

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

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

ПРОБЛЕМИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Випуск 11

**Зареєстрований Державним комітетом
телебачення і радіомовлення України**

28 лютого 2006 року

Серія КВ № 11041

Затверджено до друку Вченою радою
НУЦЗ України
(протокол № 9 від 25.03.2010 р.)

Харків 2010

УДК 303.09+331.101+351.861+351.861:514.18+355:389:681.518.3.08+502.5:504.062+614.8+614.84+614.842+614.876:355.58+621.175.3+621.3+625.032+628.35+681.518.3+697.953:537.56+699.85

Проблеми надзвичайних ситуацій [Текст] : зб. наук. пр. / НУЦЗ України. – Вип. 1 (2005)– . – Харків : НУЦЗУ, 2010– .
Вип. 11. – 2010. – 181 с. – 300 прим.

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.

Лл. – 22, табл. – 11

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ: д-р техн. наук, проф. *Ю.О. Абрамов* (відп. ред.), д-р техн. наук, проф. *Е.В. Бодяньський*, 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.

© Національний університет цивільного захисту України, 2010

*Акулов В.М., викл., НУЦЗУ,
Кулаков О.В., канд. техн. наук, заст. нач. каф., НУЦЗУ,
Райз Ю.М., викл., НУЦЗУ,
Хоменко В.С., викл., НУЦЗУ*

ОБҐРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАКІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВЕСНЯНИХ ПОВЕНЕЙ

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

Проаналізовано систему спостереження за станом території під час весняних повеней в Україні. Розглянуто перспективи використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для організації щодобового повітряного спостереження за станом територій. Для прикладу розглянуто порядок моніторингу басейну ріки Дніпро за допомогою БПЛА «Стрепет-С»

Ключові слова: повінь, безпілотний літальний апарат, спостереження

Постановка проблеми. У відповідності до статті 5 закону [1] основними завданнями цивільного захисту є, зокрема, збирання та аналітичне опрацювання інформації про надзвичайні ситуації, прогнозування та оцінка соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій. У відповідності до статті 8 того ж закону одним з основних заходів у сфері цивільного захисту є спостереження, яке включає організацію збирання, опрацювання та передачі інформації про стан довкілля.

Відрізняють надзвичайні ситуації техногенного, природного та соціально-політичного характеру. Одним з видів надзвичайної ситуації природного характеру є повінь. Аналіз повеней свідчить про те, що проблема захисту від їх наслідків території України у весняний період залишається актуальною. За прогнозом Українського гідрометеорологічного центру [2] при середньостатистичному розвитку погодних умов повінь 2010 року очікується вищим у порівнянні з минулорічним на 2,6-4,4 м на річках басейну Десни, та притоках Середнього Дніпра (Київська, Чернігівська, Сумська, Полтавська, Дніпропетровська області).

Для спостереження за станом річок у період повеней доцільне використання літальних апаратів, у тому рахунку безпілотних [3]. Перевагою БПЛА над літаками, що пілотуються є, зокрема, можливість старту з необладнаних майданчиків невеликих розмірів. Це дозволяє реалізувати регіональне розташування таких літаків без додаткової підготовки місць базування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На сьогодні Україна має вітчизняних виробників БПЛА. Наприклад, на Чугуївському авіаційному ремонтному заводі розроблені та виготовлені БПЛА серії «Стрепет» [3].

БПЛА «Стрепет-С» - це автоматизований носій різноманітного обладнання, призначений для виконання наступних задач: розвідка; патрулювання; спостереження з накопиченням і передачею інформації про об'єкт; пошук і знаходження об'єктів, спостереження за ними з можливим впливом; транспортування легких вантажів; виконання авіаційно-хімічних робіт; проведення спеціального моніторингу; ретрансляція, комутація, маршрутизація і перетворення сигналів зв'язку; вирішення прикладних наукових задач [4]. Три БПЛА «Стрепет-С» придбало МНС Російської Федерації. Питання застосування БПЛА для потреб МНС України не сьогодні залишається відкритим.

Постановка завдання та його вирішення. Розглянемо можливість застосування БПЛА для моніторингу території України під час весняних повеней на прикладі моніторингу басейну р. Дніпро за допомогою БПЛА «Стрепет-С».

Довжина р. Дніпро складає приблизно 2201 км, з яких 981 км – в межах України. Площа басейну – 504000 км², з них в межах України - 291400 км². Ширина дна річкової долини р. Дніпро, що затоплюється при повені, сягає 12 км [5].

БПЛА «Стрепет-С» має технічні характеристики [6]: дальність польоту – до 3000 км; час польоту – до 18 годин; оптимальна висота польоту – 2000 м.; максимальна висота польоту – 6000 м; злітна вага – 200 кг; корисне навантаження – до 50 кг; крейсерська швидкість – біля 170 км/год.

Для фіксації результатів спостережень доцільно використання фотоапаратури панорамної зйомки. Визначимо необхідну кількість БПЛА «Стрепет-С» для моніторингу всього басейну р. Дніпро на території України.

Площа території, яка фотографується, залежить від висоти польоту БПЛА та кута зору фотоапаратури. Оптимальна швид-

кість фотографування (при мінімальному накладанні сусідніх кадрів) визначається додатково швидкістю польоту БПЛА.

Обираємо фотоапаратуру з кутом зору 90° . З геометричних міркувань (див. рис.) площа одного фотознімку визначається за формулою

$$S_{zn} = 4 \cdot h^2, \quad (1)$$

де h – висота польоту БПЛА.

При висоті польоту $h=2$ км: $S_{zn} = 16$ км².

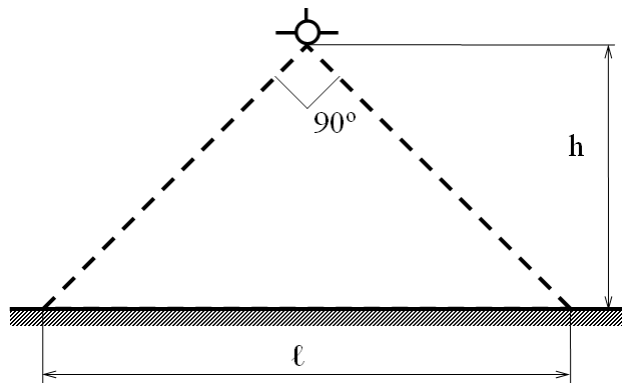


Рис. – Зона огляду фотоапарату БПЛА «Стрепет-С» (h – висота польоту БПЛА, l – ширина зони фотографування)

Швидкість зйомки синхронізована зі швидкістю польоту. При швидкості польоту БПЛА «Стрепет-С» 170 км/год для безперервної зйомки необхідно здійснювати наступне фотографування через час

$$t_{zn} = \frac{2 \cdot h}{v} = \frac{2 \cdot 2}{170} \approx 0,024 = 86,4 \text{ с}, \quad (2)$$

де v – швидкість польоту БПЛА.

Можливо здійснювати або моніторинг берегової лінії або моніторинг усього басейну.

При довжині р. Дніпро на території України $L=981$ км час польоту над береговою лінією р. Дніпро дорівнює

$$t_{пол} = \frac{L}{v} = \frac{981}{170} \approx 5,77 \text{ год.} \quad (3)$$

БПЛА повинен пройти берегову лінію у двох напрямках, тобто час льоту буде дорівнювати 11,54 год, що не перевищує технічний час польоту БПЛА «Стрепет-С» (18 годин) та тривалість світлового дня у березні-квітні.

Під час польоту фотоапарат повинен зробити

$$N_{\text{бл}} = \frac{t_{\text{пол}}}{t_{\text{зн}}} = \frac{5,77 \cdot 2 \cdot 3600}{86,4} \approx 481 \quad (4)$$

фотознімків.

Таким чином для спостереження за береговою лінією р. Дніпро в межах України достатньо щоденного польоту одного БПЛА «Стрепет-С».

Визначимо кількість БПЛА «Стрепет-С», необхідних для спостереження за усім басейном р. Дніпро. Площа басейну р. Дніпро у межах України дорівнює $S=291400 \text{ км}^2$, тому кількість фотознімків при спостереженні буде дорівнювати

$$N_{\text{бас}} = \frac{S}{S_{\text{зн}}} = \frac{291400}{16} \approx 18213. \quad (5)$$

Для виконання даної кількості знімків час польоту БПЛА «Стрепет-С» буде дорівнювати

$$t_{\text{бас}} = N_{\text{бас}} \cdot t_{\text{зн}} = 18213 \cdot 86,4 \approx 1573603 \text{ с.} \quad (6)$$

Необхідна кількість БПЛА

$$n_{\text{бас}} = \frac{t_{\text{бас}}}{t_{\text{л}}} = \frac{1573603}{12 \cdot 3600} \approx 37, \quad (7)$$

де $t_{\text{л}}$ – час льоту БПЛА, якій для БПЛА «Стрепет-С» дорівнює тривалості світлового дня (у березні-квітні 12 годин).

Висновок. Для спостереження за береговою лінією р. Дніпро в межах України достатньо щоденного польоту одного БПЛА «Стрепет-С». Для спостереження за усім басейном р. Дніпро в межах України необхідний щоденний політ 37 БПЛА «Стрепет-С», що не є доцільним.

Таким чином, застосування БПЛА для моніторингу території України під час весняних повеней доцільно проводити вздовж берегової лінії найбільш небезпечних з точки зору повені річок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про правові засади цивільного захисту: Закон України від 24 червня 2004 року зі змінами. м. Київ. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua>.
2. Прогноз гідрометеорологічних умов та тенденції виникнення надзвичайних ситуацій в Україні у березні 2010 року [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua/opinfo/4594.html#1>.
3. Чорний С.В. Обґрунтування радіусу дії безпілотного літака пошуково-рятувальної служби / С.В. Чорний, О.В. Кулаков, В.М. Акулов, Ю.М. Райз // Проблеми надзвичайних ситуацій: Сб. науч. тр. УЦЗ України.— Харьков: УЦЗУ, 2008. – Вып. 8. – С. 7-12.
4. БПЛА "Стрепет" [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.kavr.com.ua/ru/service?id=18>.
5. Дніпро [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE>.
6. Беспилотные самолеты современности [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://fenweapon.org.ru/index.php?go=Pages&in=print&id=169>.

Акулов В.М., Кулаков О.В., Райз Ю.М., Хоменко В.С.

Обоснование возможности применения беспилотных самолетов для мониторинга территории Украины во время весенних наводнений

Проанализирована система наблюдения за состоянием территории во время весенних наводнений в Украине. Рассмотрены перспективы использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для организации ежесуточного воздушного наблюдения за состоянием территорий. Для примера рассмотрен порядок мониторинга бассейна реки Днепр с помощью БПЛА «Стрепет-С»

Ключевые слова: наводнение, беспилотный летательный аппарат, наблюдение

Akulov V.M., Kulakov O.V., Rayz Yu.M., Khomenko V.S.

Grounds of possible pilotless vehicles application for the purpose of monitoring of the territory of Ukraine during spring flooding

The monitoring system of the territory situation during spring flooding in Ukraine has been analyzed. The perspectives of pilotless vehicle (PV) application for the purpose of organizing everyday air monitoring of the territory conditions have been considered. The procedure of the river Dnieper basin monitoring using the PV "Strepet-S" has been regarded as an example.

Key words: flood, pilotless vehicle, monitoring

УДК 351.861

*Альбошій О.В., канд. військ. наук, доц., НУЦЗУ,
Лазарев А.А., канд. техн. наук, доц., АБВ МВСУ*

ПОКАЗНИКИ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ ПІДРОЗДІЛІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ЯК ФУНКЦІЯ ДИНАМІКИ ТЕХНОГЕННИХ РИЗИКІВ

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

В статті розглядаються питання, пов'язані з обґрунтуванням показників кінцевих результатів діяльності органів і підрозділів цивільного захисту, які відповідають основним завданням організації та можуть бути придатними для реалізації моделі діяльності, що базується на управлінні ризиками

Ключові слова: органи і підрозділи цивільного захисту, показник результатів діяльності, ризик

Постановка проблеми. Пошук шляхів підвищення техногенної безпеки в державі обумовив підвищений інтерес до «ризик-менеджменту», як комплексу заходів щодо зниження ймовірності настання негативних подій, що носять випадковий характер. Виникнення «ризик-менеджменту» пов'язано, перш за все, з економічною сферою діяльності. В той же час, дана методологія управління є універсальною і може бути застосована і до інших сфер діяльності, пов'язаних з ризиками, зокрема до сфери цивільного захисту. Застосування методології «ризик-менеджменту» в діяльності органів і підрозділів цивільного захисту потребує введення відповідних показників для оцінювання результатів їх роботи.

Традиційна система показників заснована, головним чином, на звітних даних про кількість НС, кількість постраждалих, роз-

Альбошій О.В., Лазарев А.А.

мір прямих збитків від них. Показники такого роду відображають сукупний вплив на результат усіх факторів, незалежно від їх природи і характеру (детерміновані чи стохастичні). Вони носять індикативний характер, але досить умовно характеризують якість роботи органів і підрозділів цивільного захисту, оскільки в явному вигляді не відображають їх внесок у кінцевий результат.

Теорія «ризик-менеджменту» передбачає використання в якості показників кінцевих результатів діяльності показників ризику. Стосовно до сфери цивільного захисту, важливо щоб показники відображали вплив на ризики результатів діяльності структурних підрозділів. Тому реалізація методології «ризик-менеджменту» у сфері цивільного захисту обумовлює пошук відповідних показників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні принципи управління техногенною та природною безпекою в Україні пов'язуються з реалізацією моделі захисту, що спирається на управління ризиками. Питання актуальності управління ризиками надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру в сучасних умовах, пропозиції щодо принципів та механізмів регулювання техногенної та природної безпеки, а також інші організаційні питання щодо запровадження управління ризиками у сфері цивільного захисту в Україні визначені в проекті Концепції управління ризиками [1].

В роботах [2, 3] проведено аналіз і обґрунтування категорій ризиків, представлена їх класифікація, розроблена єдина методика оцінювання ризиків. Значна увага також приділена характеристиці методів виявлення ризиків. Але дані роботи присвячені ризикам, що виникають у сфері економіки та фінансів.

В роботі [4] розглядаються основи методики оцінки абсолютної економічної ефективності заходів пожежної безпеки, побудованої на основі теорії економічної ефективності та теорії ризик-менеджменту. Піднято питання щодо необхідності введення показників ефекту, що відображають рівень ризику.

В той же час, до питань, що потребують вирішення для впровадження управління ризиками у сферу цивільного захисту, відноситься обґрунтування показників результатів діяльності органів і підрозділів цивільного захисту.

Постановка завдання та його вирішення. При управлінні діяльністю будь-якої великої організації необхідно мати чітке та об'єктивне уявлення про кінцеві результати її роботи. При цьому

очевидно, що вони залежать від результатів роботи кожного її структурного підрозділу. При оцінюванні результатів діяльності організації важливо правильно вибрати показники, які б відображали кінцеві результати роботи. Задача вибору показників є важливим елементом управлінської роботи.

Із теорії систем [] відомо, що такі показники мають задовольняти ряду вимог, основними з яких є:

1. Відповідність показника основній меті діяльності організації.

2. Комплексність. Показник повинен враховувати і відображати складний характер діяльності в адекватному взаємозв'язку її форм та видів.

3. Ієрархічність. Усі показники повинні утворювати собою ієрархічну систему, яка б дозволяла адекватно відображати вплив діяльності кожного структурного підрозділу на оцінку діяльності організації в цілому.

До інших вимог можна віднести чітке та зрозуміле фізичне значення показника.

При дотриманні таких вимог можна розраховувати на те, що управлінські рішення органів управління будуть адекватними процесам і результатам діяльності організації та будуть реально впливати на стан справ у галузі, яка є предметом діяльності організації.

На практиці задача побудови такої ієрархічної системи показників є доволі складною. Як правило, для цього використовують стандартний підхід, оцінюючи діяльність організації в цілому за показником

$$P_{\Sigma} = \sum_i \alpha_i \cdot P_i,$$

де P_i – показник діяльності i -го структурного підрозділу організації; α_i – ваговий коефіцієнт i -го структурного підрозділу.

Тобто розглядається вагова сума показників діяльності окремих структурних підрозділів. Показники P_i мають аналогічну побудову.

Незважаючи на вдавану простоту таких показників, вони мають суттєвий недолік, який полягає в тому, що їх фізичне значення є мало зрозумілим. Крім того, вимоги щодо відповідності основній меті та комплексності виконуються доволі умовно. Тому

бажано ввести показники, які б більш повно відповідали вказаним вимогам та мали зрозумілу фізичну трактовку.

Розглядаючи процеси на прикладі завдань захисту населення від надзвичайних ситуацій техногенного характеру, та враховуючи структурну побудову МНС, доцільно ввести показник, який ґрунтується на тому, що цивільний захист має забезпечити зниження ризику втрат від надзвичайних ситуацій на закріпленій території (у визначеному регіоні).

У відповідності до сучасної теорії «ризик-менеджменту» основним показником ризику втрат від НС доцільно взяти безумовну дисперсію втрат (збитку) [2] від НС в регіоні. В загальному випадку її величина визначається формулою

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n P_i \cdot (N_i \cdot C_i \cdot k_i)^2 \quad (1)$$

де P_i – ймовірність НС на об'єктах i -го виду; n – кількість видів об'єктів; N_i – кількість об'єктів i -ого виду; C_i – середня вартість об'єктів i -ого виду; k_i – коефіцієнт збитку на об'єктах i -ого виду.

Оскільки вся система техногенного захисту є, фактично, одним з методів (механізмів) впливу на ризик, то в якості показника ефективності її діяльності можна взяти величину зниження цього ризику.

$$\Pi = \left(1 - \frac{R_{\text{зал}}}{R_0} \right),$$

де R_0 - значення ризику до впливу з боку системи захисту; $R_{\text{зал}}$ - значення ризику, що залишається після впливу з боку системи захисту.

Такий показник повинен відображати ту частину ризику, яка усувається системою техногенного захисту.

Окрім зниження ризику система техногенного захисту знижує також середній збиток від НС, який розраховується як

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot N_i \cdot C_i \cdot k_i \quad (2)$$

З формул (1) та (2) видно, що в ряду аргументів функцій σ^2 та \bar{Y} важливу роль відіграють параметри P_i та k_i , які залежать від діяльності органів та підрозділів цивільного захисту.

Враховуючи сказане та відштовхуючись від організаційної структури МНС і механізму (технології) забезпечення техногенної безпеки, доцільно запровадити наступні показники оцінки діяльності структурних підрозділів.

1. Для оцінки діяльності органів і підрозділів цивільного захисту, на які покладено завдання щодо попередження виникнення НС техногенного характеру, можна використовувати показник – зниження ймовірності виникнення НС, який визначається формулою

$$П_1 = \frac{P_{(t-1)} - P_t}{P_{(t-1)}} = \left(1 - \frac{P_t}{P_{(t-1)}} \right),$$

де P_t - ймовірність виникнення НС за результатами поточного періоду; $P_{(t-1)}$ - ймовірність виникнення НС за результатами попереднього періоду.

2. Для оцінки діяльності підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, на які покладено завдання щодо ліквідації НС, можна використати показник – зниження збитку від НС. Він може бути оцінений за формулою

$$П_2 = \frac{k_{(t-1)} - k_t}{k_{(t-1)}} = \left(1 - \frac{k_t}{k_{(t-1)}} \right),$$

де k_t - усереднений коефіцієнт збитку за результатами поточного періоду; $k_{(t-1)}$ - усереднений коефіцієнт збитку за результатами попереднього періоду.

