}(t)$ и $\bar{z}(t)$, можно согласно [7] определить избыточное давление \bar{P}

$$\bar{P} = \frac{P - P_0}{P_0} = 0,285 \frac{\exp(0,52(\ln \bar{R})^2)}{\bar{R}^{0,9}}, \quad (9)$$

где $\bar{R} = \sqrt{\bar{x}(t)^2 + \bar{z}(t)^2} / R_0$, $R_0 = (m \frac{Q}{P_0})^{1/3}$, m – масса облака, Q –

удельная теплота взрыва газовой смеси.

Простые оценки показывают, что при массе выброшенного метанола от 200 до 300 кг и через 10 мин после образования первичного облака величина $\bar{R} \geq 1$. Тогда для избыточного давления на расстоянии 600 м от центра облака получаем 3-4 атмосферы. Учитывая, что на этом расстоянии находится источник выброса, необходимо при ликвидации аварии учитывать возможность поражения взрывной волной.

Выводы. Предложенный подход позволяет рассчитывать взрывоопасные зоны при разрушении резервуаров с химическими веществами и распространении первичного облака. Показано, что возникающая ударная волна может быть даже более существенным фактором поражения, чем возможность интоксикации. Поэтому при составлении планов ликвидации аварии необходимо кроме зон заражения определять зоны поражения ударной волной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бызова Н.Л. Гаргер Е.К., Иванов В.Н. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчёты рассеяния примеси. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 280 с.
2. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. - Л.: Гидрометеиздат, 1975.– 448 с.
3. Берлянд М. Е. Временные методические указания по определению содержания примесей в атмосфере. -Л.: Гидрометеиздат, 1971 – 365с.
4. Захаренко О.В. Созник А.П. Определение зон заражения при разрушении резервуара с метанолом на открытом складе хи-

- мического підприємства // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. праць УЦЗ України. Вип.4.-Харків:Фоліо, 2006.- С.106 – 114.
5. Захаренко О.В. Созник А.П. Распространение вторичного облака заражения при разливе химического вещества из резервуара // Наук.-практ. конф. „Захист населення і території у надзвичайних ситуаціях”.- Харків: УЦЗУ, 2006. - С.25.
 6. Маршалл В. Основные опасности химических производств - М.: Мир, 1989.- 672с.
 7. Количественная оценка риска химических аварий / Под ред. В.М. Колодкина. – Ижевск, 2001. - 226с.
 8. Грандштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов сумм, рядов и произведений – М. : Гос. издат. физ.-мат. лит-ры, 1962.- 1097с.
 9. Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті. Затверджена Наказом МНС, Міністерства аграрної політики, Міністерства економіки, Міністерства екології і природних ресурсів від 27.03.2001 року № 73/82/64/122.

АННОТАЦИИ

Аветисян В.Г., Тригуб В.В.

АЛГОРИТМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОЛИЧЕСТВА ПОСТРАДАВШИХ НА РАЗРУШЕННЫХ ЗДАНИЯХ

Показаны подходы к определению количества пострадавших на разрушенных строениях

Говаленков С.С., Панина Е.А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ

В статье рассматривается экспериментальное определение параметров корреляционных функций для построения стохастической математической модели распределения концентраций опасных химических веществ в воздухе в результате пожара, обусловленного мгновенной утечкой газа. Источником случайности являются случайные изменения направления и скорости ветра.

Бабич А.С.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЮ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ КОНВЕРСИЙНЫХ ТОПЛИВ

Одной из главных проблем есть проведение работ в очагах радиационного, химического и биологического заражения на территории объектов производственного и сельскохозяйственного назначения.

Проведенный анализ показывает, что существующие технические средства, предназначенные для проведения защитных мероприятий в мирное время, разрешают механизировать работы с жидкими активными веществами объемом до 1 л и, дальше, начиная с 400 л, а в промежутке указанных объемов такая возможность отсутствующая.

Удовлетворить поставленные требования возможно, используя энергию газов, которые образуются при сгорании твердых газифицирующих составов (ТГС) в газогенерирующих устройствах.

ABSTRACTS

Avetisyan V.G., Trigub V.V.

SUFFERERS QUANTITY PROGNOSTICATION ALGORITHM ON THE DESTROYED BUILDINGS

Approach of determining the sufferers quantity on the destroyed buildings is shown

Govalenkov S.S., Panina Ye.A.

DETERMINATION OF CORRELATION FUNCTIONS PARAMETERS FOR STOCHASTIC MODELING OF HAZARDOUS CHEMICAL SUBSTANCES CONCENTRATION PROFILE IN AIR

In the article experimental determination of parameters of cross-correlation functions is examined for the construction of stochastic mathematical model of distributing of concentrations of hazardous chemical substances in mid air as a result of fire, conditioned an instantaneous gas leak. The source of chance are casual changes of direction and speed of wind.

Babich A.S.

INCREASE OF EFFICIENCY OF ACTIONS OF DISINFECTION BY APPLICATION OF CONVERSION FUEL

One of the main problems is works in the centers of radiating, chemical and biological infection in territory of an agricultural production.

The lead analysis shows, that the existing means intended for carrying out of protective actions in a peace time allow to mechanize works with liquid active substances in volume up to 1 litre and, further, since 400 litres, and in an interval of the specified volumes such opportunity absent.

To satisfy the put requirements probably using energy of gases which turn out at combustion of gunpowder.

*Акулов В.М., Кулаков О.В., Райз Ю.М., Сат-
цюк Д.В., Черный С.В.*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЭРОСТАТОВ И
АЭРОЗОНДОВ ДЛЯ ВОЗДУШНОГО
НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ
ТЕРРИТОРИИ**

На примере наблюдения за противопожарным состоянием лесных массивов проанализирована существующая в Украине система наблюдения за состоянием ее территории. Рассмотрены перспективы использования привязных аэростатов и аэрозондов для организации в стране круглосуточного воздушного наблюдения

Альбоцкий О.В.

**К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ
ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ОПЕРАТИВНО-
СПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ**

В статье рассматривается задача максимизации эффекта от проведения учебных мероприятий, решение которой может быть полезным при планировании и организации подготовки подразделений оперативно-спасательной службы гражданской защиты

Басманов А.Е., Говаленков С.С.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ДИФфуЗИИ ПАРОВ ОПАСНЫХ
ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ**

В статье рассматривается решение уравнения диффузии паров веществ в воздухе для оценки чрезвычайной ситуации с наличием опасных химических веществ. Предложен стохастический подход к построению математической модели распространения паров веществ в воздухе в результате чрезвычайной ситуации, связанной с мгновенной утечкой газа. Источником случайности являются случайные изменения направления и скорости ветра.

Безуглов О.Е.

**СТОХАСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД
К ЗАДАЧЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ
ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА**

Рассмотрен стохастический подход к моделированию чрезвычайной ситуации техногенного характера на примере начальной стадии пожара в производственном помещении. Модель может быть использована при разработке систем автоматического пожаротушения.

*Akulov V.M., Kulakov O.V., Rayz Yu.M., Sat-
syuk D.V., Chornyi S.V.*

**BALLOONS AND AEROPROBES USAGE
FOR AIR SURVEILLANCE ON THE
TERRITORY STATE**

On the example of surveillance on the fire-prevention state of forest tracts the existing in Ukraine system of surveillance on the state of its territory is analyzed. The prospects of the usage of captive balloons and aeroprobes for organization in the country of round-the-clock air surveillance are considered

Al'boshchiy O.V.

**TO QUESTION OF FIELD-RESCUE
SERVICE UNITS TRAINING EFFICIENCY
SUPPORT**

In the article the task of maximization of effect from the leadthrough of educational measures is examined, the decision of which can profit at planning and organization of preparation of subdivisions to the operatively-rescue services of civil defence

Basmanov A.Ye., Govalenkov S.S.

**MATHEMATICAL MODEL OF
HAZARDOUS CHEMICAL SUBSTANCES
STEAMS DIFFUSION IN THE AIR**

In the article the decision of equation of diffusion of steams of matters is examined in mid air for the estimation of emergency with the presence of hazardous chemical substances. The stochastic approach is offered near the construction of mathematical model of distribution of steams of matters in mid air as a result of emergency, related to the instantaneous gas leak. The source of randomness are random changes of direction and speed of wind.

Bezuglov O.Ye.

**STOCHASTIC APPROACH TO TASK
OF SIMULATION OF EMERGENCY
OF ANTHROPOGENIC TYPE**

The stochastic approach near the design of extraordinary situation of **ANTHROPOGENIC TYPE** on the example of the initial stage of fire in a shopfloor is considered. A model can be used for development of the systems of automatic fire-extinguishing.

Бессонный В.Л.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА
ИНФОРМАЦИОННОЙ
ИЗЫТОЧНОСТИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ
МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЙ**

Предлагается использование метода информационной избыточности для обеспечения достоверности результатов мониторинга чрезвычайных ситуаций путем введения в систему дополнительных переменных с целью получения контрольных соотношений между переменными, а также с использованием соответствующих организационных мер.