Запропоновані показники задовольняють вимогам, які були означені вище. Вони також створюють механізм самовдосконалення діяльності органів управління та підрозділів, що є необхідною умовою відповідно до міжнародних стандартів ISO 9000, що регламентують управління здібностями організації.

Висновки. Запропоновані показники результатів діяльності органів управління та підрозділів цивільного захисту є кількісною

Альбошій О.В., Лазарев А.А.

мірою виконання завдань щодо запобігання та ліквідації наслідків НС техногенного характеру та враховують вплив їхньої діяльності на існуючі ризики. Вони можуть бути розрахованими як для окремих структурних підрозділів так і для організації в цілому.

Показники безпосередньо пов'язані з показниками, які використовуються для оцінювання ризиків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Концепція управління ризиками надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру (проект 2010 р.) [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/education_kurns.html
2. Лазарев А.А. Менеджмент страхування та ризику / А.А. Лазарев – Х.: Акад ВВ МВС України, 2006. – 70 с.
3. Балабанов И.Г. Риск-менеджмент / И.Г. Балабанов – М.: Финансы и статистика, 1993. – 354 с.
4. Лазарев А.А. Використання оцінювання ризиків для вибору ефективних заходів щодо пожежної безпеки. // Збірник матеріалів круглого столу. - Харків: УЦЗУ, 2009. - С. 41-42

Альбошич А.В., Лазарев А.А.

Показатели результатов работы подразделений гражданской защиты как функция динамики техногенных рисков

В статье рассматриваются вопросы, связанные с обоснованием показателей конечных результатов деятельности органов и подразделений гражданской защиты, которые отвечают основным задачам организации и могут быть пригодными для реализации модели деятельности, которая базируется на управлении рисками.

Ключевые слова: органы и подразделения гражданской защиты, показатель результатов деятельности, риск

Al'boschiy A.V., Lazarev AA

Indicators of performance of civilian protection as a function of the dynamics of technological hazards

The article discusses issues related to the rationale for outcome indicators of the authorities and civil protection units, which meet the basic goals of the organization, and are suited to implement the business model, which is based on risk management.

Key words: authorities and units of civil protection, performance indicators, risk

УДК 614.84

*Бабенко О.В., канд. техн. наук, заст. нач. каф., НУЦЗУ,
Сенчихін Ю.М., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ,
Тригуб В.В., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ*

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЇ ЛІКВІДАЦІЇ ПОШКОДЖЕНЬ АПАРАТІВ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ

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

Викладений аналіз сучасних технічних засобів для ліквідації пошкоджень апаратів з небезпечними речовинами та запропонована конструкція пристрою для оперативного відновлення їхньої цілісності

Постановка проблеми. На території України перевезення небезпечних хімічних речовин (НХР) здійснюється переважно залізничним транспортом з використанням цистерн, різноманітних контейнерів, балонів та інших ємкісних апаратів. Пошкодження або їх руйнування викликає потрапляння речовини у навколишнє природне середовище, що приводить до утворення зон забруднення, ураження людей, тварин, виникнення пожеж.

Типовий приклад виникнення такої аварії є аварія, що сталась 16 липня 2007 року неподалік сел. Ожидів Львівської області, коли внаслідок сходження з рейок потягу перекинулись 15 залізничних цистерн із жовтим фосфором, 6 з яких внаслідок розгерметизації загорілись. Внаслідок аварії за різними оцінками у навколишнє середовище потрапило до 300 тон небезпечних сполук [1].

На залізничній станції Основа у Харкові 26 липня 2007 року була виявлена залізнична цистерна із соляною кислотою, що мала тріщину довжиною приблизно 0,5 м, з якої витікала кислота із швидкістю $5 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1}$ [2]. Не дивлячись на порівняно невеликі розміри пошкодження, наявні технічні засоби не дозволили підрозділам МНС ліквідувати протікання. У результаті цистерну змушені були відігнати для проведення подальших робіт за межі міста.

Аналіз наведених прикладів свідчить, що для забезпечення швидкої ліквідації аварійної ситуації необхідно: зосередження великої кількості особового складу у безпосередній близькості від джерела виходу НХР для її герметизації та осадження; наявність складного обладнання, яке повинно містити джерело високого тиску шлангові та ремінні системи; наявність індивідуальних засо-

бів захисту, що відповідають ситуації. Все це робить процес ліквідації аварії тривалим та небезпечним. Проте, оперативність відновлення герметичності апарату є вирішальним фактором, що впливає на ефективність дій з створення умов локалізації зон хімічного зараження та ліквідації розповсюдження пожежі. Аналіз літературних джерел свідчить, що питанню удосконалення та розробки технічних засобів для оперативної ліквідації пошкоджень залізничних цистерн та інших емкісних апаратів на сьогоднішній день приділяється недостатньо уваги.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Локалізація аварії, пов'язаної з пошкодженням емкісного апарату, полягає у припиненні виходу речовини у навколишнє середовище шляхом оперативного відновлення її герметичності. На сьогоднішній день відновлення герметичності апаратів пропонується виконувати шляхом накладання на поверхню цистерни пневматичних бандажів та пластирів [4–5]. Не дивлячись на такі позитивні якості даних засобів як автономність та легкість транспортування, вони мають ряд недоліків та обмежень використання:

- використання розрахунком рятувальників 4 ÷ 6 осіб;
- наявність балону з стисненим повітрям та системи шлангів для наповнення пневматичної подушки;
- необхідність розгортання системи ременів для фіксації бандажу на поверхні цистерни;
- можливість використання лише для порівняно рівних ділянок цистерни;
- постійний контроль стану бандажу;
- можливість пошкодження подушки гострими краями пошкодженого апарату.

Для незначних пробоїн чи пошкоджень передбачається використовувати пневматичні заглушки та чопи [6]. Дані засоби мають недоліки, до яких можна віднести:

- неможливість використання для емностей із надлишковим тиском більше 0,3 МПа;
- неможливість відновлення повної цілісності апарату внаслідок перекосів заглушок;
- обмеження використання для різних розмірів та конфігурацій пошкоджень.

Таким чином, на основі проведеного аналізу можна зробити висновок про низьку ефективність використання наведених технічних засобів в умовах ліквідації НС, що можна пояснити обме-

женнями їх використання та специфічними умовами використання.

Постановка завдання та його вирішення. Задачею, що розглядається у даній роботі є підвищення ефективності ліквідації аварій, пов'язаних з пошкодженням емкісних апаратів. Розв'язання поставленої задачі пропонується здійснити шляхом створення нового технічного зразка, який відповідатиме наступним вимогам:

- можливість використання пристрою для різних розмірів та конфігурацій пробоїн, а також підгонка пристрою для конкретної конфігурації отвору;
- легкість монтажу та зняття із мінімальним залученням особового складу;
- порівняно невеликий час встановлення;
- забезпечення герметичності цистерни впродовж виконання усього комплексу аварійно-рятувальних робіт.

Виходячи з умов задачі та на основі аналізу науково-технічних джерел на кафедрі пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт був розроблений та виготовлений дослідний зразок пристрою для оперативної ліквідації пошкоджень емкісних апаратів, схема якого наведена на рисунку 1.

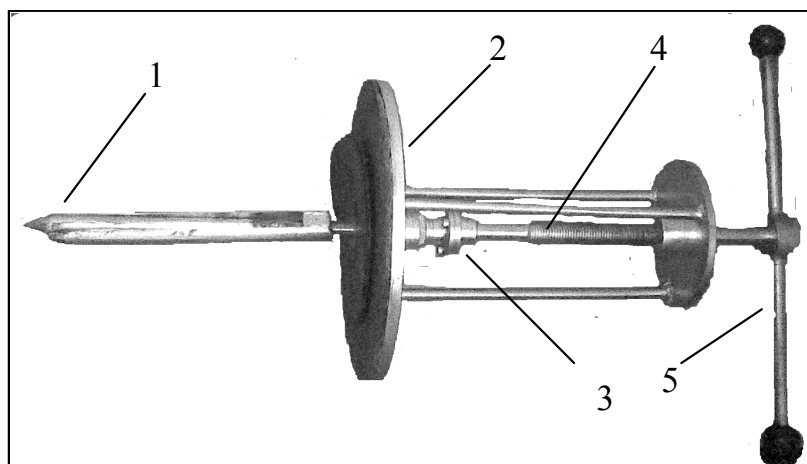


Рис. 1 – Зовнішній вигляд та устрій пристрою для оперативної ліквідації пошкодження емкісних апаратів: 1 – пробійник із коромислом; 2 – опірна пластина; 3 – ущільнена муфта; 4 – силовий гвинт; 5 – рукоять

Пристрій призначений для герметизації апаратів із рідиною, які знаходяться під тиском до 3,0 МПа. Робота пристрою полягає у наступному. Рятувальники вставляють пробійник із коромис-

Бабенко О.В., Сенчихін Ю.М., Тригуб В.В.

слом у отвір ємкісного апарату. Після чого повертаючи опірну пластину просувають пристрій до моменту повороту коромисла навколо своєї вісі.

Після чого за допомогою силового гвинта пристрій кріпиться на поверхні ємності та утримується на ній протягом часу виконання робіт. Конструктивно пристрій виконаний таким чином, що виключається протікання рідини крізь опірну пластину. Для цього використана ущільнена муфта із сальниками.

Для забезпечення щільності прилягання пристрою до поверхні на опірній пластині закріплена прокладка з хімічно стійкої гуми товщиною 30 мм.

Для визначення тактико технічних характеристик запропонованого пристрою були проведені його випробування. Результати випробувань наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Тактико-технічні характеристики пристрою для оперативної ліквідації пошкоджень ємкісних апаратів

№ з/п	Найменування показника	Кількісна характеристика
1.	Мінімальний діаметр отвору, мм	12
2.	Максимальний діаметр отвору, мм	230
3.	Максимальне значення тиску у апаратів, МПа	3,0
4.	Вага, кг	12±0,2
5.	Мінімальний діаметр (глибина) апарату, мм	500
6.	Довжина пристрою, мм	750
7.	Діаметр опірної пластини, мм	300

Даний пристрій може бути використаний для ліквідації практично всіх відомих типів ушкоджень апаратів [7], до яких можна віднести: пробоїни, тріщини, роз'єднання швів. Тріщини та роз'єднання швів можуть бути додатково розширені пробійником та ліквідовані.

Для ліквідації пробоїн різноманітної форми та конфігурації доцільно використовувати додаткові підкладки, що встановлюватимуться під опірну пластину. Підкладки можуть бути виготовлені безпосередньо під час виконання оперативних дій або заздалегідь. Даний тактичний прийом дозволить розширити межі використання запропонованого пристрою.

Приклад герметизації цистерни, що має рвану пробію діаметром 200 мм і розташована під кутом приблизно 45° по відношенню до горизонталі, наведений на рисунку 2.

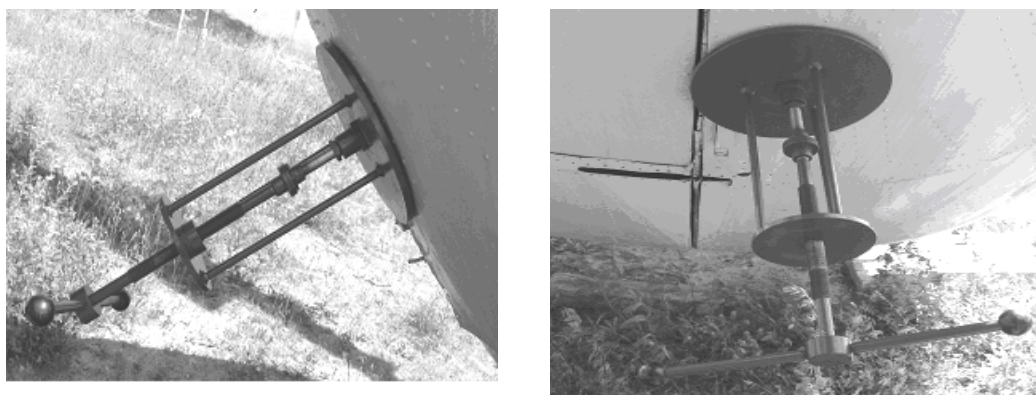


Рис. 2 – Приклад використання пристрою для ліквідації пошкоджень цистерни у важкодоступному місці

Зважаючи на те, що пробію можуть мати рвані та загнуті кромки, а також вм'ятини навколо, у якості ущільнюючої прокладки між поверхнею апарату та опірною пластиною може бути використаний всмоктувальний пожежний рукав, який попередньо згинається у формі кільця.

Таблиця 2 – Порівняння тактичних показників технічних засобів при проведенні випробувань

№ з/п	Найменування показника	Запропонований пристрій	Пневматичний бандаж
1.	Вага комплекту, кг	12	35
2.	Мінімальна кількість особового складу для встановлення, чол.	2	5
3.	Середній час встановлення, с	40	150

Проведені випробування свідчать про порівняно високу ефективність запропонованого пристрою при ліквідації пошкоджень як циліндричних апаратів так і апаратів складної форми. При проведенні випробувань проводилось порівняння запропонованого пристрою та найбільш поширеного у підрозділах МНС України засобу – комплекту пневматичного бандажу фірми „Vetter”. Порів-

няння проводилось за такими показниками: час встановлення; потрібна кількість особового складу; вага; необхідність контролю після встановлення. Для кожного технічного засобу було проведено три серії випробувань. Результати випробувань наведені у таблиці 2.

Слід зауважити, що при використанні пневматичного комплекту можливі відмови окремих частин внаслідок погодних умов, або необхідності роботи у віддалених місцях.

Висновки. Тактичні прийоми та умови використання запропонованого пристрою потребують проведення подальших прикладних досліджень. Використання викладеного вище підходу дозволить скоротити час ліквідації аварій, пов'язаних з руйнуванням емкісних апаратів, при одночасному зменшенні кількості особового складу підрозділів МНС, що залучатимуться до робіт у безпосередньому контакті з НХР.

ЛІТЕРАТУРА

1. Цистерны с фосфором опять горят?: УРА-інформ. Незалежне інформаційно-аналітичне видання [Електронний ресурс] / К.О. Кулакова. Режим доступу до журналу: http://ura-inform.com/society/2007/07/24/opyat_po/.
2. Химические аварии и их последствия для экологии Украины: Фокус. Електронная аналитическая газета [Електронний ресурс] / Д.И. Варинов, О.С. Озобин. Режим доступу до журналу: <http://focus.in.ua/article/17310.html>.
3. Рекомендації УГПО МВС України щодо захисту особового складу підрозділів пожежної охорони під час гасіння пожеж з наявністю хлору. – К., 2000. – 41 с.
4. Тушение пожаров и выполнение спасательных работ при химических заражениях: [Учебное пособие]/ В.Г. Аветисян, В.Г. Палюх, В.В. Сыровой, А.И. Хяникяйнен – Х.: ХИПБ МВД Украины, 1998. – 123 с.
5. Рятувальні роботи під час ліквідації надзвичайних ситуацій. Частина 1: Посібник./ [В.Г. Аветисян, Ю.М. Сенчихін та інші.]; За загальною редакцією В.Н. Пшеничного – К.: Основа, 2006. С 104 – 113.
6. Рекомендації щодо захисту особового складу підрозділів пожежної охорони під час гасіння пожеж із наявністю мінеральних кислот /ДДПБ МНС України. – К.: 2002. – 49 с.

7. Меренов И.В. Водолазные работы. – М.: «Транспорт», 1971. – С. 116 – 122.
8. Максименко В.Л. Водолазное дело / Максименко В.Л., Нехорошев А., Суровикин В. – М.: Изд-во ДОССАФ, 1971. – С 220 – 224.

Бабенко А.В. Сенчихин Ю.Н., Тригуб В.В.

Устройство для оперативной ликвидации повреждений аппаратов с опасными веществами

На основании анализа опыта ликвидации аварий, связанных с разрушением емкостных аппаратов, предложено устройство для оперативной ликвидации повреждений аппаратов с опасными химическими веществами.

Ключевые слова: ликвидация повреждения, емкостный аппарат, ликвидация аварии

Babenko A.V., Senchihin Y. N., Trigub V.V.

The device for efficient liquidation capacitive apparatuses damages connected with hazardous materials

On the ground of analysis rescue experience and theoretical publications the new device for efficient liquidation capacitive apparatuses damages was proposed and reasoned.

Key words: efficient liquidation of capacitive apparatuses damages, capacitive apparatuses, hazardous materials spills

*Білецький С.В., канд. техн. наук,
нач. докторантури та ад'юнктури, НУЦЗУ,
Кірючкін О.Ю., наук. співр., НУЦЗУ,
Тютюник В.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр., НУЦЗУ,
Шевченко Р.І., канд. техн. наук, нач. лаб., НУЦЗУ*

ОЦІНКА НЕБЕЗПЕКИ МІСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В РАМКАХ ПОНЯТИВНОГО АПАРАТУ СИСТЕМИ ІНТЕГРАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

(представлено д-ром техн. наук Туркіним І.Б.)

В роботі проведено поділ адміністративних районів міста за наявності в них об'єктів різних класів. Визначені найбільш поширені види небезпек. Проведено соціологічний та експертний аналіз можливого негативного впливу небезпек за запропонованим адміністративним поділом.

Ключові слова: оцінка небезпеки, міська інфраструктура, система безпеки, експертна оцінка

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 дієвої системи моніторингу та прогнозування можливих аварій та надзвичайних ситуацій, попередньої оцінки їх потенційного впливу на систему міського життєзабезпечення, що в свою чергу вимагає визначення базових індивідуальних рівнів можливих небезпек, як основи для подальшої побудови карт безпеки та розробки рекомендацій з вдосконалення системи цивільного захисту.

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 [21] та використанні розгалуженого математичного апарату експертного аналізу для отримання даних в умовах відсутності достатньої кількості статистичної інформації необхідної для проведення дієвого прогнозування динаміки виникнення небезпек різної природи.

Постановка завдання та його вирішення. Метою роботи є формування базового індивідуального рівня очікування впливу небезпек різної природи відповідно до наявності типових груп об'єктів в адміністративних одиницях міста.

Для вирішення поставленої задачі нами було проведено розподіл території міста за наявності («скупчення») типових груп об'єктів (таблиця 1). Слід зазначити, що в межах адміністративного району може знаходитися декілька різних типів «скупчень» об'єктів та відповідно адміністративні межі не співпадати з межами «скупчень». Також з урахуванням статистичної інформації [1-6] проведено узагальнення основних можливих небезпек міста та сформовано експертну анкету.

Для визначення фактору інформаційного тиску на оцінку експертів було проведено попереднє соціологічне опитування за пропонованою схемою в інтервалі 10 бальної шкали двох вибірок студентів (табл. 1) з визначенням базового рівня схильності інформаційного тиску.

Таблиця 1 – Визначення базового рівня схильності інформаційного тиску

Основні типи районів міста		Узагальнені небезпеки								
		Пожежі		Вибухи газу		Екологічні аварії		ДТП	Кримінальні злочини	Терористичні дії
		соц. фактори	техн. фактори	соц. фактори	техн. фактори	соц. фактори	техн. фактори			
Скупчення з перевагою в промислових будівлях	18 опитано	4,28	4,94	3,47	4,56	3,88	5	4,18	4,19	1,5
	37 опитано	4,46	4,62	3,17	4,06	3,69	4,58	4,88	4,76	1,67
	Базовий показник	4 ± 0,5	5 ± 0,5	3 ± 0,5	4 ± 0,5	3 ± 0,5	5 ± 0,5	5 ± 0,5	4,5 ± 0,5	1 ± 0,5
Скупчення з перевагою в житлових будівлях	18 опитано	4,94	3,89	4,38	3,65	4,08	3,14	4,94	4,94	1,38
	37 опитано	5,36	4,19	4,11	3,41	3,87	3,13	5,22	5,06	2,29
	Базовий показник	5 ± 0,5	4 ± 0,5	4 ± 0,5	3 ± 0,5	3 ± 0,5	3 ± 0,5	5 ± 0,5	5 ± 0,5	1 ± 0,5
Скупчення з перевагою в адміністративних будівлях	18 опитано	3,29	3,44	2,86	2,93	2,36	2,6	3,44	3,13	2,33
	37 опитано	3,36	3,11	2,7	2,85	2,27	2,59	4,09	3,63	2,31
	Базовий показник	3 ± 0,5	3 ± 0,5	2 ± 0,5	2 ± 0,5	2 ± 0,5	2 ± 0,5	3 ± 0,5	3 ± 0,5	1 ± 0,5

Аналіз отриманих результатів свідчить про подальшу недовідність збільшення кількості вибірок та подальше наближення результатів зі зростанням числа анкетуємих до базового показника з урахуванням похибки шкали.

Наступним кроком було формування групи експертів за всіма напрямками оцінки небезпек. Максимальна чисельність експертної групи встановлюється за наступною нерівністю

$$n_{\max} \leq \frac{3 \sum K_i}{2K_{\max}},$$

де K_i – компетентність i -го експерту; K_{\max} – максимально можлива компетентність згідно шкали компетентності (табл. 2).

Визначення мінімальної чисельності експертної групи встановлюється при умовах стабілізації середньої оцінки прогнозуємої характеристики, яка формується наступним чином: включення або виключення експерту з групи має незначний вплив на середню оцінку прогнозуємої величини

$$\frac{B - B'}{B_{\max}} < \varepsilon,$$

де B – середня оцінка прогнозуємої величини, яка дана експертною групою; B' – експертна оцінка, яка дана групою, з якої виключено (або включено) одного експерту; B_{\max} – максимально можлива оцінка прогнозуємої величини у рамках прийнятої шкали оцінок; ε – величина зміни середньої похибки при включенні або виключенні експерту.

Таблиця 2 – Шкала компетентності експерту в залежності від стажу його роботи у сфері „безпека”

Стаж роботи експерту у сфері „безпека”, рік	Компетентність експерту
$G \geq 30$	$K = 10$
$20 \leq G < 30$	$K = 7.5$
$10 \leq G < 20$	$K = 5$
$G < 10$	$K = 2.5$

Мінімальна чисельність експертів в залежності від величини ε визначається наступним чином

$$n_{\min} = 0.5 \left(\frac{3}{\varepsilon} + 5 \right).$$

Середнє значення прогнозуємої величини визначається як

$$B = \sum_{i=1}^n B_i / n,$$

де B_i – значення величини, що дано i -им експертом; n – число експертів в групі.

Дисперсія визначається як

$$D = \left[\sum_{i=1}^n (B_i - B)^2 / (n - 1) \right],$$

а довірчий інтервал

$$j = t \sqrt{\frac{D}{n-1}},$$

де t – критерій Стьюдента для заданого рівня довірчої ймовірності та числа ступенів свободи $k = (n - 2)$.

Довірча межа для значення прогнозуємої величини має вигляд $A = B \pm j$.

Результати експертної оцінки ($n = 28$) представлено у табл. 3.

Таблиця 3 – Експертні оцінки впливу небезпек на „скупчення” міської інфраструктури

Основні типи районів міста		Узагальнені небезпеки								
		Пожежі		Вибухи газу		Екологічні аварії		ДТП	Кримінальні злочини	Терористичні дії
		соц. фактори	техн. фактори	соц. фактори	техн. фактори	соц. фактори	техн. фактори			
Скупчення з перевагою в промислових будівлях	Експертна оцінка	3,79	5,38	3,54	5,25	3,39	4,96	2,96	3,21	2,3
	Базовий показник	3,5 ± 0,5	5 ± 0,5	3 ± 0,5	4 ± 0,5	2 ± 0,5	5 ± 0,5	2 ± 0,5	3 ± 0,5	1 ± 0,5
Скупчення з перевагою в житлових будівлях	Експертна оцінка	6,46	3,96	5,3	3,8	3,88	3,32	4,07	4,43	1,88
	Базовий показник	6,5 ± 0,5	3,5 ± 0,5	5 ± 0,5	4 ± 0,5	2,8 ± 0,5	2 ± 0,5	4,5 ± 0,5	4,5 ± 0,5	1 ± 0,5
Скупчення з перевагою в адміністративних будівлях	Експертна оцінка	3,46	4,11	2,39	3,56	2,31	2,92	2,63	2,81	2,38
	Базовий показник	3 ± 0,5	4 ± 0,5	2 ± 0,5	3 ± 0,5	2 ± 0,5	2 ± 0,5	2 ± 0,5	2 ± 0,5	1 ± 0,5

Висновки. Аналіз отриманих результатів довів можливість використовувати для попередньої оцінки небезпеки «скупчень» міської інфраструктури соціологічних досліджень з урахуванням схильності інформаційного тиску, та проведення досліджень за умов стабільності системи безпеки (виключення для дослідження періодів виникнення резонансних аварій та надзвичайних ситуацій на системах міської інфраструктури). Результати експертів використовувати для уточнення отриманих загальних соціологічних результатів. В разі відсутності необхідної кількості експертів з

відповідним рівнем компетентності застосовувати соціологічні оцінки з урахуванням коефіцієнту некомпетентності та інформаційного тиску. В подальшому необхідно провести більш детальну оцінку впливу небезпек в рамках кожного «скупчення» та провести експертну оцінку ефективності елементів міської системи реагування на надзвичайні ситуації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2004 році – К.:Чорнобильінтерінформ, 2005. – 360 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2004.html
2. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2005 році – К.:Чорнобильінтерінформ, 2006. – 375 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2005.html
3. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 році – К.:Чорнобильінтерінформ, 2007. – 235 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2006.html
4. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2007 році – К.:Чорнобильінтерінформ, 2008. – 230 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2007.html
5. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2008 році – К.:Чорнобильінтерінформ, 2009. – 257 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2008.html
6. Арсеньев В.Г. От интеллектуальных домов – к интеллектуальным городам. Некоторые принципы построения охранных систем / В.Г. Арсеньев, А.Ю. Николаев // Противопожар. и аварийно-спасат. средства. – 2004. – № 3. – С. 34.
7. Стратегическое управление системами безопасности городов на основе информационных и компьютерных технологий / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, С.В. Алехин [и др.] // ВИНТИ. Пробл. безоп. при чрезв. ситуациях. – 2000. – вып. 2. – С. 102 – 109.

8. Якименко О. Великі проблеми великих міст / О. Якименко, Р. Климась // Будівництво та безпека. – 2008. – № 1(5). – С. 6 – 10.
9. Моніторинг надзвичайних ситуацій [Текст] / Ю.О. Абрамов, Є.М. Грінченко, О.Ю. Кірючкін та ін. – Х.: АЦЗУ, 2005. – 530 с.
10. Інтегральна система безпеки регіонів України, як складових державної територіально-часової параметричної системи. Принцип комплексної оцінки небезпеки / Є.М. Грінченко, О.Ю. Кірючкін, В.В. Тютюник [та ін.] // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: УЦЗУ, 2008. – Вип. 7. – С. 58 – 71.
11. Гражданкин А.И. Использование вероятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных объектов / А.И. Гражданкин, М.В. Лисанов, А.С. Печеркин // Безопасность труда в промышленности. – 2002. – № 2. – С. 12 – 20.
12. Оцінка багатокритеріальної методики аналізу хімічно небезпечного стану об'єктів та регіонів України / О.Ю. Кірючкін, М.М. Мурін, В.В. Тютюник [та ін.] // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2007. – № 6. – С. 62 – 73.
13. Столяренко А. Система управления дорожным движением / А. Столяренко // Будівництво та безпека. – 2008. – № 1(5). – С. 28 – 31.
14. Абрамов Ю.А. Взаимосвязь иницирующих и поражающих факторов чрезвычайных ситуаций природного характера на территории Украины / Ю.А. Абрамов, В.В. Тютюник, Р.И. Шевченко // 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. Основи управління в органах і підрозділах МНС України [Текст] / О.В. Альбоцій, М.М. Кулешов, О.О. Калашніков та ін. – Харків, 2007. – 310 с.
17. Мотин Л.А. Автоматизированные и роботизированные комплексы для противопожарной защиты объектов / Л.А. Мотин, Г.В. Шахманский // 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) / В.А. Моляко // Психологический журнал. – 1992. – № 2. – С. 66 – 74.

19. Фолеев, М.И. Предупреждение и ликвидация ЧС, обусловленных террористическими акциями, взрывами, пожарами [Текст]: методическое пособие / М.И. Фолеев. – М.: Изд. Ин-та риска и безопасн., 2001. – 400 с.
20. Формування інтегральної системи безпеки – запорука добробуту України / О.Ю. Кірочкін, О.А. Левтеров, В.В. Тютюник [та ін.] // F+S: технологии безопасности и противопожарной защиты. – 2008. - № 6(36). – С. 60 – 63.
21. Підсистема моніторингу надзвичайних ситуацій в містах України, як складова інтегральної системи безпеки / Кірочкін О.Ю., Левтеров О.А., Тютюник В.В. [та ін.] // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: УЦЗУ, 2008. – Вип. 8. – С. 81 – 91.

Белецький С.В., Кірочкін А.Ю., Тютюник В.В., Шевченко Р.І.

Оценка опасности городской инфраструктуры в рамках понятийного аппарата системы интегральной безопасности

В работе проведено разделение административных районов города при наличии в них объектов разных классов. Определены наиболее распространенные виды опасностей. Проведен социологический и экспертный анализ возможного негативного влияния опасностей по предложенному административному разделению.

Ключевые слова: оценка опасности, городская инфраструктура, система безопасности, экспертная оценка

Biletskyi S.V., Kirochkin O.Yu., Tiutiunyk V.V., Shevchenko R.I.

City infrastructure danger estimation within the framework of conceptual apparatus of integral safety system

In the paper the division of administrative urban districts in the presence of objects of different classes is carried out. The most widespread dangers types are defined. The sociological and expert analysis of possible negative influence of dangers is carried out according to the suggested administrative division.

Key words: danger estimation, city infrastructure, safety system, expert estimation

*Васильєв М.В., ад'юнкт, НУЦЗУ,
Стрілець В.М., канд. техн. наук, нач. лаб., НУЦЗУ,
Коврегін В.В., канд. техн. наук, проректор, НУЦЗУ*

**АНАЛІЗ ГЕРМЕТИЧНОСТІ КОМПЛЕКСУ ЗАСОБІВ
ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ПЕРШОГО РІВНЯ**
(представлено д-ром техн. наук Яковлевою Р.А.)

Запропоновано загальний коефіцієнт захисту, використання якого дозволило визначити особливості забезпечення герметичності конкретного комплексу засобів індивідуального захисту в умовах максимально можливих концентрацій небезпечних хімічних речовин та контакту рятувальника з їх рідкою фазою

Ключові слова: ізолюючий костюм, ізолюючий апарат, лицева частина, коефіцієнт захисту, коефіцієнт токсичної небезпеки

Постановка проблеми. Закон України «Про правові засади цивільного захисту» поставив нові завдання перед оперативно-рятувальними підрозділами. Однією з таких задач стала участь особового складу в ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин, умови яких суттєво відрізняються від найгірших умов пожежі. А саме у відповідності до них були визначені тактико-технічні вимоги [1] до ізолюючих апаратів у зборі з лицевими частинами. Тобто, перед керівництвом гарнізонів повстало питання вибору такого комплексу засобів індивідуального захисту (КЗІЗ), який би забезпечив безпеку газодимозахисників під час проведення аварійно-рятувальних робіт.

Аналіз останніх досліджень та публікацій показав, що питання забезпечення безпеки рятувальників в таких умовах в Україні розглядались, в основному, стосовно до засобів індивідуального захисту органів дихання. Так, в [1] відмічено, що газоповітряна суміш з навколишнього середовища може потрапити всередину системи «ізолюючий апарат – органи дихання людини» як в результаті негерметичності самого апарату, так і нещільності прилягання лицевої частини, тобто підсоси в результаті цих причин можуть складуватись. В [2] показано, що тактико-технічні характеристики ізолюючих апаратів суттєво впливають на герметичність системи, і відмічена висока ефективність апаратів на стис-

неному повітрі (АСП), якщо ті обладнані масками з підпором повітря в підмасочний простір, у порівнянні їх з регенеративними дихальними апаратами (РДА). Проте, питання роботи газодимозахисників при цьому в ізолюючих костюмах (ІК) не розглядались.

Не наведені кількісні показники про те, коли та в якому костюмі працювати і в наказі МНС № 733 від 13.10.2008 [3], який регламентує порядок вибору захисного одягу для проведення аварійно-рятувальних робіт під час ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин (НХР). Його аналіз показав, що розробники, вказавши зону, всередині якої потрібно працювати в ІК (для аміаку вона, наприклад, складає 800 м), передбачають роботу в костюмах (на вибір рятувальників) різних модифікацій, які суттєво відрізняються навіть зовнішньо (в першу чергу тим, де повинен знаходитись ІА – всередині або ззовні костюму).

За кордоном результати досліджень роботи в ІК узагальнені в стандартах. Так, в США є прийнятим стандарт NFPA 1991 [4], в якому захисний одяг поділяється на чотири рівні. При цьому ІК рівня А забезпечує захист від прямого впливу небезпечної речовини. Характерною особливістю костюмів такого типу є те, що ІА знаходиться в під костюмному просторі, де створюється збитковий тиск. Для костюмів рівня В останній ефект місця не має, навіть якщо ІА і знаходиться всередині костюму. Аналогічна ситуація має місце і в Європі, де захисний одяг поділяється на шість типів. Аналіз стандартів PrEN 943[5] та PrEN1511 [6] показує, що вони достатньо сильно корелюють з рівнями, які використовуються в США. Тим не менш, конкретних кількісних показників в них також не наведено.

В Російській Федерації питання захисту особового складу, який приймає участь в ліквідації наслідків аварій, розглянуті в [7,8,9], де відмічено, що вибір КЗІЗ і визначення порядку його використання відбувається в залежності від характеру та масштабів аварії. За відсутності інформації про аварійно хімічно небезпечних речовинах та ступінь забруднення зовнішнього середовища використовується комплекс засобів індивідуального захисту, який дозволяє працювати в умовах максимально можливих концентрацій небезпечних хімічних речовин, а також контакту з рідкою фазою речовини (так званий КЗІЗ першого типу). При цьому конструктивні особливості стосовно до умов роботи не деталізуються, хоча у відповідності до [4,5,6] саме місце знаходження ІА є зовні-

пньою відзнакою, за якою можна віднести костюм до такого, який дозволяє працювати всередині найбільш небезпечної зони.

Постановка завдання та його вирішення. Виходячи з вищевикладеного було поставленим завдання розробки методу аналізу захисних властивостей комплексу засобів індивідуального захисту першого типу.

Враховуючи те, що ІА, який захищає органи дихання, може знаходитись як всередині (і в цьому випадку токсична небезпека навколишнього середовища буде зменшуватись як захисними властивостями костюму, так і захисними властивостями ІА), так і ззовні ІК (в цьому випадку токсична небезпека для рятувальника визначається тим коефіцієнтом захисту костюму або апарату, який є меншим) загальний коефіцієнт захисту може розглядатись як

$$K_3 = \begin{cases} K_3(IA) \cdot K_3(IK), \text{ якщо ізолюючий} \\ \text{апарат знаходиться} \\ \text{всередині костюму;} \\ \min(K_3(IA); K_3(IK)), \text{ якщо ізолюючий} \\ \text{апарат знаходиться} \\ \text{ззовні костюму,} \end{cases} \quad (1)$$

де $K_3(IA)$ - коефіцієнт захисту ізолюючого апарату; $K_3(IK)$ - коефіцієнт захисту ізолюючого костюму.

Оскільки у відповідності до [10] захисні властивості матеріалу для ІК повинні забезпечувати захист від газоподібного хлору з масовою концентрацією 70 мг/л, а гранично допустима концентрація хлору в робочій зоні [3] дорівнює $C_{ГДК}(Cl) = 1 \text{ мг/м}^3$,

$$K_3(IK) \geq \frac{C_m}{C_{ГДК}(Cl)} = 7 \cdot 10^4. \quad (2)$$

Тобто, ізолюючий костюм забезпечує надійний захист в підкостюмному просторі при об'ємній концентрації хлору

$$V_{\%}(Cl) = \frac{22.4 \cdot C_m(Cl)}{10 \cdot M(Cl)} = \frac{22.4 \cdot 70}{10 \cdot 2 \cdot 35.4527} \approx 2.24\% \quad (3)$$

і при концентраціях хлору більше (2) не можна працювати в ІК, які передбачають розміщення ІА ззовні костюму.

В той же час, аналогічні розрахунки для аміаку ($C_{mГДК} = 20 \text{ мг/м}^3 = 0,2 \text{ мг/л}$) показують

$$\begin{aligned} V_{\%}(NH_3) &= \frac{22.4 \cdot K_3(IA) \cdot C_{mГДК}(NH_3)}{10 \cdot M(NH_3)} = \\ &= \frac{22.4 \cdot 7 \cdot 10^4 \cdot 0.2}{10 \cdot 17.03} > 100\% \end{aligned} \quad (4)$$

що свідчить про можливість розміщення ІА поверх ізолюючого костюму.

Первинний аналіз показує, що ІА у зборі з лицевою частиною (ЛЧ) у відповідності до [1] повинні забезпечувати $K_3(IA) \geq 5 \cdot 10^3$. Таким чином, видно, що, коли ІА одягнутий поверх ІК, в загальному випадку в питаннях забезпечення безпеки необхідно орієнтуватись на захисні властивості апарату.

Це дозволяє визначити ті показники масових концентрацій, при яких робота рятувальників становиться небезпечною для їх здоров'я. Так, у випадку ліквідації аварій, які є пов'язаними з викидами хлору, масова концентрація, вище якої не можна працювати в КЗІЗ, буде дорівнювати

$$\begin{aligned} C_m(Cl) &\leq K_3(IA) \cdot C_{mГДК}(Cl) = \\ &= 5 \cdot 10^3 \text{ мг/м}^3 = 5 \text{ мг/л} \end{aligned} \quad (5)$$

що відповідає об'ємній концентрації

$$\begin{aligned} V_{\%}(Cl) &= \frac{22.4 \cdot C_m(Cl)}{10 \cdot M(Cl)} = \\ &= \frac{22.4 \cdot 5}{10 \cdot 2 \cdot 35.4527} \approx 0.16\% \end{aligned} \quad (6)$$

де 22,4 – число Авогадро; M - молекулярна маса речовини.

Аналогічна ситуація має місце і під час роботи в зоні, яка заражена аміаком

$$C_m(NH_3) \leq 10^5 \text{ мг/м}^3 = 100 \text{ мг/л}; V_{\%}(NH_3) \leq 13.15\%.$$

При цьому, аналіз [2] лицевих частин відразу показує, що особовому складу можна буде працювати тільки в лицевих частинах типу шолом-маска або маска з підпором повітря в підмасочний простір, оскільки коефіцієнт захисту маски або мундштукового пристрою з носовим затискачем значно менший коефіцієнта токсичної небезпеки середовища, захист від якого забезпечує ізолюючий костюм

$$K_{31} \geq 10^4 \ll K_{TH} = 7 \cdot 10^4. \quad (7)$$

Тим більше, це відноситься і до мундштукового пристрою із загубником та носовим затискачем, оскільки він не тільки має низький коефіцієнт захисту, але й не закриває обличчя.