Бондаренко С.Н.

**АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ
К МОБИЛЬНЫМ РОБОТО-
ТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСАМ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫМ В УСЛОВИЯХ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

В статье рассмотрены область применения, круг решаемых задач, требования к мобильным РТК, предназначенных для работы в экстремальных условиях

Горносталь С.А., Созник А.П.

**АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ
В РЕГЕНЕРАТОРЕ АЭРОТЕНКА**

На основе численного решения системы дифференциальных уравнений, описывающей явления восстановления окислительной способности активного ила в регенераторе, проведен анализ полученных результатов. Рассмотрено влияние величин различных параметров, входящих в уравнения, на физические значения концентраций составляющих ила, субстрата и продуктов автолиза

Квитковский Ю.В.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ
ВОЗМОЖНОГО УЩЕРБА
И ПОВРЕЖДЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ
В СЛУЧАЕ ВЗРЫВА ГАЗОВОЗДУШНОЙ
СМЕСИ**

В статье приведена общая методика определения степени повреждений на предприятии во время взрыва газовой смеси, а также оценки уровня возможного ущерба

Bessonnyi V.L.

**USE OF INFORMATION REDUNDANCY
METHOD FOR ASSURANCE
OF VERACITY OF EMERGENCY
MONITORING RESULTS**

The use of method of information redundancy is offered for providing of authenticity of results of monitoring of extraordinary situations by introduction to the system of additional variables with the purpose of receipt of control relationship by variables, and also with the use of the proper organizational measures.

Bondarenko S.N.

**ANALYSIS OF SPECIFICATIONS
FOR MOBILE ROBOT-TECHNICAL
COMPLEXES USED IN THE CONDITIONS
OF EMERGENCIES**

In the article an application domain, circle of the decided tasks, requirements, is considered to mobile RTC, intended for work in extreme terms

Gornostal' S.A., Sozник A.P.

**ANALYSIS OF MATHEMATICAL MODEL
OF PROCESSES OCCURRING
IN AEROTANK REGENERATOR**

On the basis of numeral decision of the system of differential equations, describing the phenomena of renewal oxidizing ability of active silt in a regenerator, the analysis of the got results is conducted. Influence of sizes of different parameters, included in equations is considered, on the physical values of concentrations of constituents of silt, substrate and products of autolysis

Kvitkovskiy Yu.V.

**DETERMINATION OF POSSIBLE
DAMAGES LEVEL ON ENTERPRISE
IN THE CASE OF AIR-GAS MIXTURE
EXPLOSION**

In the article the general method of determination of degree of damages is resulted on an enterprise during the explosion of air-gas mixture, and also estimation of level of possible harm

Кирочкин А.Ю., Левтеров А.А., Тютюнник В.В., Шевченко Р.И.

**ПОДСИСТЕМА МОНИТОРИНГА
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
В ГОРОДАХ УКРАИНЫ
КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ
ИНТЕГРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
БЕЗОПАСНОСТИ**

В работе рассмотрены основы построения подсистемы мониторинга чрезвычайных ситуаций, возникающих в городах Украины. Представлена структурная схема и модель данной системы.

Кривцова В.И., Ключка Ю.П., Грушко А.И.

**ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ
ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНОЙ
СИТУАЦИИ В СИСТЕМЕ ХРАНЕНИЯ
И ПОДАЧИ ВОДОРОДА**

Получены зависимости для оценки вероятности возникновения аварийной ситуации в системе хранения и подачи водорода. Показано, что по истечении некоторого времени более опасная система на начальном этапе эксплуатации может оказаться менее опасной.

Кулешов Н.Н.

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВО ВРЕМЯ
ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

В статье конкретизировано содержание взаимодействия и предложена новая структура и содержание плана взаимодействия органов управления и их сил во время ликвидации отдельных чрезвычайных ситуаций, разработана схема взаимодействия

Кустов М.В., Калугин В.Д.

**ПОВЕДЕНИЕ ЭМУЛЬСИЙ
С ЛЕГКОКИПАЮЩЕЙ ДИСПЕРСНОЙ
ФАЗОЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ
ТЕМПЕРАТУР**

В работе рассмотрены пути повышения эффективности поглощения тепла от горячих сред и поверхностей – водой и растворами на её основе. Рассмотрен механизм действия эмульсий с легкокипящей дисперсной фазой в условиях высоких температур. Экспериментально подтверждены представления об интенсивности теплоотбора эмульсиями как из газовой среды, так и с разогретой поверхности. Установлено влияние дисперсности эмульсий на эффективность поглощения тепла.