Таким чином, у разі застосування ІА поверх ІК коефіцієнт захисту $K_3(IA)$ в зборі з лицевою частиною повинен перевищувати (2), а також коефіцієнт K_{TH} токсичної небезпеки середовища

$$K_3(IA) \geq 7 \cdot 10^4 \geq K_{TH} = \begin{cases} \sum_i \frac{C_{m_i}}{C_{ГДК_i}} & \text{- якщо гази мають} \\ & \text{однонаправлену дію;} \\ \max_i \left\{ \frac{C_{m_i}}{C_{ГДК_i}} \right\} & \text{- якщо гази не мають} \\ & \text{однонаправленої дії;} \end{cases} \quad (8)$$

де C_{m_i} - концентрація i -го шкідливого газу в навколишньому середовищі, мг/м³ (%); $C_{ГДК_i}$ - гранично допустима концентрація i -го шкідливого газу в навколишньому середовищі, мг/м³ (%).

Загальний коефіцієнт захисту системи „апарат – органи подиху людини” розраховується [2] як

$$K_3(IA) = \frac{K_{31} \cdot K_{32}}{K_{31} + K_{32}}, \quad (9)$$

де K_{31} - коефіцієнт захисту ізолюючого апарату; K_{32} - коефіцієнт захисту лицевої частини.

При цьому коефіцієнти захисту лицевих частин K_{32} визначені в експлуатаційно-технічній та науковій літературі [1], а коефіцієнт захисту безпосередньо апарату можна розрахувати за показниками, які наведені в науковій [1,2] та нормативній документації [11]. Так, коефіцієнт захисту апарату може розглядатись [1] як

$$K_{31} = \frac{\omega_n}{\omega_{n1}}, \quad (10)$$

де ω_n - легенева вентиляція, л/хв.; ω_{n1} - підсос всередину системи „апарат – органи подиху” через порушення цілісності повітроподаючої системи ізолюючого апарату, л/хв.

Показники легеневої вентиляції залежать від важкості роботи, яку виконує газодимозахисник, але для оціночних розрахунків рекомендується [2] приймати $\omega_n \approx 40$ л/хв. при застосуванні АСП та [1] $\omega_n \approx 30$ л/хв. – при застосуванні РДА.

В [1] показано, що

$$\omega_{n1} = \frac{0,4 \cdot \frac{\Delta P}{\Delta t} \cdot V_p \cdot \sqrt{\frac{P_{сд}}{P_{неп}}}}{m \cdot P_a}, \quad (11)$$

де $\Delta P / \Delta t$ - швидкість падіння розрідження під час перевірки герметичності, Па/хв.; V_p - місткість повітроподаючої системи при розрідженні, л; $P_{сд}$ - опір ЗІЗОД вдиху при відповідному навантаженні, Па; $P_{неп}$ - розрідження у повітроподаючій системі при перевірці, Па; $m = 0,16$ - коефіцієнт, який враховує, що повітропровідна система не є жорсткою; P_a - атмосферний тиск, Па.

Відомо, що для РДА [1] обсяг повітроподаючої системи при розрідженні не повинен перевищувати 2,5 л, а для АСП [12] - при розрідженні не перебільшує мертвого простору апарату, тобто $V_p \leq 0,2$ л. Крім того, в усіх апаратах клапан вдиху повинен [2] спрацювати при створенні розрідження не більше 300 Па.

Поряд з цим треба мати на увазі й те, що дещо відрізняються вимоги до швидкості падіння тиску під час перевірки герметичності, які наведені в технічній документації [1,12] виробника ($\Delta P/\Delta t \leq 50$ Па/хв.), та в Настанові [11] з газодимозахисної служби ($\Delta P/\Delta t \leq 30$ Па/хв.).

Таким чином, підсос (10) у повітропроводну систему РДА буде

$$\omega_{n1} = \begin{cases} 0,00166 \text{ л/хв.} - \text{ при виконанні умов} \\ \text{виробника;} \\ 0,001 \text{ л/хв.} - \text{ при виконанні умов} \\ \text{Настанови з ГДЗС.} \end{cases} \quad (12)$$

При легеневій вентиляції біля 30 л/хв. відповідний коефіцієнт захисту РДА буде

$$K_{31} \geq \frac{\omega_{\text{л}}}{\omega_{n1}} \approx \begin{cases} 1.8 \cdot 10^4 - \text{ при виконанні умов} \\ \text{виробника;} \\ 3 \cdot 10^4 - \text{ при виконанні умов} \\ \text{Настанови з ГДЗС.} \end{cases} \quad (13)$$

Отримані результати дозволяють оцінити загальний коефіцієнт захисту системи „апарат – лицева частина” у разі обладнання РДА шолом-маскою ($K_{32} \geq 10^6$)

$$\begin{aligned} K_3 (\text{ШМ}) &= \frac{K_{31} \cdot K_{32}}{K_{31} + K_{32}} \geq \\ &\geq 2.9 \cdot 10^4 < K_3 (\text{ІК}) \geq 7 \cdot 10^4 \end{aligned} \quad (14)$$

Видно, що під час роботи в регенеративному дихальному апараті в першу чергу необхідно орієнтуватись на його захисні властивості. В той же час, аналогічні розрахунки (12)÷(14) для АСП дають

$$\omega_{n1} = \begin{cases} 0,000133 \text{ л/хв.} - \text{при виконанні умов} \\ \text{виробника;} \\ 0,00008 \text{ л/хв.} - \text{при виконанні умов} \\ \text{Настанови з ГДЗС.} \end{cases} \quad (15)$$

$$K_{31} \geq \frac{\omega_l}{\omega_{n1}} \approx \begin{cases} 3 \cdot 10^5 - \text{при виконанні умов} \\ \text{виробника;} \\ 5 \cdot 10^5 - \text{при виконанні умов} \\ \text{Настанови з ГДЗС.} \end{cases} \quad (16)$$

$$K_3 (\text{ШМ}) \geq 2.3 \cdot 10^5 > 7 \cdot 10^4. \quad (17)$$

Це стосується і системи „апарат – лицева частина” у разі обладнання АСП маскою з підпором повітря в підмасочному просторі ($K_{32} \geq 10^7$), оскільки в цьому випадку загальний коефіцієнт захисту

$$K_3 (M \text{ з підпором}) \geq 2.3 \cdot 10^5 > 7 \cdot 10^4. \quad (18)$$

Отже, видно, що при застосуванні АСП з шолом-масками (або масками з підпором повітря в підмасочний простір) поверх ІК, саме останні зумовлюють захисну ефективність КЗІЗ.

Проте, КЗІЗ першого типу згідно до [9] повинні забезпечити безпеку рятувальників під час ситуації, яка передбачає концентрацію хлору $C_{m \max} (Cl) = 3600 \text{ мг/л}$. Тобто,

$$K_3 \geq \frac{C_{m \max} (Cl)}{C_{\text{ПДК}} (Cl)} = 3.6 \cdot 10^6. \quad (19)$$

Оскільки у відповідності з (7) комбінацію ІК та ІА, коли останній знаходиться зовні, використовувати не можна, визначимо вимоги до загального коефіцієнта захисту ІА, коли він знаходиться всередині ізолюючого костюму

$$K_3(IA) \geq \frac{K_3}{K_3(IK)} =$$
$$= \frac{3.6 \cdot 10^6}{7 \cdot 10^4} \approx 0.52 \cdot 10^2 \ll 5 \cdot 10^4 \quad (20)$$

Видно, що перший рівень захисту забезпечує комбінація сертифікованого ІК та любого ІА, який знаходиться всередині захисного одягу.

Висновки. Напрямки подальших досліджень. Таким чином, запропоновано вираз для загального коефіцієнта захисту КЗІЗ першого типу, використання якого забезпечує аналіз засобів захисту рятувальників, які працюють в умовах впливу НХР, а також показано, що комбінація сертифікованого ІК та любого ІА, який знаходиться всередині захисного одягу, забезпечує безпеку рятувальників в найгірших можливих умовах. Під час подальших досліджень доцільно визначити закономірності роботи в КЗІЗ першого типу та оцінити, як показники діяльності впливають на розповсюдження небезпечної хімічної речовини у разі виникнення надзвичайної ситуації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Диденко Н.С. Регенеративные респираторы для горноспасательных работ. / Н.С.Диденко – М.: Недра, 1984. – 296 с.
2. Стрілець В.М. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Основи створення та експлуатації: навч. посібн. [для студ. вищ. навч. закл.] / В.М.Стрілець. – Харків, АПБУ, 2001. – 117 с.
3. Рекомендації щодо захисту особового складу підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків аварій за наявності небезпечних хімічних речовин (аміак, хлор, азотна, сірчана, соляна та фосфорна кислоти): Наказ N 733 МНС України від 13.10.2008. – Офіц. вид. – Київ: МНС України, 2008. – 88 с. – (Нормативний документ МНС України, Рекомендації)
4. Standard on Vapor-Protective Ensembles for Hazardous Materials Emergencies: NFPA 1991: 2005 Edition – Режим доступу: <http://www.normas.com/NFPA/PAGES/NFPA-1991.html>
5. Protective clothing against liquid and gaseous chemicals, including liquid aerosols and solid particles Part 1: Performance

- requirements for ventilated and non-ventilated “gas-tight” (Type 1) and “non-gas-tight” (Type 2) chemical protective suits: prEN 943-1:2002 – Режим доступу: http://www.standardsdirect.org/standards/standards2/Standards Catalogue24_view_17935.html
6. Liquid chemicals for limited life/use (liquid-tight) Type 3 equipment: prEN 1511 – Режим доступу: <http://www.outsource-safety.co.uk/freehelp/49-british-standards.html>
 7. Методические рекомендации по ликвидации последствий радиационных и химических аварий / [Владимиров В.А., Лукьянченков А.Г., Павлов К.Н. и др.]; под ред. В.А. Владимирова. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС, 2004. – 340 с.
 8. Каминский С.Л. Средства индивидуальной защиты / Каминский С.Л. – Ленинград, Химия, 1989. – 347 с.
 9. Комплексы средств индивидуальной защиты спасателей. Общие технические требования: ГОСТ Р 22.9.05-95. – Режим доступу: <http://www.gr-obor.narod.ru/document.htm>
 10. Специальная защитная одежда пожарных изолирующего типа. Общие технические требования. Методы испытаний: НПБ 162-97. – Режим доступу: <http://bestpravo.ru/fed2002/data01/tex10163.htm>
 11. Настанова з газодимозахисної служби пожежної охорони МВС України: Наказ № 657 МВС України від 2 грудня 1994 р. – Офіц. вид. – Київ: ГУПО МВС України, 1994. – 128 с. – (Нормативний документ Міністерства внутрішніх справ України, Настанова)
 12. Основы створення та експлуатації апаратів на стисненому повітрі: [навч. посібник для вищих навч. закл. МНС України] / П.А. Ковальов, В.М. Стрілець, О.В.Єлізаров, О.Є.Безуглов – Харків: АЦЗУ, 2005 – 314 с.

Васильев М.В., Стрелец В.М., Коврегін В.В.

Анализ герметичности комплекса средств индивидуальной защиты первого уровня

Предложен общий коэффициент защиты, использование которого позволило определить особенности обеспечения герметичности конкретного комплекса средств индивидуальной защиты в условиях максимально возможных концентраций опасных химических веществ и контакта спасателя с их жидкой фазой

Ключевые слова: изолирующий костюм изолирующий аппарат, лицевая часть, коэффициент защиты, коэффициент токсической опасности

Vasil'ev M.V., Strelec V.M., Kovregin V.V.

Analysis of the tightness of the complex PPE of the first level

It is shown that single-factor model according to time complying with the operational work of the selected vocational importance of the quality of those obtained with stabilization of other qualities, provide a quantitative assessment of how the exercise of this quality during this phase of the effect on the outcome of the rescuers.

Key words: insulating suit, SCBA, the front part, the coefficient of protection, the coefficient of toxic hazards

УДК 614.8

Говаленков С.С., науч. сотр., НУГЗУ,

Басманов А.Е., д-р техн. наук, гл. науч. сотр., НУГЗУ

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ИСТЕЧЕНИЯ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ИСТОЧНИКА ВЫБРОСА

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

Построена математическая модель определения интенсивности истечения опасных химических веществ в воздухе при непрерывно действующем источнике выброса этих веществ. Модель позволяет определять необходимые средства защиты и зоны, в которых может находиться личный состав подразделений МЧС при ликвидации таких аварий.

Ключевые слова: авария, чрезвычайная ситуация, опасные химические вещества

Постановка проблемы. При авариях на объектах, использующих опасные химические вещества (ОХВ), необходимо знать интенсивность истечения этих веществ с места аварии. Однако на практике эта величина не может быть известна априори и требует оценки, которая может быть получена, как правило, после прибытия подразделений МЧС к месту ликвидации аварии.

Анализ последних исследований и публикаций. Как отмечается в [1,2], использование стохастических моделей для прогнозирования возможного поражения людей – одно из наиболее широко используемых направлений при моделировании аварий и чрезвычайных ситуаций (ЧС), связанных с выбросом ОХВ. Учитывая недостатки используемых моделей, методик и методов,

в частности, учета среднего значения направления и скорости ветра при прогнозировании развития аварии и ее последствий, в [3] предложена математическая модель диффузии паров ОХВ в воздухе при мгновенной утечке газа, позволяющая оценить вероятность превышения концентрацией выброшенного вещества некоторого критического значения. В [4] проведена оценка вероятности достижения концентрацией вещества критических значений и вероятность превышения величины токсической дозы критического значения при мгновенном выбросе ОХВ. В [5] получена модель определения концентрации ОХВ в воздухе при его медленном истечении и позволяющая прогнозировать границы зон, в которых концентрация ОХВ превышает допустимые значения, что позволяет руководителю ликвидации аварии, связанной с утечкой ОХВ в атмосферу, принимать меры безопасности для личного состава подразделений МЧС и населения.

Постановка задачи и ее решение. Полученные в [3-5] модели предполагают знание интенсивности истечения E , кг/с, ОХВ с места аварии.

Математическое ожидание концентрации паров в воздухе $q(x, y, z, t)$ в заданной точке пространства и заданный момент времени при медленном истечении газа определяется выражением (6) [5] и может быть записано следующим образом

$$\bar{q}(x, y, z, t) = E \cdot F(x, y, z, t).$$

Пусть имеются измерения q_1, q_2, \dots, q_n концентрации ОХВ в воздухе, выполненные одним или несколькими газоанализаторами в моменты времени t_1, t_2, \dots, t_n в точках пространства $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), \dots, (x_n, y_n, z_n)$ соответственно. С этой целью могут быть использованы, например, переносные газоанализаторы типа ДОЗОР-С-П, предназначенные для измерения концентрации одного газа в воздухе, или стационарные ДОЗОР-С, либо комплект ВПХР, позволяющий определять превышение некоторого порога q_n концентрации [6, 7].

Возможны два случая:

1) известно точное время аварии и, следовательно, моменты времени t_1, t_2, \dots, t_n , в которые проводились измерения концентрации ОХВ, указываются относительно времени аварии;

2) точное время аварии неизвестно, и времена t_1, t_2, \dots, t_n отсчитываются относительно времени прибытия подразделений МЧС к месту аварии.

В первом случае для оценки интенсивности истечения ОХВ из источника воспользуемся методом наименьших квадратов

$$L = \sum_{i=1}^n (q_i - E \cdot F(x_i, y_i, z_i, t_i))^2 \rightarrow \min_E. \quad (1)$$

В результате решения задачи минимизации (1), получим оценку интенсивности источника ОХВ

$$\tilde{E} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i F(x_i, y_i, z_i, t_i)}{\sum_{i=1}^n F^2(x_i, y_i, z_i, t_i)}. \quad (2)$$

Полученная оценка позволяет использовать построенную модель выброса ОХВ для прогнозирования концентрации опасного вещества, если известно точное время аварии.

Если же точное время аварии не известно (случай 2), то, наряду с интенсивностью источника E , требует оценки интервал времени τ , прошедший с момента аварии до прибытия подразделений МЧС

$$L = \sum_{i=1}^n (q_i - E \cdot F(x_i, y_i, z_i, \tau + t_i))^2 \rightarrow \min_{E, \tau}. \quad (3)$$

Вычисляя производные по E и τ и приравнивая их к нулю, получим систему уравнений

$$\begin{cases} 2 \sum_{i=1}^n [q_i - E \cdot F(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau)] F(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau) = 0, \\ 2E \sum_{i=1}^n [q_i - E \cdot F(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau)] \frac{\partial F(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau)}{\partial \tau} = 0, \end{cases} \quad (4)$$

где

$$\frac{\partial F}{\partial \tau} = \frac{1}{4\pi^{3/2} \sqrt{a_z}} \frac{1}{\sqrt{t+\tau}} \cdot \frac{1}{\sqrt{D_\theta(t+\tau)D_\rho(\tau+\tau)\sqrt{1-r_{\theta\rho}^2(t+\tau)}}} \times \\ \times \exp\left[-\frac{X^2 + Y^2 - 2r_{\theta\rho}XY}{2(1-r_{\theta\rho}^2(t+\tau))}\right] \times \left\{ \exp\left[-(Z-Z_0)^2\right] + \exp\left[-(Z+Z_0)^2\right] \right\},$$

$$X = \frac{x - \bar{v}_x(t+\tau)}{\sqrt{D_\theta(t+\tau)}}, \quad Y = \frac{y - \bar{v}_y(t+\tau)}{\sqrt{D_\rho(t+\tau)}}, \quad Z = \frac{z - v_z(t+\tau)}{2\sqrt{a_z(t+\tau)}}, \quad Z_0 = \frac{z_0}{2\sqrt{a_z(t+\tau)}}.$$

Ввиду нелинейной зависимости функций $F(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau)$ и $\frac{\partial F(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau)}{\partial \tau}$ от τ аналитическое решение системы уравнений

(4) относительно переменных E и τ оказывается невозможным. Применение численных методов решения также неоправданно, т.к. удобнее применять численные методы непосредственно для решения задачи (3). Для решения (3) воспользуемся методом наискорейшего спуска [8], суть которого заключается в том, что произвольно выбирается начальная точка (E_0, τ_0) . После этого последовательно выполняются итерации, на каждой из которых вычисляются производные $\frac{\partial L}{\partial E}$ и $\frac{\partial L}{\partial \tau}$, и в направлении той переменной, по которой абсолютное значение производной оказалось большим, делается шаг для перехода к новому значению E_{k+1} или τ_{k+1} соответственно

$$E_{k+1} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i F(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau_k)}{\sum_{i=1}^n F^2(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau_k)}, \quad \tau_{k+1} = \tau_k, \quad (5)$$

либо

$$E_{k+1} = E_k, \quad \tau_{k+1} = \tau_k - \frac{\partial L / \partial \tau}{\partial^2 L / \partial \tau^2}.$$

Здесь учтена квадратичная зависимость функции цели L от параметра E . Итерации повторяются до тех пор, пока не будет

превышено заданное количество шагов, либо окажется, что обе производные удовлетворяют условию

$$\left| \frac{\partial F}{\partial E} \right| < \varepsilon, \quad \left| \frac{\partial F}{\partial \tau} \right| < \varepsilon,$$

где $\varepsilon > 0$ – априори заданное число, характеризующее точность нахождения экстремума.

Описанная вычислительная процедура допускает эффективную программную реализацию. При этом начальная точка (E_0, τ_0) выбирается следующим образом. В качестве τ_0 принимается количество времени, прошедшее от поступления сигнала об аварии до прибытия подразделений МЧС на место чрезвычайной ситуации, а величина E_0 рассчитывается по формуле, аналогичной (2) и (5)

$$E_0 = \frac{\sum_{i=1}^n q_i F(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau_0)}{\sum_{i=1}^n F^2(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau_0)}. \quad (6)$$

Выводы. При непрерывно действующем источнике выброса ОХВ перед подразделениями МЧС возникает задача ликвидации источника выброса. Это требует непосредственного контакта личного состава с источником выброса и, следовательно, пребывания личного состава в зоне с высокой концентрацией ОХВ. Поэтому возникает необходимость определения средств защиты и зон, в которых может находиться личный состав подразделений МЧС. Для решения такой задачи необходимо знать интенсивность истечения ОХВ с места аварии. Предложенная модель определения интенсивности медленного истечения ОХВ в воздухе позволяет решить эту задачу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моніторинг надзвичайних ситуацій. / [Абрамов Ю.О., Грінченко Є.М., Кірючкін О.Ю. та ін.]; під ред. Ю.О. Абрамова. – Х. : АЦЗУ, 2005. – 530 с.
2. 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.
3. Басманов А.Е. Математическая модель диффузии паров опасных химических веществ в воздухе. / А.Е. Басманов, С.С. Говаленков // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2008. – № 8. – С.29-39.
 4. Басманов А.Е. Оценка вероятности превышения концентрацией вещества в воздухе допустимого значения. / А.Е. Басманов, С.С. Говаленков, Е.А. Панина // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2008. – № 8. – С. 39-45.
 5. Басманов А.Е. Определение безопасных зон при ликвидации аварии, связанной с выбросом опасных химических веществ. / А.Е. Басманов, С.С. Говаленков // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2009. – № 10. – С. 44-51.
 6. Полегаев Ю.А. Радиационная, химическая и биологическая защита. Учебное пособие. / Полегаев Ю.А., Голуб Н.В., Чайка М.Ю. – Воронеж : ВГУ, 2003. – 69 с.
 7. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. – М. : Наука, 1977. – 735 с.
 8. Сухарев А.Г. Курс методов оптимизации. / Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. – М. : Наука, 1986. – 382 с.

Говаленков С.С., Басманов О.Є.

Оцінка інтенсивності витікання небезпечних хімічних речовин з джерела викиду

Побудована математична модель визначення інтенсивності витікання небезпечних хімічних речовин у повітрі при неперервно діючому джерелі викиду цих речовин. Модель дозволяє визначати необхідні засоби захисту та зони, в яких може перебувати особовий склад підрозділів МНС під час ліквідації таких аварій.

Ключові слова: аварія, надзвичайна ситуація, небезпечні хімічні речовини

Govalenkov S.S., Basmanov A.Ye.

The evaluation of intensity discharge hazardous chemicals from source emissions

A mathematical model for determining the intensity of the expiration of hazardous chemicals in the air at a continuous current source emissions of these substances was built. The model allows to determine the necessary means of protection and areas that may contain the personnel of the MoES units during eliminating such accidents.

Key words: accident, emergency, dangerous chemical substances

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

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В АЭРОТЕНКАХ

На основе ранее предложенной математической модели биологической очистки сточных вод в аэротенке проведен анализ работы аэротенка в различных условиях в зависимости от точек подачи, интенсивности подачи сточных вод и концентрации загрязнений в сточных водах, поступающих на очистку

Ключевые слова: биологическая очистка, аэротенк, модели

Постановка проблемы. Проблеме возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с нарушением процессов сбора, передачи и очистки сточных вод в настоящее время уделяется большое внимание [1-3]. Традиционные технологии биологической очистки сточных вод имеют ряд недостатков, и для крупных очистных сооружений до сих пор важной практической задачей остается вопрос соблюдения норматива предельно допустимых сбросов, значение которого все время ужесточается. По данным исследований Института географии НАН Украины (г. Киев) и Украинского государственного НИИ ВОДГЕО (г. Харьков) в Харьковской области более 50% сбросов сточных вод в водные объекты составляют сбросы без очистки. Очистка сточных вод довольно часто производится в недостаточной степени и нерационально, что приводит к попаданию в водоем большого количества загрязняющих веществ, способных привести к возникновению чрезвычайной ситуации.

Анализ последних исследований и публикаций. Метод биологической очистки сточных вод широко используется для очистки сточных вод. В процессе очистки участвуют сооружения типа аэротенков, работа которых основана на способности микроорганизмов извлекать загрязнения из сточных вод в процессе своей жизнедеятельности. В настоящее время большое внимание уделяется повышению эффективности действующих сооружений путем определения оптимальной нагрузки на активный ил и рацио-

нального распределения сточных вод по длине аэротенка с дальнейшей оптимизацией работы сооружений [2-3].

Постановка задачи и ее решение. Используя математическую модель [4], нами проведен анализ работы аэротенка в различных условиях и рассмотрено влияние интенсивности подачи при различных концентрациях загрязнений в сточных водах на концентрацию загрязнений на выходе из аэротенка при различных вариантах подачи сточных вод: через все четыре окна, только через первое и только через второе окна; через первое и второе, первое и третье, первое и четвертое окна при остальных одинаковых условиях протекания процесса очистки (подача воздуха, интенсивность подачи активного ила) и конструктивных параметрах (длина, ширина, глубина коридора, количество коридоров в рассматриваемой секции). Изменение интенсивности подачи сточных вод принималось в пределах от 35 до 70 м³/мин, при начальной концентрации загрязнений в сточных водах $L_{св} = 0,1, 0,15$ и $0,2$ г/л. Нами получены значения концентраций на выходе из аэротенка: загрязнений $L_{вых}$, хлопьев $X_{вых}$, дисперсных бактерий $Z_{вых}$ для различных вариантов подачи сточных вод. Наиболее оптимальным вариантом из рассмотренных по параметрам очистки на выходе из аэротенка ($L_{вых}, X_{вых}, Z_{вых}$) является вариант подачи сточных вод через первое окно. Поэтому, учитывая, что на действующих сооружениях КБОД г. Харькова очистка сточных вод происходит при впуске сточных вод через четыре подающих окна, расположенных равномерно по длине коридора, концентрация загрязнений в сточных водах равна $L_{св} \approx 0,15$ г/л, а интенсивность подачи сточных вод составляет $q_{св} \approx 45$ м³/мин, сравним полученные значения концентраций для вариантов подачи через четыре и через первое окна (рис а-г).

При $L_{св} \approx 0,15$ г/л для варианта подачи сточных вод через четыре окна получаем следующие значения концентраций: $L_{вых} = 0,035$ г/л, $X_{вых} = 2,8$ г/л, $Z_{вых} = 0,045$ г/л. При впуске сточных вод только через первое окно при таких параметрах работы получаем следующие значения: $L_{вых} = 0,009$ г/л, $X_{вых} = 3,65$ г/л, $Z_{вых} = 0,041$ г/л. Как видим, при впуске через первое окно значения концентрации загрязнений в четыре раза меньше, чем при впуске через все четыре окна; концентрация хлопьев на выходе из аэротенка в 1,5 раза больше, а значения концентрации дисперсных бактерий практически равны.

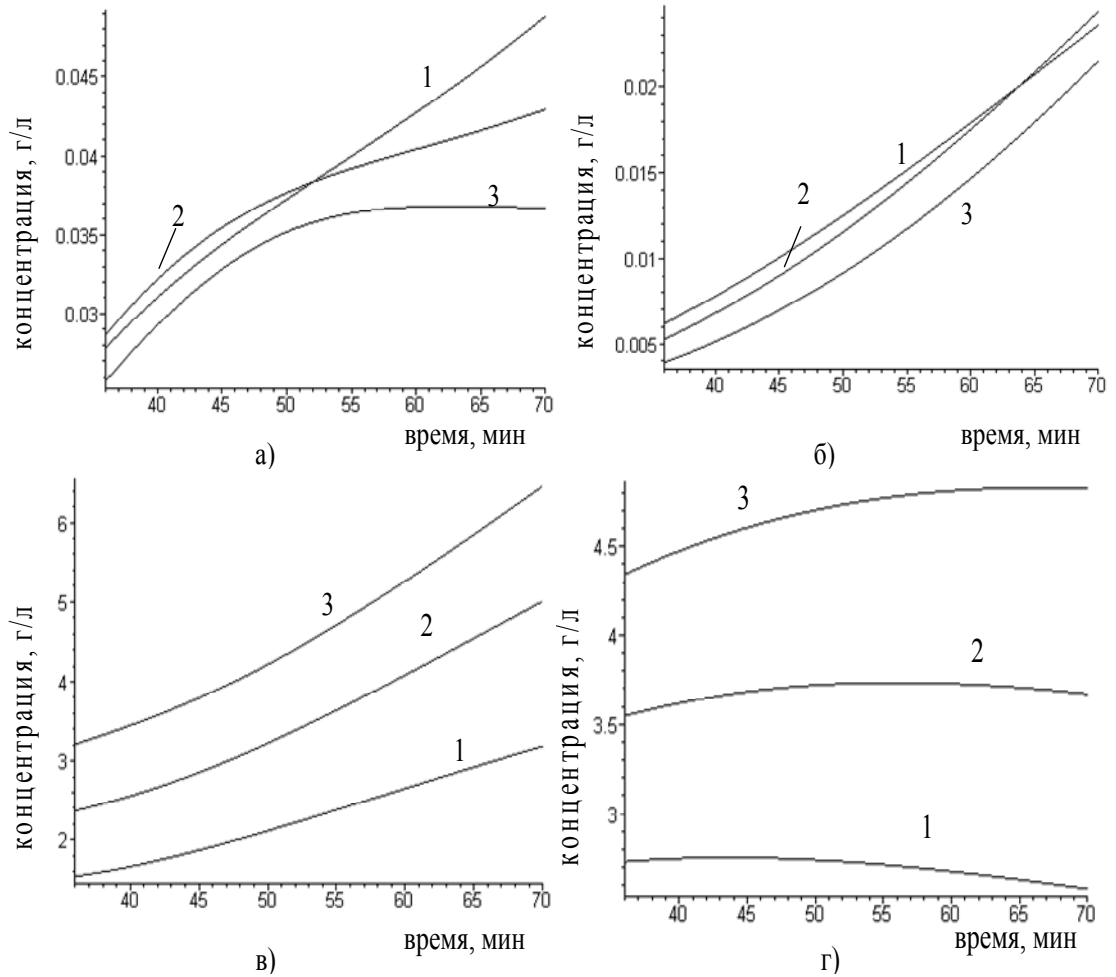


Рис. – Зависимость концентраций от расхода сточных вод: а) и б) загрязнений, соответственно, для подачи через четыре окна и через первое окно, в) и г) хлопьев, соответственно, через четыре окна и первое окно; 1 – концентрация загрязнений в стоках, поступающих на очистку, 0,1 г/л, 2 – 0,15 г/л, 3 – 0,2 г/л

При значениях концентраций загрязнений в поступающих сточных водах $L_{св} = 0,1$ г/л и той же интенсивности подачи сточных вод, что и в предыдущем варианте, при впуске через четыре окна получаем значения концентраций: $L_{вых} = 0,034$ г/л, $X_{вых} = 1,8$ г/л, $Z_{вых} = 0,047$ г/л. При подаче сточных вод только через первое окно при таких параметрах работы получаем такие значения: $L_{вых} = 0,01$ г/л, $X_{вых} = 2,7$ г/л, $Z_{вых} = 0,042$ г/л. Таким образом, при подаче через первое окно значения концентрации загрязнений в 3,5 раза меньше, чем при подаче через все четыре окна; концентрация хлопьев на выходе из аэротенка в 1,5 раза

больше, а значения концентрации дисперсных бактерий вновь практически равны.

При значениях концентраций загрязнений в поступающих сточных водах $L_{св} = 0,2$ г/л и той же интенсивности подачи сточных вод при впуске через четыре окна получены следующие значения концентраций: $L_{вых} = 0,032$ г/л, $X_{вых} = 3,8$ г/л, $Z_{вых} = 0,044$ г/л. При впуске сточных вод только через первое окно при таких параметрах работы получаем значения: $L_{вых} = 0,007$ г/л, $X_{вых} = 4,6$ г/л, $Z_{вых} = 0,042$ г/л. При впуске через первое окно значения концентрации загрязнений на выходе в 4,5 раза меньше, чем при впуске через все четыре окна; концентрация хлопьев на выходе из аэротенка в 1,35 раз больше, а значения концентрации дисперсных бактерий снова практически равны.

При увеличении интенсивности подачи сточных вод $q_{св} \approx 70$ м³/мин при различных значениях концентраций загрязнений в сточных водах наименьшие значения концентрации загрязнений на выходе получены для варианта подачи сточных вод через первое окно, например, при $L_{св} = 0,15$ получаем $L_{вых} = 0,024$ г/л, при этом значения $X_{вых} = 3,7$ г/л, $Z_{вых} = 0,043$ г/л, а для подачи через четыре окна $L_{вых} = 0,042$ г/л, $X_{вых} = 4,8$ г/л, $Z_{вых} = 0,044$ г/л. Анализируя полученные результаты, видим, что наиболее оптимальным вариантом подачи сточных вод является подача всех стоков через первое окно.

Выводы. Вариант подачи сточных вод через четыре окна характеризуется стабильностью результатов качества очистки, которые слабо зависят от концентрации загрязнений в сточных водах, поступающих на очистку, и от интенсивности подачи сточных вод. При этом вариант с подачей сточных вод через первое окно дает более высокую степень очистки, а концентрация хлопьев при высоких нагрузках на ил принимает меньшие значения, что будет существенно влиять на дальнейшие процессы уплотнения активного ила и снизит проблемы с утилизацией его избытка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крюковська О.А. Стан техногенної безпеки на Україні / О.А. Крюковська, А.О. Толок, С.А. Юдіна // Техногенна безпека. Теорія, практика, інновації: міжнар. наук.-практ. конф., 22-23 травня, 2008 р.: тези доповідей. – Л., 2008. – С. 46—49.

Горносталя С.А., Созник А.П.

2. Святенко А.І Важливість урахування особливостей біологічного очищення в аеротенках для поліпшення показників їх роботи / А.І. Святенко, Л.М. Корнійко // Екологічна безпека - 2009. — №4 (8). — С. 93—96.
3. Олійник О.Я Особливості моделювання очистки стічних вод у системі аеротенк-відстійник-регенератор / О.Я. Олійник, С.М. Зябліков // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. — 2005. — №4. — С. 46—53.
4. Горносталь С.А Моделирование процессов биологической очистки в идеальных и реальных аэротенках / С.А. Горносталь, Е.А. Петухова, А.П. Созник // Проблеми надзвичайних ситуацій. — 2009. — №10. — С. 67-77.

Горносталь С.А., Созник О.П.

Аналіз результатів математичного моделювання процесів біологічної очистки стічних вод в аеротенках

На основі раніше запропонованої математичної моделі біологічної очистки стічних вод в аеротенку проведений аналіз роботи аеротенка в різних умовах залежно від точок впуску, інтенсивності подачі стічних вод і концентрації забруднень в стічних водах, що поступають на очищення

Ключові слова: біологічне очищення, аеротенк, моделі

Gornostal S.A., Soznik A.P.

Analysis of the results of mathematical model for biological water treatment cleaning processes in aerotank

On the basis of the early proposed mathematical model for biological water cleaning in aerotank the analysis of the results obtained is fulfilled for the variant admittance points, the intensities of sewage serve and the sewage concentrations

Key words: biological cleaning, aerotank, models

Квітковський Ю.В., викл., НУЦЗУ

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ АНАЛІЗУ ВІДПОВІДНОСТІ НАЯВНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНОЇ ОБОРОНИ ІСНЮЮЧИМ ПОТРЕБАМ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

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

Наведена методика проведення аналізу ступеня захищеності споруд цивільної оборони від вражаючих факторів надзвичайних ситуацій, яка передбачає визначення головного сумарного показника захищеності

Ключові слова: захист, сховище, вражаючі фактори, комплексна надзвичайна ситуація, оцінка

Постановка проблеми. Згідно [1], цивільний захист – система організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів, які здійснюються центральними і місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, підпорядкованими їм силами і засобами, підприємствами, установами та організаціями незалежно від форми власності, добровільними рятувальними формуваннями, що забезпечують виконання цих заходів з метою запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій (НС), які загрожують життю та здоров'ю людей, завдають матеріальних збитків у мирний час і в особливий період. Іншими словами, цивільний захист можна представити як систему (сукупність) взаємодіючих елементів, які мають інтегральні властивості, не притаманні кожному з цих елементів окремо.

Керуючись прийнятою в теорії класифікацією систем [2, 3], цивільний захист можна віднести до складних, відкритих, динамічних, цілеспрямованих систем. Відкритість системи обумовлене ступенем впливу зовнішнього середовища, яким виступають надзвичайні ситуації природного, техногенного та воєнного характеру на систему та її поведінку. Цілеспрямованість означає, що відносно зовнішнього середовища система виступає і відповідно сприймається як щось єдине та всі її елементи служать однієї цілі: реалізації державної політики, спрямованої на забезпечення безпеки та захисту населення і територій, матеріальних і культурних цін-

ностей та докiлля вiд негативних наслiдкiв надзвичайних ситуацiй у мирний час та в особливий перiод. Складнiсть системи визначається можливістю розчленування її на пiдсистеми за рiзними ознаками – структурними (органи управлiння, сили та засоби за вiдповiдними територiальними рiвнями), функцiональними (запобiгання та лiквiдацiя наслiдкiв НС), дiяльними за основними заходами спрямованими на захист населення, тварин, рослин, об'єктiв економiки i докiлля, за територiальною ознакою, рiвнями реагування на НС, галуззю, режимами функцiонування тощо. Іншою прикметою складності є те що змiни в будь якому її окремому елементi, впливають на iншi елементи та функцiонування системи в цiлому.

Серед основних загроз виникнення НС за вiдповiдним джерелом (подiя або явище внаслiдок чого може виникнути НС) техногеннiй та природнiй безпецi України найвищий прiоритет мають загрози гiдрометеорологiчного характеру (ваговий коефiцiєнт 0,150), радiацiйного (ваговий коефiцiєнт 0,140), хiмiчного (ваговий коефiцiєнт 0,130) та пожежовибухового (ваговий коефiцiєнт 0,110), аварiї на транспортi (ваговий коефiцiєнт 0,102), а також медико-бiологiчнi НС (ваговий коефiцiєнт 0,129) [4, 5].

До того ж слiд додати, що, на сьогоднiшнiй день, надзвичайнi ситуацiї, що можуть виникнути на потенцiйно небезпечних об'єктах, у бiльшостi випадкiв будуть носити комплексний характер. Комплексну надзвичайну ситуацiю можна визначити як послiдовний процес розвитку реципiєнтних аварiї або (та) надзвичайних ситуацiї, iнiцiйованих первинною аварiєю або надзвичайною ситуацiєю [6].

Разом iз цим слiд зазначити, що донедавна система захисту населення i територiї органiзовувалася на засадах цивiльної оборони, тобто комплексу заходiв, спрямованих, у першу чергу, на пiдготовку до захисту населення вiд небезпек, що виникають, передусiм, пiд час бойових дiй. Хоча законодавчi акти це протирiччя формально улагоджують [7], але на практицi перехiд вiд цивiльної оборони до цивiльного захисту створює наукову проблему, яка полягає в усуненнi протирiччя мiж зростанням загроз виникнення НС та неможливістю їх своєчасного попередження, локалiзацiї та лiквiдацiї наслiдкiв [8, 9].