Kirochkin A.Yu., Levterov A.A., Tyutyunik V.V., Shevchenko R.I.

**EMERGENCY MONITORING
SUBSYSTEM OF CITIES OF UKRAINE
AS INGREDIENT OF INTEGRAL SAFETY
SYSTEM**

Bases of construction of subsystem of monitoring of extraordinary situations, arising up in the cities of Ukraine are in-process considered. A flow diagram and model of this system is presented.

Krivtsova V.I., Klyuchka Yu.P., Grushko A.I.

**ESTIMATION OF INCIDENT ORIGIN
PROBABILITY IN HYDROGEN STORING
AND FEED SYSTEM**

Dependences are got for the estimation of probability of origin of emergency situation in the system of storage and serve of hydrogen. It is shown that after expiration of some time more dangerous system on the initial stage of exploitation can appear less dangerous.

Kuleshov N.N.

**IMPROVEMENT OF CO-OPERATION
SYSTEM DURING EMERGENCY EFFECT
ELIMINATION**

In the article maintenance of co-operation is specified and a new structure and maintenance of plan of co-operation of organs of management and their forces is offered during liquidation of separate extraordinary situations, the chart of co-operation is developed

Kustov M.V., Kalugin V.D.

**BEHAVIOR OF EMULSION WITH EASILY
BOILING INTERNAL PHASE
UNDER THE CONDITIONS OF HIGH
TEMPERATURES**

The ways of increase of efficiency of absorption of heat are in-process considered from hot environments and surfaces – by water and solutions on its basis. The mechanism of action of emulsions is considered with easily boiling dispersible phase in the conditions of high temperatures. Pictures are experimentally confirmed of intensity by emulsions heat removal both from a gas environment and from a warmed-up surface. Influence of dispersion of emulsions is set on efficiency of absorption of heat.

Куценко Л.Н., Васильев С.В.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНЕШНИХ
ПРОЯВЛЕНИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЙ КАК ДВУХФАЗНЫХ
ГЕТЕРОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

Рассмотрены пути моделирования и прогнозирования внешних проявлений чрезвычайных ситуаций как двухфазных гетерогенных процессов на плоскости (как проекцию на карту местности) на примере распространения лесного пожара с неизвестным количеством неопределенных параметров

Малярюв М.В., Щербак Г.В.

**АЛГОРИТМ ПОИСКА
МАЛОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ
НА МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЕЕ
ФРАКТАЛЬНЫХ СВОЙСТВ**

В статье предложено осуществлять обнаружение пострадавших вследствие чрезвычайных ситуаций на море при помощи использования фрактальных свойств морской поверхности. Предложен критерий фрактального обнаружения, рассмотрены особенности его применения.

Маринин В.С., Умеренкова К.Р.

**ЭКОЛОГИЧНЫЕ ДВИГАТЕЛИ – ПУТЬ
ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ**

Обеспечение техногенной безопасности окружающей среды связано с уменьшением выбросов в атмосферу токсичных веществ. Одним из путей решения этой проблемы является создание экологически безопасных автомобильных двигателей, конвертированных на альтернативные моторные топлива (АМТ). Предложен новый эффективный метод определения теплофизических свойств таких топлив.

Михайлюк А.А.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА
МОДЕЛИ, ОПИСЫВАЮЩЕЙ
ЧРЕЗВЫЧАЙНУЮ СИТУАЦИЮ
ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА**

Проведена экспериментальная проверка математической модели чрезвычайной ситуации техногенного характера на примере модели горящего резервуара с нефтепродуктом

Kutsenko L.N., Vasil'ev S.V.

**SIMULATION OF EXTERNAL
OCCURRENCES OF EMERGENCIES
AS TWO-PHASE HETEROGENEOUS
PROCESSES**

The ways of design and prognostication of external displays of extraordinary situations are considered as two-phase heterogeneous processes on a plane (as a projection on the map of locality) on the example of distribution of forest fire with the unknown amount of indefinite parameters

Malyarov M.V., Shcherbak G.V.

**LOW-SIZED OBJECTS SEARCH
ALGORITHM ON SEA SURFACE USING
ITS FRACTAL PROPERTIES**

In the article it is suggested to carry out finding out sufferers because of extraordinary situations at the seaside through the use of fractal properties of marine surface. The criterion of fractal discovery is offered, the features of his application are considered.

Marinin V.S., Umerenkova K.R.

**ECOLOGICAL ENGINES – THE WAY
OF ENVIRONMENT ANTHROPOGENIC
SAFETY RISING**

Providing of technogenic safety of environment is related to diminishing of atmospheric emission of toxic matters. One of ways of decision of this problem is creation ecologically of safe motor-car engines, converted on alternative motor fuels (AMF). The new effective method of determination of thermalphysic properties of such fuels is offered.

Mikhaylyuk A.A.

**EXPERIMENTAL VERIFICATION
OF MODEL DESCRIBING EMERGENCY
OF ANTHROPOGENIC TYPE**

Experimental verification of mathematical model of extraordinary situation of technogenic character is conducted on the example of model of conflagrant reservoir with petroleum product

Ромин А.В., Фесенко Г.В., Попов В.М.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ
НАСЕЛЕНИЯ В ЗОНАХ ХИМИЧЕСКОГО
ЗАРАЖЕНИЯ**

Рассмотрен порядок прогнозирования потерь населения в зонах химического заражения с учетом данных о местах пребывания людей в течение суток. Получены зависимости потерь числа пораженных от соотношения сельского и городского населения в районе заражения, а также от времени действия опасного химического вещества на людей с различными степенями защиты.

Рудаков С.В., Швец С.В.

**ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
НА АТОМНЫХ СТАНЦИЯХ ПУТЕМ
ОЦЕНИВАНИЯ СОСТОЯНИЯ
ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

В статье предложена методика контроля параметров изоляции кабельных изделий, находящихся в эксплуатации на атомных объектах, которая своевременно выявит старение компонентов изоляции кабелей, что в свою очередь позволит предотвратить чрезвычайную ситуацию на объекте. Показано применение данной методики для образцов кабелей, которые находились в эксплуатации на атомной станции.

Савченко А.В., Киреев А.А.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ
ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИХ СОСТАВОВ
ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЙ СО ВЗРЫВАМИ
В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТКА ВОДЫ**

Обоснована перспективность применения гелеобразующих составов при ликвидации чрезвычайных ситуаций со взрывами, в условиях недостатка воды. Показано, что использование данных составов позволяет уменьшить необходимый объем огнетушащего вещества в 11-13 раз.

*Садковой В.П., Абрамов Ю.А., Тищенко Е.А.,
Гвоздь В.М.*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК МАКЕТНОГО
ОБРАЗЦА ДАТЧИКА ПЕРВИЧНЫХ
ФАКТОРОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЙ**

Определены временные характеристики и решена задача идентификации их параметров применительно к датчикам первичных факторов с терморезистивным чувствительным элементом

Romin A.V., Fesenko G.V., Popov V.M.

**POPULATION LOSSES PREDICTION
IN CHEMICAL POLLUTION AREAS**

The order of prognostication of losses of population is considered in the areas of chemical infection taking into account information about the places of stay of people during days. Dependences of losses of number are got staggered from correlation of rural and city population in the district of infection, and also from time of action of hazardous chemical substance on people with the different degrees of defense.

Rudakov S.V., Shvets S.V.

**EMERGENCIES PREVENTION ON THE
ATOMIC POWER STATIONS BY
ESTIMATION OF THE CABLE PRODUC-
TION ISOLATION STATE**

The method of control of parameters of isolation of cable wares, being in exploitation on atomic objects, which will expose the senescence of components of isolation of cables in good time, is offered in the article that in same queue will allow preventing an extraordinary situation on an object. Application of this method is shown for the standards of cables which were in exploitation at the atomic station.

Savchenko A.V., Kireev A.A.

**PROSPECTS OF GELLING AGENTS
APPLICATION WHEN ELIMINATING
EMERGENCIES WITH EXPLOSIONS
IN WATER SCARCITY ENVIRONMENT**

Perspective of application of gel-forming compositions is grounded at liquidation of extraordinary situations with explosions, in the conditions of lack of water. It is shown that the use of these compositions allows decreasing the necessary volume of fire extinguishing matter in 11-13 times.

*Sadkovoy V.P., Abramov Yu.A.,
Tishchenko Ye.A., Gvozd' V.M.*

**TIMING DATA DETERMINATION OF
BREADBOARD TEST SAMPLE OF
EMERGENCIES PRIMARY FACTORS
SENSOR**

Temporal descriptions are determined and the task of authentication of their parameters is decided as it applies to the sensors of primary factors with a thermal resistive sensitive element

Стрелец В.М., Бородич П.Ю.