Розв'язанню цiєї наукової проблеми може частково сприяти вирiшення наукової задачi щодо забезпечення потенцiйно небез-

печних об'єктів сховищами, які б мали змогу захистити людей від небезпечних факторів НС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Раніше наголошувалося [10-12], що існуюча нормативна база, яка регламентує процес проектування, зведення та експлуатації споруд для захисту цивільного населення [13-15], не враховує багатьох силових та несилових впливів, що можуть діяти на споруду під час дії вражаючих факторів НС, оскільки якісний характер вражаючих факторів мирного та воєнного часів багато в чому відрізняються. Іншими словами, захисні властивості наявних сховищ цивільної оборони не відповідають вражаючій дії факторів НС, а відтак не зможуть забезпечити захист людей. Принаймні, ці споруди потребують ретельної перевірки (аналізу) відповідності їх розрахункових захисних властивостей вражаючим факторам, які можуть виникнути внаслідок комплексної надзвичайної ситуації. Відповідно, нормативні вимоги до таких споруд повинні бути скориговані.

Постановка завдання та його вирішення. Для проведення аналізу відповідності захисних властивостей існуючих споруд цивільної оборони вражаючим факторам НС всі ці фактори повинні бути поділені на категорії за відповідним головним сумарним показником (ГСП) у балах. Оцінка у балах отримується експертним шляхом [16, 17].

Захисні властивості споруди аналізується виходячи із можливих вражаючих факторів, що можуть впливати на неї при виникненні НС. Для прикладу розглянемо наступні:

1. Ступінь захищеності споруди від хімічного впливу можна визначити параметром M_1 , який залежатиме від складових компонентів A , що мають відповідний ваговий коефіцієнт γ із сумарним ваговим коефіцієнтом L_1 :

- опір хімічному впливу позначимо як A_1 ;
- можливі негативні наслідки хімічного впливу – A_2 ;
- рівень досяжності споруди вражаючими хімічними факторами (потенційного джерела хімічної небезпеки) – A_3 .

2. Ступінь захищеності споруди від радіаційного впливу визначимо параметром M_2 , що залежатиме від складових компонентів B , які мають відповідний ваговий коефіцієнт λ із сумарним ваговим коефіцієнтом L_2 :

- опір радіаційному впливу позначимо як B_1 ;
- можливі негативні наслідки радіаційного впливу – B_2 ;

- рівень досяжності споруди уражаючими радіаційними факторами (потенційного джерела радіаційної небезпеки) – B_3 .

3. Ступінь захищеності споруди від впливу локальних або загальних ударних навантажень визначимо параметром M_3 , який залежатиме від складових компонентів C , що мають відповідний ваговий коефіцієнт δ із сумарним ваговим коефіцієнтом L_3 :

- опір ударним навантаженням позначимо як C_1 ;
- можливі негативні наслідки ударних навантажень – C_2 ;
- рівень досяжності споруди уражаючими факторами ударного (силового) характеру (потенційного джерела ударних навантажень, наприклад, склад боєприпасів або вибухових речовин) – C_3 .

4. Ступінь захищеності споруди від бактеріологічного впливу визначимо параметром M_4 , який залежатиме від складових компонентів D , що мають відповідний ваговий коефіцієнт ξ із сумарним ваговим коефіцієнтом L_4 :

- опір бактеріологічному впливу позначимо як D_1 ;
- можливі негативні наслідки бактеріологічного впливу – D_2 ;
- рівень досяжності споруди уражаючими факторами бактеріологічного характеру (потенційного джерела бактеріологічного зараження) – D_3 .

Таким чином, можна отримати наступний початковий масив

$$\begin{aligned} &A_1 \gamma_1, A_2 \gamma_2, A_3 \gamma_3; \\ &B_1 \lambda_1, B_2 \lambda_2, B_3 \lambda_3; \\ &C_1 \delta_1, C_2 \delta_2, C_3 \delta_3; \\ &D_1 \xi_1, D_2 \xi_2, D_3 \xi_3. \end{aligned} \tag{1}$$

Виходячи з (1), визначимо головний сумарний показник ступеня захищеності споруди (ΣM). Ступінь захищеності споруди від хімічного впливу можна визначити за формулою

$$\frac{A_1 \gamma_1 + A_2 \gamma_2 + A_3 \gamma_3}{3} \cdot L_1 = M_1. \tag{2}$$

Відповідно ступінь захищеності споруди від радіаційного впливу визначається за формулою

$$\frac{B_1\lambda_1 + B_2\lambda_2 + B_3\lambda_3}{3} \cdot L_2 = M_2. \quad (3)$$

Ступінь захищеності споруди від ударних навантажень визначимо за формулою

$$\frac{C_1\delta_1 + C_2\delta_2 + C_3\delta_3}{3} \cdot L_3 = M_3. \quad (4)$$

Ступінь захищеності споруди від бактеріологічного впливу визначимо за формулою

$$\frac{D_1\xi_1 + D_2\xi_2 + D_3\xi_3}{3} \cdot L_4 = M_4. \quad (5)$$

Головний сумарний показник ступеня захищеності споруди ($\sum M$) визначимо за наступною формулою

$$\sum M = \frac{M_1 + M_2 + M_3 + M_4}{4}. \quad (6)$$

Висновки. Наведена методика визначення сумарного показника ступеня захищеності споруди цивільної оборони надає можливість отримати середнє чисельне значення, яке характеризує рівень захисту, що може забезпечити споруда при виникненні надзвичайної ситуації. Використання даної методики надасть змогу розподілити наявні споруди цивільної оборони по ступені захищеності, а також визначити нормативні вимоги до захисних споруд.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про правові засади цивільного захисту». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2004, №39, ст.488
2. Кузнечкин С. Системный подход к познанию систем любой физической природы / Кузнечкин С. – М.: МГУ, 1999 – 198 с.
3. Казиев В.М. Введение в системный анализ и моделирование / Казиев Валерий Михайлович – М.: ИМОАС КБГУ, 2001 – 244 с.

4. Безпека життєдіяльності / [Під ред. Я. Бедрія] — Львів: Видавнича фірма «Афіша», 1998. — 286 с.
5. Лапін В. М. Безпека життєдіяльності / Лапін Віктор Михайлович — Львів: Львівський банківський коледж, 1998. — 192 с.
6. Адаменко М.І. Забезпечення профілактичних заходів і своєчасної ліквідації надзвичайних ситуацій на об'єктах Міністерства оборони України шляхом використання планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій та паспортів ризику об'єктів / Страховий фонд документації, №1(1): Харків, НДІ Мікрографії, 2006, с. 55-58
7. Закон України «Про цивільну оборону України». Вводиться в дію Постановою Верховної Ради №2975-12 від 03.02.93
8. Аварии и катастрофы: предупреждение и ликвидация последствий / [Под ред. В.А.Котляревского, А.В.Забегаева] — М., Издательство Ассоциации строительных вузов, 1995. — 406 с.
9. Биченок М.М. Основи інформатизації управління регіональною безпекою / Биченок Микола Миколайович — К.: РНБО, Інститут проблем національної безпеки, 2005. — 194 с.
10. Квітковський Ю.В., Малярчук О.П. Методика розрахунку несучих конструкцій цивільної оборони на загальну дію удару стороннього тіла / Проблеми надзвичайних ситуацій, вип. 6.: Харків, УЦЗУ, 2007, С. 58-62.
11. Квітковський Ю.В. Врахування дії локального удару на несучі конструкції споруд цивільної оборони / Проблеми надзвичайних ситуацій, вип. 6.: Харків, УЦЗУ, 2007, С. 52-58.
12. Квітковський Ю.В. Моделювання ударної взаємодії твердих тіл з перешкодою з урахуванням моделі руйнування ерозійного типу / Проблеми надзвичайних ситуацій, вип. 10.: Харків, УЦЗУ, 2009, С. 78-83.
13. Будинки і споруди. Захисні споруди цивільної оборони: ДБН В.2.2-5-97. — ДБН В.2.2-5-97. — [Чинний від 1997-07-08]. — К. Держкоммістобудування України, 1998 — 119 с.
14. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2-2006. — ДБН В.1.2-2-2006. — [Чинний від 2007-01-01]. — К. Держкоммістобудування України, 2006 — 110 с.
15. Управління, організація і технологія. Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом захисних споруд цивільної оборони та їх утримання: ДБН А.3.1-9-2000. — ДБН А.3.1-9-2000. — [Чинний від 2001-04-01]. — К. Держбуд України, 2000 — 119 с.

16. Раскин Л.Г. Континуальное линейное программирование: Монография / Раскин Л.Г., Кириченко И.О. – Х., Военный институт МВД Украины, 2005 – 176 с.
17. Адаменко М.І., Довбня В.В. Основи планування взаємодії підрозділів різного підпорядкування з урахуванням сумарного показника уразливості об'єкта для надзвичайних ситуацій / Системи озброєння і військова техніка, вип. 3 (19): Харків, Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 2009, С. 52-54.

Квитковский Ю.В.

Методика проведения анализа соответствия имеющихся сооружений гражданской обороны существующим требованиям гражданской защиты

Приведена методика проведения анализа степени защищенности сооружений гражданской обороны от поражающих факторов чрезвычайных ситуаций, предполагающая определение главного суммарного показателя защищенности

Ключевые слова: защита, убежище, поражающие факторы, комплексная чрезвычайная ситуация, оценка

Kvitkovskiy Y.V.

Method of leadthrough of analysis of accordance of present buildings of civil defensive to the existent requirements of civil defense

The method of leadthrough of analysis of degree of protected of buildings of civil defensive from the striking factors of extraordinary situations, supposing determination of main total index of defense, as resulted

Key words: defense, refuge striking factors, complex extraordinary situation estimation

*Климчук Ю.В., канд. юрид. наук, доц., НУЦЗУ,
Левтеров О.А., канд. техн. наук, пров. наук. співр., НУЦЗУ,
Тютюнник В.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр., НУЦЗУ,
Шевченко Р.І., канд. техн. наук, нач. лаб., НУЦЗУ*

АНАЛІЗ КОНТАКТНИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЯКІСНО-КІЛЬКІСНОГО СТАНУ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПРОМИСЛОВИХ ТА ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В РАМКАХ РОЗБУДОВИ СИСТЕМИ ІНТЕГРАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ МІСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

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

Проведено аналіз контактних методів контролю якісно-кількісного стану повітряного середовища полігонів твердих промислових та побутових відходів як датчиків інформації в рамках розбудови системи інтегральної безпеки міської інфраструктури на базі засобів сучасного мобільного зв'язку

Ключові слова: контактні методи, якісно-кількісний контроль, багатокомпонентні газові та газоповітряні середовища

Постановка проблеми. Сталий розвиток країни базується на використанні передових і зазвичай більш ускладнених технологій в різних областях промисловості, сільського господарства, природній та соціальній сферах. Це в свою чергу збільшує вірогідність виникнення надзвичайних ситуацій (НС) на території України [1 – 6].

Враховуючи, з одного боку, наявну кількість та територіальне розміщення потенційно-небезпечних об'єктів (радіаційно небезпечних, хімічно небезпечних, вибухо- та пожежонебезпечних об'єктів, небезпечних транспортних засобів та небезпечних технічних споруд [7 – 11]), з іншого велику кількість відходів промисловості, організаційні та технологічні недоліки процесу їх зберігання та утилізації [12], нерівномірну щільність (скупчення у районах потенційної екологічної небезпеки) населення слід визнати необхідність інтегрованого підходу до вирішення проблеми безпеки території України на підставі системи управління ризиками НС природного та техногенного характеру, основа якого полягає у ви-

користанні сучасних підходів до моніторингу стану окремих елементів соціально-природно-техногенної (СПТ) системи, якими є полігони твердих промислових та побутових відходів [13 – 17].

Одним з найбільш інформативних показників стану елементів СПТ системи є показник стану навколишнього повітряного середовища. Постійний контроль стану останнього у реальному масштабі часу дозволяє з досить високою вірогідністю визначати осередки надзвичайних ситуацій, з подальшим їх контролем та прийняттям відповідних мір запобігання.

Втім, сучасний економічний стан України висуває певні обмеження, щодо використання методів контролю, які досить чітко визначаються принципом „ефективність – інтегральна ціна” [18], вимагає проведення попереднього аналізу, формування інтервалів ефективного та економічно доцільного застосування методів контролю для подальшого використання в якості бази системи моніторингу стану полігонів твердих промислових та побутових відходів, розробки рекомендацій з безпечного розміщення останніх в межах міської інфраструктури .

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Повітряне середовище за фізико-хімічними властивостями є складною багатоконпонентною субстанцією, комплексний аналіз якої дозволить підвищити точність та інформативність контролю первинних факторів надзвичайних ситуацій екологічного характеру [19 – 22].

Існуючі засоби контролю умовно класифікуються на контактні та дистанційні з можливістю розміщенням на стаціонарних або рухомих наземних, морських, повітряних та космічних платформах [23, 24].

Розвиток засобів безпеки віддав перевагу розробці стаціонарних контактних та дистанційних засобів контролю на локальних закритих об'єктах (пожежні, димові, газові датчики та інші – заклади адміністративного, торговельного, культурного, навчального та житлового сектору) [25 – 27], рухомих контактних засобів на локальних відкритих об'єктах (прилади газового контролю – АЗС, нафтоховища та інші) [28 – 30], дистанційних космічних засобів контролю стану об'єктів, які займають велику територіальну площу [31, 32]. Останні потребують великих економічних затрат на розробку, розміщення та експлуатацію.

Іншим пріоритетним напрямом в сучасних економічних умовах є використання вже існуючого технічного та економічного потенціалу з попереднім аналізом його ефективності. Так, в Україні

набули достатнього розвитку засоби мобільної комунікації, де стаціонарні ретранслятори мобільного зв'язку розміщені по всій території України та забезпечують стійке покриття, практично, в кожній точці можливого моніторингу.

Дані станції за незначної технічної модернізації можливо використовувати для розміщення та передачі даних засобів моніторингу первинних факторів надзвичайних ситуацій екологічного характеру по каналам мобільного зв'язку до центру моніторингу і прогнозування НС та формування управлінських рішень. З іншого боку, на цей час застосування даного підходу ускладнюється відсутністю технічних засобів неперервного якісно-кількісного контролю газоповітряного середовища з відповідними технічно-економічними показниками з можливістю їх розташування на стаціонарних ретрансляторах мобільного зв'язку.

Постановка завдання та його вирішення. Метою роботи є аналіз контактних методів контролю якісно-кількісного стану повітряного середовища та приладної реалізації стаціонарних наземних засобів високоточного автоматичного спостереження і контролю у реальному масштабі часу стану повітряного середовища окремих структурних елементів міської інфраструктури, як індикатору процесу виникнення НС екологічного характеру.

Одним з перспективних напрямків оцінки стану повітряного середовища об'єкту є якісно-кількісний контроль багатоконпонентного середовища та визначення динаміки зміни його складу.

Існуючі методи газового аналізу, в залежності від принципу роботи, умовно поділяються на хімічні, біологічні, фізико-хімічні та фізичні [33 – 38]. Найбільш поширеними є фізичні методи, які ґрунтуються на залежності фізичного показника повітряної суміші від концентрації аналізованої компоненти. До таких слід віднести електричну провідність, магнітне сприйняття, теплопровідність, оптичну щільність, коефіцієнт розсіювання та інше.

Аналіз (табл.) довів, що одними з перспективних методів є мас-спектроскопічні, загальною перевагою яких є прецизійність, вибірковість та висока чутливість. Не зважаючи на це, використання даного методу для безперервного контролю за розвитком НС в зазначених умовах, обмежується технічною складністю та потребою висококваліфікованого обслуговування.

До універсальних методів слід також віднести хроматографічні методи, які призначені для визначення ідентифікаційного

складу багатокomпонентних газових сумішів, що характеризуються відносно простим апаратним рішенням. Основним недоліком даного методу є періодичність (не можливість постійного) аналізу.

Радіоспектроскопія і люмінесценція, як і вказані вище методи, характеризуються високими метрологічними показниками, однак вони передбачають відбір та підготовку проби, що призводить до збільшення часу аналізу та відповідно до временної дискретизації вимірювання.

Таблиця – Основні методи якісно-кількісного аналізу середовища

№ п/п	Метод аналізу	Межа виявлення	Характеристика технічної реалізації
1	Спектральні		
1.1	Мас-спектрометричний	$\geq 10^{-7}$ % об.	Складність схемного рішення, яке обумовлене створенням „високого” вакууму, системи пасток та набором великої кількості детекторів. Похибка виміру 5...10 %.
1.2	Радіо-спектро-скопичний	10^{-4} ... 10^{-5} % об	Складність та мала доступність апаратури що забезпечує стабільність частоти та напругу магнітного поля з похибкою не гірше 10^{-5} ... 10^{-7} %.
1.3	Емісійно-спектральний	10^{-3} ... 10^{-4} % об	Трудність вимірювання, яка обумовлена похибкою стабільності умов збудженості атомів або іонів суміші. Похибка виміру 1...2 %.
2	Фотометричні		
2.1	Фото-колориметричний	$\geq 10^{-4}$ % об	Низька чутливість та вибірковість. Дозволяє визначати лише групу компонентів, які відносяться до відповідного діапазону реагентів, не визначаючи їх.

Продовження таблиці

2.2	Люмінесцентний	$\geq 10^{-5} \% \text{ об}$	Реалізується, як правило, лабораторними приладами. Залежність чутливості від температури проби. Порухення лінійності потужності випромінювання від концентрації при великих концентраціях. Похибка методу 5...7 %.
3	Хроматографічний	$\geq 10^{-7} \% \text{ об}$	Високоточний лабораторний та періодичний метод. Складність вимірювань обумовлена залежністю хроматографічних піків від кількості проби та часом її вводу. Точність виміру 1-2 % при великих та $10^{-3} \dots 10^{-4} \% \text{ об}$ при малих концентраціях.
4	Термічні		
4.1	Термо-кондуктометричний	$\geq 10^{-1} \% \text{ об}$	Нелінійна залежність теплопровідності від складу суміші.
4.2	Термохімічний	$10^{-1} \dots 10^{-2} \% \text{ об}$	Використовується для визначення концентрації горючих компонентів в газоповітряному середовищі. Вплив домішок на межу виявлення, залежність чутливості від тиску та температури суміші.
5	Електричні		
5.1	Полум'яно-іонізаційний	$\geq 1 \% \text{ об}$	Труднощі виміру обумовлені недостатньою стабільністю іонізації суміші. Похибка виміру до 5 %.
5.2	Диелькометричний	$10^{-2} \dots 10^{-3} \% \text{ об}$	Використовується для ідентифікації чистих рідин. Похибка виміру порядку 1...2 %.

Аналіз контактних методів контролю якісно-кількісного стану повітряного середовища полігонів твердих промислових та побутових відходів в рамках розбудови системи інтегральної безпеки міської інфраструктури

Продовження таблиці

6	Оптичні		
6.1	Інтерферометричний	$\geq 10^{-2} \% \text{ об}$	Складність аналізу багатоконпонентних сумішів з близькими фізико-хімічними властивостями її компонентів, що обумовлено накладенням інтерференційних картин.
6.2	Спектрально-оптичний	$10^{-3} \dots 10^{-4} \% \text{ об}$	Складність ідентифікаційного аналізу багатоконпонентних сумішів, яка обумовлена накладенням близьких спектральних характеристик.

Відносно прості методи аналізу, які мають низьку границю виявлення та відносно низьку вибірковість, не дають необхідних характеристик виміру, хоча деякі із них можуть бути використані для автоматичного контролю. Це методи в основу яких покладено вимір електрохімічних, електричних та термодинамічних властивостей середовища. Основними недоліками даних методів є низька чутливість та вибірковість, велика інерційність та обмеженість діапазону виміру.