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АППАРАТА
Е-СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ
В МЕТРОПОЛИТЕНЕ**

Использование аппарата Е-сетей позволяет при проведении имитационного моделирования аварийно-спасательных работ в метрополитене отразить закономерности их организации и проведения

Тарадуда Д.В., Шевченко Р.И.

**АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ
ОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ГОРОДА
ХАРЬКОВА, В СОСТАВ КОТОРЫХ
ВХОДЯТ АММИАЧНЫЕ
ХОЛОДИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ,
И МЕТОДОВ ЕЕ ОЦЕНКИ**

Проведен анализ потенциальной опасности объектов г. Харькова, в состав которых входят аммиачные холодильные установки, и их влияния на инфраструктуру и население. Предложен подход к оценке химической опасности потенциально опасных объектов, основывающийся на технических, территориально-демографических критериях и критериях внешнего воздействия.

Тарасенко А.А.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСХОДНЫХ
ПАРАМЕТРОВ ОБЛАСТЕЙ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

Предложены новые математические модели для описания границ картографированных объектов и их свойств, заданных в пределах границ. Модели могут применяться при создании географических информационных систем для преодоления последствий ЧС

Тесленко А.А., Михайлюк А.П., Олейник В.В.

**К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ
ПОСЛЕДСТВИЙ ВЫБРОСА ОПАСНЫХ
ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
ПРИ АВАРИЯХ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ
ОБЪЕКТАХ**

Предпринята попытка использовать возможности имитационного моделирования для прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ при авариях на промышленных объектах

Strelets V.M., Borodich P.Yu.

**ANALYSIS OF E-NETS APPARATUS
POSSIBILITIES FOR CARRYING OUT
OF WRECKING SIMULATION
IN UNDERGROUND RAILWAY**

The use of apparatus of E-nets allows during the leadthrough of imitation design wrecking in underground passage to reflect conformities to law of their organization and leadthrough

Taraduda D.V., Shevchenko R.I.

**AN ANALYSIS OF OBJECTS HAZARD
OF CITY OF KHARKOV INCLUDING
THE AMMONIA REFRIGERATING
PLANTS AND OF ITS ESTIMATION
METHODS**

The analysis of potential danger of Kharkov objects is conducted, in the complement of which the ammoniac refrigeration settings and their influences enter on an infrastructure and population. Offered approach to the estimation chemical danger potentially dangerous objects, based on technical, territorial-demographic criteria and criteria of external influence.

Tarasenko A.A.

**MATHEMATICAL SIMULATION
OF EMERGENCIES AREAS METRICS**

New mathematical models are offered for description of scopes of the drawn a map objects and their properties, set within the limits of scopes. Models can be used at creation of the geographical informative systems for overcoming of consequences of emergencies

Teslenko A.A., Mikhaylyuk A.P., Oleynik V.V.

**TO QUESTION OF THE USE
OF SIMULATION AT PREDICTION
OF DANGEROUS CHEMICAL
SUBSTANCES EMISSION
CONSEQUENCES BY ACCIDENT
ON INDUSTRIAL PROJECTS**

An attempt to use possibilities of imitation design for prognostication of consequences of the troop landing of hazardous chemical substances at failures on industrial objects is undertaken

Толкунов И.О., Маринюк В.В., Попов И.И., Пономар В.В.

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ НОРМАТИВНОГО
АЭРОИОННОГО РЕЖИМА РАБОЧЕЙ
СРЕДЫ ПОМЕЩЕНИЙ
СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
МЧС УКРАИНЫ**

Обоснована целесообразность искусственной аэроионизации рабочей среды помещений специального назначения путем применения электрического коронного разряда и определены основные тактико-технические требования к методам и средствам для ее реализации. Определены общие подходы разработки электронных схем коронных ионизаторов локального типа для помещений оперативного управления силами и средствами МЧС Украины

Третьяков О.В., Пономаренко Р.В.

**ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ
ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО
ХАРАКТЕРА, СВЯЗАННЫХ
С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ПОВЕРХНОСТНЫХ
ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ
ИОНАМИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

В статье рассмотрены реагентные методы удаления ионов железа и марганца из воды поверхностных источников. Установлены преимущества и недостатки метода эжекционной аэрации воды. Предложены пути повышения эффективности удаления ионов железа и марганца методом эжекционной аэрации.

Улинец Э.М.

**ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ
ПРИ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

На примере чрезвычайной ситуации техногенного характера, связанной с разливом и пожаром нефтепродукта, предложены алгоритмы использования программного комплекса поддержки принятия решения руководителем локализации и ликвидации чрезвычайной ситуации

Tolkunov I.O., Marinyuk V.V., Popov I.I., Ponomar V.V.

**SOME ASPECTS OF STANDARD
AEROIONIC MODE ASSURANCE
OF SPECIAL PURPOSE FACILITIES
WORKING MEDIUM OF ME OF UKRAINE**

Expedience of artificial aeroionization of working environment of apartments of the special setting is grounded by application of electric corona digit and the basic performance requirements are certain to the methods and facilities for its realization. General approaches of development of electronic charts of corona ionizers of local type are certain for the apartments of operative management forces and facilities of ministry of emergency measures of Ukraine

Tret'yakov O.V., Ponomarenko R.V.

**PREVENTION OF INITIATION
OF EMERGENCIES
OF ANTHROPOGENIC TYPE
CONNECTED WITH WATER SUPPLY
SURFACE SOURCES CONTAMINATION
WITH HEAVY METALS IONS**

In the article the reagent methods of delete of ions of iron and manganese are considered from water of superficial sources. Advantages and lacks of method of the ejection airing of water are set. The ways of increase of efficiency of delete of ions of iron and manganese are offered by the method of the ejection airing.

Ulinets E.M.

**FEATURES OF THE USE OF DECISION-
MAKING SUPPORT SOFTWARE
PRODUCTS AT LOCALIZATION AND
ELIMINATION OF EMERGENCIES**

On the example of extraordinary situation of anthropogenic character, related to the overflow and fire of petroleum product, the algorithms of drawing on the programmatic complex of support of decision-making by a leader localization and liquidation of extraordinary situation are offered

Шевченко Л.П., Пирогов А.В.

**УПРАВЛЕНИЕ ЛИКВИДАЦИЕЙ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПУТЕМ
ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
И ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ**

В работе предложены модели, позволяющие принимать обоснованные решения относительно объемов ресурсов, необходимых для снижения потерь при ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также решать задачи оптимального выделения ресурсов и распределения их между функциональными подразделениями, привлекаемыми для ликвидации чрезвычайных ситуаций

Шляхов Н.А., Созник А.П., Захаренко О.В.

**ОЦЕНКА ХАРАКТЕРНЫХ ОПАСНЫХ
РАССТОЯНИЙ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ
АВАРИЙ НА ХИМИЧЕСКИХ
ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Получены выражения, которые позволяют оценить координаты центра тяжести газоздушного первичного облака, возникающего при разрушении резервуара. Показано, что исходя из полученных значений координат, зная массу облака и тепловоздушную способность химического вещества можно рассчитать величину избыточного давления при его взрыве в зависимости от расстояния до центра облака.

Shevchenko L.P., Pirogov A.V.

**EMERGENCIES ELIMINATION
MANAGEMENT BY OPTIMAL
RESOURCES ALLOCATION AND
REALLOCATION**

Models, allowing to accept the grounded decisions in relation to the volumes of resources, necessary for the decline of losses at liquidation of extraordinary situations, are in-process offered, and also to decide the tasks of optimum selection of resources and distributing them between functional subdivisions, attracted for liquidation of extraordinary situations

Shlyakhov N.A., Sozник A.P., Zakharenko O.V.

**CHARACTERISTIC DANGEROUS
DISTANCES ESTIMATION
AT ACCIDENTS ELIMINATION
ON CHEMICALS PLANTS**

Expressions, which allow estimating the coordinates of centre of gravity of air-gas primary cloud, arising up at destruction of reservoir, are got. It is shown that coming from the got values of co-ordinates, knowing mass of cloud and thermal air capacity of chemical matter it is possible to expect the size of surplus pressure at his explosion depending on distance to the center of cloud.