Висновки. Проведений аналіз контактних методів якісно-кількісного контролю багатоконпонентних газових та газоповітряних середовищ довів, що не один із відомих технічно реалізованих фізичних методів не відповідає вимогам за вибірковістю, чутливістю та швидкодією при вимірі в автоматичному режимі в реальному масштабі часу для розміщення на стаціонарних наземних станціях спостереження й контролю проявів НС екологічного характеру на полігонах твердих промислових та побутових відходів та вказує на необхідність пошуку нових підходів до моніторингу газоповітряного середовища в зазначеній технічній реалізації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2003 році – К.: Чорнобильінтерінформ, 2004. – 435 с.

2. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2004 році – К.:Чорнобильінтерінформ, 2005. – 360 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2004.html
3. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2005 році – К.:Чорнобильінтерінформ, 2006. – 375 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2005.html
4. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 році – К.:Чорнобильінтерінформ, 2007. – 235 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2006.html
5. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2007 році – К.:Чорнобильінтерінформ, 2008. – 230 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2007.html
6. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2008 році – К.:Чорнобильінтерінформ, 2009. – 257 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2008.html
7. Про об'єкти підвищеної небезпеки. Закон України від 18 січня 2001 року. м. Київ. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=2245-14>
8. Михайлюк О.П. Ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки / О.П. Михайлюк, В.В. Олійник, А.О. Михайлюк – Х.: УЦЗУ, 2007. – 190 с.
9. Бурков В.Н. Задачи оптимального управления промышленной безопасностью / В.Н. Бурков, А.Ф. Грищенко, О.С. Кулик – М.: ИПУ РАН, 2000. – 70 с.
10. Комплексная оценка уровня риска опасного объекта / Кондратьев В.Д., Толстых А.В., Уандыков Б.К. [и др.] // Системы управления и Информац. технологий. – 2004. – № 3(15). – С. 53 – 57.
11. Абрамов Ю.О. Аналіз хімічно небезпечного стану регіонів України / Ю.О. Абрамов, В.В. Тютюнник, Р.І. Шевченко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2006. – № 4. – С. 16 – 28.
12. Управление промышленными отходами: Учебное пособие в 2 кн. – Харьков: РИП «Оригинал», 2000.

Кн. 1. – Ч.1: Промышленные отходы и окружающая среда в современном мире / А. Грищенко, Е. Макаровский, И. Черванев [и др.] – 80 с.

Кн. 1. – Ч.2: Система управления промышленными отходами в Украине / В. Братчиков, А. Выговская, В. Мищенко – 168 с.

Кн. 1. – Ч.3: Нормативно-правовое обеспечение управления промышленными отходами в Украине / В. Лозанский, В. Мищенко – 88 с.

Кн. 1. – Ч.4: Экономические и финансовые инструменты управления промышленными отходами в регионе / С. Поу, А. Кузин, В. Лозанский [и др.] – 136 с.

Кн. 1. – Ч.5: Информационное обеспечение управления промышленными отходами / А. Быков, А. Кузин, Е. Макаровский – 96 с.

Кн. 1. – Ч.6: Роль эколого-аналитических методов для изучения состава отходов и их влияния на окружающую среду / Н. Горбань, А. Васюков, Е. Калиниченко – 64 с.

Кн. 2: Технологии обезвреживания и утилизации промышленных отходов / А.М. Касимов – 288 с.

13. Про правові засади цивільного захисту. Закон України від 24 червня 2004 року зі змінами. м. Київ. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1859-15>
14. Волошин И. Комплексное решение безопасности – ключ к успеху / И. Волошин // F+S: Технологии безопасности и противопожарной защиты. – 2007. – № 6(30). – С. 68 – 71.
15. Тютюник В.В. Основні принципи інтегральної системи безпеки при надзвичайних ситуаціях / В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // Зб. наук. праць Харків. ун-ту Повітряних Сил. – Х.: ХУПС ім. І. Кожедуба, 2008. – Вип. 3(18). – С. 179 – 182.
16. Інтегральна система безпеки регіонів України, як складових державної територіально-часової параметричної системи. Принцип комплексної оцінки небезпеки / Є.М. Грінченко, О.Ю. Кірючкін, В.В. Тютюник [та ін.] // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: УЦЗУ, 2008. – Вип. 7. – С. 58 – 71.
17. Тютюник В.В. Оцінка індивідуальної небезпеки населення регіонів України в умовах надзвичайних ситуацій / В.В. Тю-

- тютюник, Р.І. Шевченко, О.В. Тютюник // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: УЦЗУ, 2009. – Вип. 9. – С. 146 – 157
18. Тютюник В.В. Формування критерію „ефективність – інтегральна ціна”, як основи принципу комплектування технічними засобами інтегральної системи безпеки / В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // Проблеми пожежної безпеки. – Х.: УГЗУ, 2008. – Вып. 23. – С. 202 – 216.
 19. Широков И.Б. Экологический мониторинг: измерение радиуса зон загрязнения приземного слоя атмосферы вблизи промышленных объектов / И.Б. Широков, О.В. Шабалина // Инж. экол. – 2004. – № 5. – С. 51 – 58.
 20. Приборы для проведения мониторинга природных и техногенных объектов / Катаев О.В., Мельник Э.В., Трунов Г.Л. [и др.] // Сейсм. приборы. – 2002. – № 37. – С. 38 – 42.
 21. Сажин С.Г. Сенсорные методы контроля серосодержащих соединений в газовых средах / С.Г. Сажин, Э.И. Соборовен, А.В. Царапкин // Приборы и системы: Упр., контроль, диагностика. – 2005. – № 2. – С. 47 – 59.
 22. Романов В. Электронный нос: элементная база и принципы построения / В. Романов // Электрон. компоненты и системы. – 2002. – № 10. – С. 6 – 9.
 23. Стационарные и мобильные комплексы экоаналитического контроля // Приборы + автоматиз. – 2004. – № 11. – С. 42 – 44.
 24. Абрамов Ю.А. Аэрокосмический мониторинг / Ю.А. Абрамов, В.В. Тютюник, Р.И. Шевченко – Х.: АГЗУ, 2006. – 172 с.
 25. Членов А.Н. Анализ тенденций развития технических средств пожарной сигнализации / А.Н. Членов, М.В. Землянухин, А.В. Родионов // Системы безопасности – 2004: XIII науч.-техн. конф.: тезисы докл. – Москва, 2004. – С. 220 – 223.
 26. Пожарная безопасность. Оборудование, проектирование, монтаж: каталог – Киев, 2000. – 128 с.
 27. Мотин Л.А. Автоматизированные и роботизированные комплексы для противопожарной защиты объектов / Л.А. Мотин, Г.В. Шахманский // Экол. системы и приборы. – 2001. – № 2. – С. 46 – 51.
 28. Абросимов А.А. Автоматизированные системы пожаровзрывобезопасности нефтеперерабатывающих комплексов / А.А. Абросимов, Н.Г. Топольский, А.В. Федоров – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 239 с.

29. Приборы газового контроля, газовая арматура и ГРП (газорегуляторные пункты) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ross.com.ua/catalog/chemical/>
30. Контрольно-измерительные приборы и автоматика. Украина 2006: специализированный ежегодник. – К.: МП „ТЕНДЕР”, 2006. – 128 с.
31. Савиных В.П. Визуально-инструментальные исследования Земли с пилотируемого космического комплекса / В.П. Савиных – М.: Недра, 1991. – 109 с.
32. Григорьев А.А. Спутниковый мониторинг природных и антропогенных катастроф / А.А. Григорьев, К.Я. Кондратьев // Исследование Земли из космоса. – 1996. – № 3. – С. 68 – 78.
33. Примак А.В. Методы и средства контроля загрязнения атмосферы / А.В. Примак, А.Н. Щербань – Киев: Наукова думка, 1980. – 296 с.
34. Васильев В.П. Аналитическая химия / В.П. Васильев – М.: Высшая школа, 1989. – Ч.2.– 384 с.
35. Байерман К. Определение следовых количеств органических веществ / К. Байерман – М.: Мир. – 1987. – 462 с
36. Хроматографы // Приборы + автоматиз. – 2004. – № 11. – С. 38– 42.
37. Злотин А.М. Определение сверхмалых концентраций химических элементов в многокомпонентных средах / А.М. Злотин, Е.Н. Ольхов // Экология промышленного производства. – 1994. – №4. – С. 20 – 27.
38. Артемов В.М. Опыт использования лазерного газоанализа (CO₂ и He-Ne лазеры): аппараты, результаты, перспективы / В.М. Артемов // Наукоем. технол. – 2001. – т.2. – № 5. – С. 48 – 50.

Климчук Ю.В., Левтеров А.А., Тютюник В.В., Шевченко Р.И.

Анализ контактных методов контроля качественно-количественного состояния воздушной среды полигонов твердых промышленных и бытовых отходов в рамках развития системы интегральной безопасности городской инфраструктуры

Проведен анализ контактных методов контроля качественно-количественного состояния воздушной среды полигонов твердых промышленных и бытовых отходов как датчиков информации в рамках развития системы интегральной безопасности городской инфраструктуры на базе средств современной мобильной связи

Ключевые слова: контактные методы, качественно-количественный контроль, многокомпонентные газовые и газоздушные среды

Klimchuk Yu.V., Levterov O.A., Tiutiunik V.V., Shevchenko R.I.

An analysis of pin methods of control of the high-quality-quantitative state of air environment of grounds of solid industrial and domestic wastes is within the framework of development of system of integral safety of municipal infrastructure

The analysis of pin methods of control of the high-quality-quantitative state of air environment of grounds of solid industrial and domestic wastes is conducted as sensors of information within the framework of development of the system of integral safety of municipal infrastructure on the base of modern mobile communication means

Key words: pin methods, high-quality-quantitative control, multicomponent gas and air-gas environments

УДК 614.84

*Ковалев П.А., канд. техн. наук, зам. нач. каф., НУГЗУ,
Бородич П.Ю., канд. техн. наук, преп., НУГЗУ,
Стрелец В.В., магистр, НУГЗУ*

**УТОЧНЕНИЕ ПРОГРАММ ПОДГОТОВКИ
ГАЗОДЫМОЗАЩИТНИКОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

(представлено д-ром хим. наук Калугиным В.Д.)

Показано, что однофакторные модели зависимости времени выполнения боевой работы от выбранного профессионально-важного качества, получаемые при стабилизации остальных качеств, дают количественную оценку того, как тренировка этого качества на рассматриваемом этапе подготовки повлияет на результат деятельности газодымозащитников

Ключевые слова: профессионально-важные качества, многофакторная модель, ранг, этап подготовки

Постановка проблемы. Обязательная подготовка личного состава газодымозащитной службы сопровождается противоречием между требованием Наставления по газодымозащитной службе о необходимости тренировки наиболее важных профессионально-важных качеств [1] и отсутствием количественных показателей [2], которые бы позволили уточнить, на каком этапе подготовки

какому конкретному качеству необходимо уделить первоочередное внимание.

Анализ последних исследований и публикаций показал, что в настоящее время в основе выбора конкретного набора профессионально-важных качеств лежит реализация метода экспертных оценок [3]. Однако такой подход позволяет получить фактически проранжированные веса выбранных качеств без привязки к тому времени, когда их надо тренировать, и без учета во время подготовки их взаимодействия между собой. Последний эффект может быть оценен путем имитационного моделирования [4,5]. Однако и в этом случае полученные многофакторные оценки не позволяют сразу дать оценку того, каким образом должна измениться программа подготовки газодымозащитников в зависимости от ее этапа.

Постановка задачи и ее решение. Исходя из того, что в многофакторных моделях может рассматриваться влияние уровня (например, низкого, среднего, высокого) подготовленности газодымозащитников на результаты выполнения конкретной задачи, связанной с их работой в непригодной для дыхания среде, была поставлена задача выбора управляющих воздействий (уточнения программы подготовки) в зависимости от того, как отобранные факторы (в нашем случае рассматриваемые профессионально-важные качества) влияют на выход (результаты проведения аварийно-спасательных работ в непригодной для дыхания среде) в зависимости от этапа подготовки газодымозащитников.

При таком подходе предполагается, что по результатам имитационного моделирования будет получена многофакторная модель времени Y выполнения типового для звена газодымозащитной службы (ГДЗС) процесса. Учитывая то, что профессионально-важные качества $\{X_i\}$ могут влиять на результат нелинейно, а также могут иметь эффекты взаимодействия между ними, модель Y в общем случае имеет вид

$$\begin{aligned}
 Y = & a_0 + a_1 X_1 + \dots + a_n X_n + \\
 & + a_{11} X_1^2 + \dots + a_{nn} X_n^2 + \dots \\
 & + a_{12} X_1 X_2 + \dots + a_{(n-1)n} X_{n-1} X_n
 \end{aligned} \quad (1)$$

В [6] отмечено, что сравнительная оценка того, как конкретный фактор влияет на результат, должна выполняться в тождественном (1) выражении в кодированных переменных

$$y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_nx_n + b_{11}x_1^2 + \dots + b_{nn}x_n^2 + b_{12}x_1x_2 + \dots + b_{(n-1)n}x_{n-1}x_n \quad (2)$$

К примеру, многофакторная модель [7], которая характеризует зависимость времени проведения аварийно-спасательных работ звеном ГДЗС в подвальном или цокольном этаже от специальной выносливости x_1 , способности ориентироваться в пространстве x_2 и слаженности звена x_3 в кодированных переменных будет иметь вид

$$y = 0.3244 - 0.1376x_1 + 0.0172x_1^2 + 0.0390x_1x_2 + 0.0311x_1x_3 - 0.1650x_2 + 0.0112x_2^2 + 0.0701x_2x_3 - 0.2332x_3 + 0.0474x_3^2 \quad (3)$$

В модели (3) сохранены все коэффициенты. Видно, что наличие нелинейных (квадратичных) эффектов и эффектов взаимодействия между факторами не позволяет сравнить то, как они влияют, только по линейным эффектам. Ситуация принципиально не меняется и после того, как в (3) удалить незначимые эффекты. Так, для двустороннего риска $\alpha = 0.2$, который рекомендуется [6] для поисковых работ, модель (3) будет иметь вид [7]

$$y_2 = 0,2875 - 0,2055x_1 + 0,0564x_1x_2 + 0,0599x_1x_3 - 0,0985x_2 + 0,0558x_2x_3 - 0,0767x_3 \quad (4)$$

Видно, что эффекты взаимодействия остались.

Таким образом, однофакторные модели $y = f_i(x_i)$, полученные при стабилизации остальных $x_{j \neq i}$ на уровнях, соответствующих координатам экстремумов y_{\min} и y_{\max} ,

$$\left\{ \begin{array}{l} y_{\min}(x_1) = f(x_1; x_2 = -1; \dots; x_n = -1) = \\ = b_{0y_{\min}(x_1)}(x_2 = -1; \dots; x_n = -1) + b_{y_{\min}(x_1)} \cdot x_1; \\ \dots \\ y_{\min}(x_n) = f(x_n; x_1 = -1; \dots; x_{n-1} = -1) = \\ = b_{0y_{\min}(x_n)}(x_1 = -1; \dots; x_{n-1} = -1) + b_{y_{\min}(x_n)} \cdot x_n, \end{array} \right. \quad (5)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} y_{\max}(x_1) = f(x_1; x_2 = +1; \dots; x_n = +1) = \\ = b_{0y_{\max}(x_1)}(x_2 = +1; \dots; x_n = +1) + b_{y_{\max}(x_1)} \cdot x_1; \\ \dots \\ y_{\max}(x_n) = f(x_n; x_1 = +1; \dots; x_{n-1} = +1) = \\ = b_{0y_{\max}(x_n)}(x_1 = +1; \dots; x_{n-1} = +1) + b_{y_{\max}(x_n)} \cdot x_n, \end{array} \right. \quad (6)$$

а также в центре факторного пространства

$$\left\{ \begin{array}{l} y_0(x_1) = f(x_1; x_2 = 0; \dots; x_n = 0) = \\ = b_{0y_0(x_1)}(x_2 = 0; \dots; x_n = 0) + b_{y_0(x_1)} \cdot x_1; \\ \dots \\ y_{\min}(x_n) = f(x_n; x_1 = 0; \dots; x_{n-1} = 0) = \\ = b_{0y_0(x_n)}(x_1 = 0; \dots; x_{n-1} = 0) + b_{y_0(x_n)} \cdot x_n, \end{array} \right. \quad (7)$$

могут отличаться.

Это позволяет в соответствии со значениями максимальных перепадов Δy в (5)÷(7) проранжировать факторы x_i по степени их влияния на выход и выбрать соответствующие управляющие воздействия (в рассматриваемом случае – решение о том, тренировке каких профессионально-важных качеств необходимо уделить первоочередное внимание на рассматриваемом этапе подготовки).

Применительно к (4) однофакторные модели (5)÷(7) времени проведения аварийно-спасательных работ звеньями ГДЗС в подвальных или цокольных этажах от выбранного профессионально-важного качества x_i , получаемые при стабилизации остальных $x_{j \neq i}$ на соответствующих уровнях, приведены в табл.

Ранжирование $\Delta y_2 \{x_i\}$ дает ряды:

- в зоне максимума и в центре факторного пространства

$$\Delta y_2 \{x_1\} \succ \Delta y_2 \{x_2\} \succ \Delta y_2 \{x_3\}, \quad (8)$$

- в зоне минимума

$$\Delta y_2 \{x_1\} \succ \Delta y_2 \{x_3\} \succ \Delta y_2 \{x_2\}. \quad (9)$$

Таблица – Однофакторные модели $y = f_i(x_i)$ при различных условиях стабилизации

	В зоне максимума	В центре факторного пространства	В зоне минимума
x_1	$0,5184 - 0,3218 x_1$	$0,2875 - 0,2055 x_1$	$0,168 - 0,0892 x_1$
x_2	$0,6296 - 0,2106 x_2$	$0,2875 - 0,0985 x_2$	$0,0659 - 0,0136 x_2$
x_3	$0,6479 - 0,1923 x_3$	$0,2875 - 0,0767 x_3$	$0,0399 - 0,0389 x_3$

Анализ выражений (8) и (9) позволяет уточнить рекомендации по подготовке газодымозащитников. Так, можно сделать вывод о том, что на начальном этапе подготовки для приближения эффективности боевой работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания, которая соответствует среднему уровню подготовленности, основное внимание должно быть уделено тренировке специальной выносливости x_1 , а затем – способности ориентироваться в пространстве x_2 и групповой слаженности x_3 в работе звена. При этом необходимо учитывать, что более высокий уровень одного из качеств способствует дополнительному сокращению времени боевой работы с началом тренировки любого из двух других.

В то же время, когда звено по подготовленности в целом приближается к своему лучшему уровню, более эффективным будет уделить больше внимания тренировке слаженности x_3 по сравнению с тренировками способности ориентироваться в пространстве x_2 , продолжая совершенствовать специальную выносливость x_1 в первую очередь. При этом относительно лучшая подготовленность одного из качеств не способствует дополнительному сокращению времени боевой работы с началом тренировки любого из двух других. Можно ожидать, что приближение способности звена к работе с наивысшей для него эффективностью будет достаточно продолжительным и кропотливым делом.

Выводы. Показано, что однофакторные модели зависимости времени выполнения боевой работы от выбранного профессионально-важного качества, получаемые при стабилизации остальных качеств, позволяют получить количественную оценку того, как тренировка этого качества на рассматриваемом этапе подготовки повлияет на результат деятельности. В соответствии с этим может быть откорректирована программа подготовки газодымозащитников.