Аветісян В.Г., Тригуб В.В. Алгоритм прогнозування кількості потерпілих на зруйнованих будинках.....	3
Акулов В.М., Кулаков О.В., Райз Ю.М., Сацюк Д.В., Чорний С.В. Використання аеростатів та аерозондів для повітряного спостереження за станом території.....	7
Альбоцій О.В. До питання забезпечення ефективності підготовки підрозділів оперативно-рятувальної служби.....	13
Бабич О.С. Підвищення ефективності знезараження шляхом застосування конверсійних палив.....	20
Басманов А.Е., Говаленков С.С. Математическая модель диффузии паров опасных химических веществ в воздухе.....	29
Безуглов О.Е. Стохастический подход к задаче моделирования чрезвычайной ситуации техногенного характера.....	40
Бессонный В.Л. Использование метода информационной избыточности для обеспечения достоверности результатов мониторинга чрезвычайных ситуаций.....	44
Бондаренко С.Н. Анализ требований к мобильным робототехническим комплексам, используемым в условиях чрезвычайных ситуаций.....	51
Говаленков С.С., Панина Е.О. Определение параметров корреляционных функций для построения стохастической модели распределения концентраций опасных химических веществ в воздухе.....	58
Горносталь С.А., Созник А.П. Анализ математической модели процессов, происходящих в регенераторе аэротенка.....	69
Квітковський Ю.В. Визначення рівня можливих збитків та пошкоджень на підприємстві у випадку вибуху газоповітряної суміші.....	75
Кірючкін О.Ю., Левтеров О.А., Тютюник В.В., Шевченко Р.І. Підсистема моніторингу надзвичайних ситуацій в містах України, як складова інтегральної системи безпеки.....	81
Кривцова В.И., Ключка Ю.П., Грушко А.И. Оценка вероятности возникновения аварийной ситуации в системе хранения и подачи водорода.....	92
Кулешов М.М. Удосконалення системи взаємодії під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.....	103
Кустов М.В., Калугин В.Д. Поведение эмульсий с легкокипящей дисперсной фазой в условиях высоких температур.....	108
Куценко Л.М., Васильев С.В. Моделирование внешних проявлений надзвичайних ситуацій, як двофазних гетерогенних процесів.....	115
Маляров М.В., Щербак Г.В. Алгоритм пошуку малорозмірних об'єктів на морській поверхні з використанням її фрактальних властивостей.....	124
Маринин В.С., Умеренкова К.Р. Экологические двигатели – путь повышения техногенной безопасности окружающей среды.....	130
Михайлюк А.А. Экспериментальная проверка модели, описывающей чрезвычайную ситуацию техногенного характера.....	136
Ромин А.В., Фесенко Г.В., Попов В.М. Прогнозирование потерь населения в зонах химического заражения.....	140
Рудаков С.В., Швеи С.В. Предотвращение чрезвычайных ситуаций на атомных станциях путем оценивания состояния изоляции кабельных изделий.....	146
Савченко А.В., Киреев А.А. Перспективы применения гелеобразующих составов при ликвидации чрезвычайных ситуаций со взрывами в условиях недостатка воды.....	157
Садковой В.П., Абрамов Ю.А., Тищенко Е.А., Гвоздь В.М. Определение временных характеристик макетного образца датчика первичных факторов чрезвычайных ситуаций.....	162
Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Анализ возможностей аппарата Е-сетей для проведения имитационного моделирования аварийно-спасательных работ в метрополитене.....	168

Тарадуда Д.В., Шевченко Р.І. Аналіз потенційної небезпеки об'єктів міста Харкова, до складу яких входять аміачні холодильні установки, та методів її оцінки 177	Третьяков О.В., Пономарен- ко Р.В. Предотвращение возникно- вения чрезвычайных ситуаций тех- ногенного характера, связанных с загрязнением поверхностных источ- ников водоснабжения ионами тяже- лых металлов 207
Тарасенко О.А. Математичне моделювання вихідних параметрів областей надзвичайних ситуацій 185	Улинец Э.М. Особенности ис- пользования программных продук- тов поддержки принятия решения при локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций..... 215
Тесленко А.А., Михай- люк А.П., Олейник В.В. К вопросу использования имитационного мо- делирования при прогнозировании последствий выброса опасных хими- ческих веществ при авариях на про- мышленных объектах..... 194	Шевченко Л.П., Пирогов А.В. Управление ликвидацией чрезвы- чайных ситуаций путем оптималь- ного распределения и перераспреде- ления ресурсов 220
Толкунов І.О., Маринюк В.В., Попов І.І., Пономар В.В. Деякі ас- пекти забезпечення нормативного аероіонного режиму робочого середо- вища приміщень спеціального при- значення МНС України..... 198	Шляхов Н.А., Созник А.П., За- харенко О.В. Оценка характерных опасных расстояний при ликвида- ции аварий на химических предпри- ятиях 225

Наукове видання

ПРОБЛЕМИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Випуск 8

Відповідальний за випуск Ю.О. Абрамов

Технічний редактор О.Ю. Кірючкін

Підписано до друку 13.10.2008

Ум.-друк. арк. 13,99

Вид. арк. 13,86

Формат паперу 60x84/16

Тир. 300

Зам. 639 – 2008

Ціна договірна

61023, Харків, вул. Чернишевського, 94

Електронна адреса: <http://arbu.edu.ua/rus/>

Типографія Університету цивільного захисту України