Применительно к проведению аварийно-спасательных работ газодымозащитниками в подвальных и цокольных этажах показано, что на начальном этапе подготовки основное внимание должно быть уделено тренировке специальной выносливости, а затем – способности ориентироваться в пространстве и групповой слаженности в работе звена. В то же время, когда звено по подготовленности в целом приближается к своему лучшему уровню, более эффективным будет уделить больше внимания тренировке слаженности по сравнению с тренировками способности ориентироваться в пространстве, продолжая совершенствовать специальную выносливость в первую очередь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Настанова з газодимозахисної служби пожежної охорони МВС України: Наказ № 657 МВС України від 2 грудня 1994 р. – Офіц. вид. – Київ: ГУПО МВС України, 1994. – 128 с. – (Нормативний документ Міністерства внутрішніх справ України, Настанова)
2. Методические указания по организации и проведению занятий в изолирующих противогазах с личным составом газодымозащитной службы пожарной охраны МВД СССР – Офіц. издан. – М.; ВНИИПО и ГУПО МВД СССР, 1990. – 117 с. – (Нормативный документ МВД СССР. Методические указания)
3. Стрелец В.М. Экспертная оценка профессионально-важных качеств пожарного / В.М.Стрелец, Д.Ю.Каскевич // Проблемы пожарной безопасности –1998. – № 5. – С.183-185
4. Ковалев П.А. Совершенствование деятельности личного состава ГДЗС: дис.... : к-та техн. наук: 21.06.02/Ковальов Павло Анатолійович. – Харків, 1997. – 157 с.
5. Стрелец В.М. Особенности имитационного моделирования системы «спасатель – средства ликвидации и обеспечения ава-

рийно-спасательных работ – чрезвычайная ситуация в метрополитене»/ В.М.Стрелец, П.Ю. Бородич // Информационное обеспечение и АСУ на железнодорожном транспорте. – 2008. – №22. – С.51-59

6. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / Вознесенский В.А. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.
7. Стрелец В.М. Имитационное моделирование работы звена газодымозащитной службы пожарной охраны / В.М. Стрелец // Системи обробки інформації. – 1999. № 1(5). – С.158-161

Ковальов П.А., Бородич П.Ю., Стрелець В.В.

Уточнення програм підготовки газодимозахисників за результатами імітаційного моделювання

Показано, що одно факторні моделі залежності часу виконання бойової роботи від обраної професійно-важливої якості, що є отриманими при стабілізації інших якостей, дають кількісну оцінку того, як тренування цієї якості на етапі підготовки, який розглядається, вплине на результат діяльності газодимозахисників.

Ключові слова: професійно-важливі якості, багатofакторна модель, ранг, етап підготовки.

Kovaljov P.A., Borodich P.Y., Strelec V.V.

Refinement of the training of rescuers on the results of simulation

It is shown that single-factor model according to time complying with the operational work of the selected vocational importance of the quality of those obtained with stabilization of other qualities, provide a quantitative assessment of how the exercise of this quality during this phase of the effect on the outcome of the rescuers.

Key words: comparative estimation, multifactor model, rank, stage of preparation

УДК 351.861:514.18

*Комяк В.М., д-р техн. наук, проф., НУЦЗУ,
Соболь О.М., д-р техн. наук, нач. каф., НУЦЗУ,
Коссе А.Г., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ,
Собина В.О., викл., НУЦЗУ*

ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КІЬКОСТІ ТА МІСЦЬ РОЗТАШУВАННЯ ОПЕРАТИВНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ЗАЛІЗНИЦІ

Наведено метод визначення раціональної кількості та місць розташування оперативних підрозділів для захисту рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту. Досліджено особливості даного методу.

Ключові слова: метод розв'язання, оперативні підрозділи, об'єкти залізниці

Постановка проблеми. Аварії на залізничному транспорті являють собою небезпечні події техногенного характеру, що призводять до загибелі людей, або створюють на об'єкті чи окремій території загрозу життю та здоров'ю людей, призводять до руйнування будівель, споруд, обладнання і транспортних засобів, порушення виробничого або транспортного процесу, або завдають шкоду довкіллю [1-4]. Необхідно відзначити, що на теперішній час Укрзалізницею приділяється значна увага проблемам безпеки при перевезенні вантажів, в тому числі небезпечних, та організації ліквідації аварій, що супроводжуються пожежами (найбільш складні та небезпечні випадки) [5]. Але при цьому залишається актуальною науково-прикладна проблема підвищення рівня захищеності рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту від наслідків надзвичайних ситуацій різного характеру.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Одним із шляхів розв'язання даної проблеми є скорочення часу реагування оперативних підрозділів (підрозділів воєнізованої охорони на залізниці та пожежно-рятувальних підрозділів) на надзвичайні ситуації, що пов'язані із залізничним транспортом. Це обумовлено тим, що на період зосередження сил та засобів для ліквідації надзвичайних ситуацій (гасіння пожеж) припадає найбільша частка збитків [5].

Постановку задачі раціонального розміщення підрозділів воєнізованої охорони на залізниці та пожежно-рятувальних підрозділів для захисту об'єктів залізниці наведено в роботі [6]. Математичну модель даної задачі та її особливості розглянуто в [7]. Области припустимих розв'язків, побудовані на основі розробленої загальної математичної моделі раціонального розміщення оперативних підрозділів, наведені в [8]. Аналіз областей припустимих розв'язків дозволить побудувати обґрунтований метод розв'язання задачі скорочення часу реагування оперативних підрозділів за рахунок їх раціонального розміщення.

Постановка завдання та його вирішення. Метою даної роботи є розробка та дослідження особливостей методу визначення раціональної кількості та місць розташування оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці.

Відповідно до [8], область припустимих розв'язків W даної задачі є дискретною. Виходячи з цього, для отримання глобального екстремуму цільової функції (мінімум оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці) слід здійснити повний перебір дискретних елементів області припустимих розв'язків. Нехай кількість дискретних елементів дорівнює Z . Тоді, кількість варіантів розміщення N оперативних підрозділів (без урахування правил відтинання) дорівнює

$$v = \sum_{q=1}^N Z^q. \quad (1)$$

Очевидно, що при розв'язанні практичних задач повний перебір дискретних елементів є неможливим. В зв'язку з цим, було створено метод послідовного поодинокого розбиття неперервної S_0 (певний регіон) та дискретної множини l_i (ділянка залізниці). Графічна інтерпретація даного методу наведена на рис. 1.

Тут S_i - район виїзду i -го підрозділу воєнізованої охорони на залізниці; P_j , $j = 1, 2, \dots, Z''$, - припустимі місця розміщення j -го пожежно-рятувального підрозділу; S_j , $j = 1, 2, \dots, Z''$, - район виїзду j -го пожежно-рятувального підрозділу; $l^* = \max_j l_j$, де l_j - ділянка залізниці, що належить S_j .

припустимих місць розташування оперативних підрозділів Z'_i та Z''_j (рис. 2).

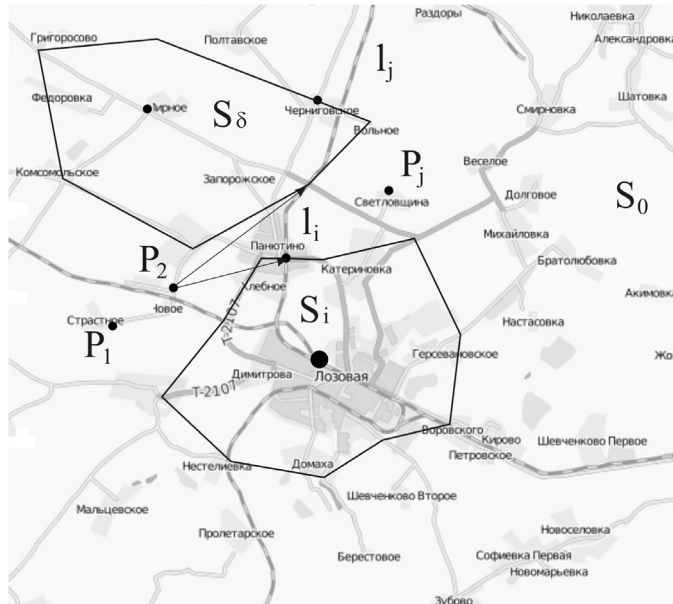


Рис. 2

У випадку, коли необхідно мінімізувати видатки на утримання оперативних підрозділів, цільова функція задачі буде мати наступний вигляд

$$Q(S_1, \dots, S_N) \rightarrow \min_W. \quad (3)$$

Тут $Q(S_1, \dots, S_N)$ - функціонал, що являє собою видатки на утримання N оперативних підрозділів служби цивільного захисту. Тоді, кількість варіантів розміщення N оперативних підрозділів дорівнює

$$v = \sum_{q=1}^{N'} \left(\sum_{i=1}^q Z'_i + \sum_{j=1}^{N-q} Z''_j \right). \quad (4)$$

Висновки. В даній роботі наведено метод розв'язання задачі визначення раціональної кількості та місць розташування підрозділів воєнізованої охорони на залізниці та пожежно-рятувальних підрозділів для захисту рухомого складу та об'єктів залізниці від

Особливості методу визначення раціональної кількості та місць розташування оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці

наслідків надзвичайних ситуацій різного характеру. Розглянуто особливості та наведено оцінки складності (кількості варіантів, що підлягають аналізу) розробленого методу. Таким чином, створений метод розв'язання дозволить в подальшому розробити алгоритмічне та програмне забезпечення розв'язання задачі визначення раціональної кількості та місць розташування оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Плахотник В.М. Правила безпеки та порядок ліквідації наслідків аварійних ситуацій при перевезенні їх залізничним транспортом / Плахотник В.М., Сорока Н.Ю., Тригуб Л.М. - К. Мінтранс України, 2001. - 885 с.
2. Рекомендации по мерам безопасности при ликвидации последствий аварий (пожаров) с горючими жидкостями и сжиженными газами при перевозке их по железным дорогам / [Гроздов Г.М., Хасанов И.Р., Москвилин Е.А. и др.]. - М.: УВО МПС РФ, 1998. - 54 с.
3. Пожежна тактика / [Клюс П.П., Палюх В.Г., Пустовой А.С. та ін.]. - Х.: Основа, 1998. - 592 с.
4. Основы пожарной безопасности в пассажирских поездах / [Аксютин В.П., Нестеренко Г.Г., А.А.Сагайдак, Фетисов В.С.]. - М.: Желдориздат, 2001. - 240 с.
5. Юхимчук С.В. Моделі автоматизації вироблення рекомендацій керівнику гасіння пожежі на залізничному транспорті: Монографія / Юхимчук С.В., Кацман М.Д.: Вінницький національний технічний університет. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008.–144 с.
6. Комяк В.М. Постановка задачі раціонального розміщення оперативних підрозділів для захисту рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту / В.М. Комяк, О.М. Соболев, В.О. Собина // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 9. – Харків: УЦЗУ, 2009. – С. 56 – 62.
7. Комяк В.М. Особливості загальної математичної моделі визначення раціональної кількості та місць розташування оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці / В.М. Комяк, О.М. Соболев, А.Г. Коссе, В.О. Собина // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 10. – Харків: УЦЗУ, 2009. – С. 56 – 62.

8. Комяк В.М. Геометричне моделювання областей припустимих розв'язків в задачі раціонального розміщення оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці / В.М. Комяк, О.М. Соболев, В.О. Собина // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 4. Прикладна геометрія та інженерна графіка – Мелітополь, 2009. – Т. 43. – С. 31-36.

Комяк В.М., Соболев А.Н., Коссе А.Г., Собина В.А.

Особенности метода определения рационального количества и мест размещения оперативных подразделений для защиты железнодорожных объектов

Приведен метод определения рационального количества и мест размещения оперативных подразделений для защиты подвижного состава и объектов железнодорожного транспорта. Исследованы особенности данного метода.

Ключевые слова: метод решения, оперативные подразделения, железнодорожные объекты

Komyak V.M., Sobol O.M., Kosse A.G., Sobina V.O.

Characteristics of method the definition rational number and placements of operational subdivisions for defense the railway objects

A method the definition rational number and placements of operational subdivisions for defense the rolling stocks and railway objects is given. Characteristics of the method are investigated.

Key words: method of solution, operational subdivisions, railway objects

УДК 614.842

*Курская Т.Н., канд. техн. наук, ст. преп., НУГЗУ,
Иванова Е.П., канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.,
ННЦ „Институт метрологии”*

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОВОЛНОВЫХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ В ТРАКТАХ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ТЭС

(представлено д-ром техн. наук Куценко Л.Н.)

В данной работе показана возможность создания датчиков, которые могут обеспечить непрерывный и достаточно точный контроль состава выхлопных дымовых газов, в частности, непосредственно в газоходах ТЭС. Приведены результаты ряда экспериментальных исследований и вариант построения структурной схемы для контроля состава дымовых газов.

Ключевые слова: спектроскопический эффект, газоанализатор, радиоволновой датчик

Постановка проблемы. В числе задач по обеспечению безопасности тепловых электростанций (ТЭС) и котельных одной из наиболее важных является контроль содержания вредных выбросов при их работе [1]. На практике требуется измерять содержание в дымовых газах четырех вредных компонент: серы, углерода, пыли и оксидов азота. В действительности в уходящих газах ТЭС содержится большое количество различных токсичных примесей – ванадий, свинец, ртуть, мышьяк и т.д., но их концентрации считаются допустимыми и не нормируются. Для контроля уходящих газов используются различные приборы отечественного и зарубежного производства с погрешностями измерений от 15% до высокоточных систем с микропроцессорной обработкой.

Однако, газоанализаторные системы, выполненные на основе известных методов и требующие, как правило, пробоотбора, осложняют проведение непрерывного оперативного контроля и автоматизацию процессов регулирования теплотехнического оборудования. Сложность создания подобных систем состоит в необходимости обеспечить многокомпонентность измерений, простоту конструкции, низкую стоимость измерительной системы в производстве и эксплуатации.

В данной работе показана возможность создания для указанных целей радиоволновых датчиков и соответствующих систем

Курская Т.Н., Иванова Е.П.

контроля, которые позволят обеспечить непрерывный контроль отдельных компонент из состава дымовых газов непосредственно в газоходах ТЭС. Принцип работы таких датчиков основан на использовании спектроскопического эффекта резонансного ослабления (поглощения) электромагнитных волн при прохождении их через различные среды. Применение этого эффекта хорошо известно по исследованиям газовой атмосферы планет. Но практически неизвестны примеры, казалось бы, очевидного применения радиоспектроскопии при анализе газовой среды в наземных условиях, в частности, для контроля отходящих газов тепловых станций. Причинами этого были, с одной стороны, высокая стоимость, относительная сложность и весьма ограниченная распространённость рабочей техники (техники миллиметрового - КВЧ диапазона радиоволн), а с другой стороны - низкий уровень требований к экологической безопасности ТЭС.

Анализ последних исследований и публикаций. Проведенный ранее обзор ряда патентов СССР, России, Великобритании, США и Германии [2,3] касался усовершенствований техники СВЧ измерений в области газовой спектроскопии, направленных на повышение чувствительности СВЧ спектрометров, их быстродействия и точности измерений, а также на обеспечение возможности одновременной работы с разными газами. Однако эти решения не могут быть напрямую применены для контроля состава дымовых газов ТЭС, так как имеют дело с газами при значительно меньших давлениях, чем в газоходах ТЭС.

Постановка задачи и ее решение. Для обеспечения экологической безопасности ТЭС наиболее важной задачей является контроль содержания выбросов непосредственно в процессе функционирования. В технике СВЧ для измерения параметров материалов широко распространены резонаторные методы. Спектроскопический эффект обусловлен квантовыми переходами между разными энергетическими уровнями соответствующих сред и веществ при зондировании электромагнитными волнами определенных диапазонов [4]. Измеряя интегральные интенсивности поглощения анализируемого газа на частотах, соответствующих вращательному переходу, можно определить концентрацию анализируемого компонента в общей газовой смеси, которая связана с интегральным коэффициентом поглощения при средних давлениях уравнением

$$\alpha_g = \frac{8\pi^2 N f |\mu_{ij}|^2 \nu^2 \Delta \nu}{3ckT \left[(\nu - \nu_0)^2 + (\Delta \nu)^2 \right]}, \quad (1)$$

где N – число молекул в 1 см^3 ; f – относительное число молекул в нижнем из двух энергетических состояний, между которыми происходит рассматриваемый переход; $|\mu_{ij}|^2$ – квадрат абсолютного значения матричного элемента дипольного момента для данной компоненты, просуммированный по трем взаимно перпендикулярным направлениям в пространстве; ν – рабочая частота; ν_0 – резонансная частота, равная центральной частоте линии поглощения данного газа; $\Delta \nu$ – полуширина линии поглощения; k – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура.

Для большинства газообразных сред переходы между вращательными энергиями молекул наблюдаются непосредственно в сверхвысокочастотном (СВЧ) диапазоне. Наряду с высокой стабильностью спектров поглощения, причем практически вне зависимости от внешних условий, к очевидным достоинствам СВЧ спектроскопии относятся чрезвычайно высокая разрешающая способность и весьма широкий интервал частот (несколько октав электромагнитного спектра). Каждому газу соответствуют одна или несколько частот, на которых наблюдаются резонансы поглощения. Многие резонансные частоты отходящих газов ТЭС лежат в диапазоне миллиметровых волн. При зондировании газовой среды СВЧ излучением и измерении резонансного поглощения на разных частотах можно с достаточной степенью достоверности установить уровень концентрации соответствующих газов. Это и составляет существо метода СВЧ радиоспектроскопии.

Система контроля дымовых газов на каждом котле ТЭС может быть установлена в одном или в каждом из двух контрольных сечений газохода:

1) за холодным пакетом конвективного пароперегревателя, 2) за дымососом [2]. В первом сечении дымовые газы не искажены присосами воздуха и по составу газов можно судить о характеристиках топчного режима (в частности, по содержанию CO и O₂ - о степени выгорания топлива); именно в этом сечении проводятся измерения при наладочных работах, при диагностике и оптимизации режимов сжигания топлива. Во втором сечении достигается практически полное перемешивание продуктов сгорания и, следовательно, равномерность по сечению концентрационных полей;

поэтому это сечение наиболее удобно для оценки общего количества вредных выбросов на одном котле. Для каждого варианта размещения контрольного оборудования имеются особые требования, устанавливаемые по экстремальным условиям работы газохода [2].

Общие требования и соображения по их реализации достаточно полно указывают направления исследований по созданию радиоволновых датчиков дымовых газов. При этом выбор варианта зависит от конкретных требований без предпочтения какого-либо одного. Основой мы назвали бы радиоволновые методы и, прежде всего, их спектроскопическую ориентацию при исследованиях. Отсюда – важность экспериментальных исследований при выборе оптимальных решений и, следовательно, создания соответствующих измерительных комплексов.

В каждом из таких комплексов должно быть и нерадиотехническое оборудование. При этом традиционные пробоотборные системы не являются обязательными, но для сопоставления и установления достоверности измерений требуется калибровка с помощью эталонных газовых смесей.

В общем случае в состав комплекса должны входить:

- блок датчика, включающий измерительную ячейку, зондирующий генератор, аттенюатор и детекторную камеру;
- блок электроники, включающий блоки питания, блок обработки сигналов, согласующее устройство, терморегулятор;
- блок стабилизации параметров газа, состоящий из фильтра, переключателя каналов по газу, стабилизаторов расхода и давления газа, стабилизатора общего давления;
- блок транспортировки газа, включающий газозаборное устройство, вентиль, холодильник-фильтр;
- блок калибровки, включающий вентиль и образцовые газовые смеси.

Главным компонентом в каждом комплексе является датчик. Принцип работы радиоспектроскопического датчика концентрации компонента газа основан на измерении интегрального коэффициента поглощения анализируемого компонента газа на частотах, соответствующих вращательному переходу. По значению коэффициента поглощения на частоте перехода рассчитывается концентрация анализируемого газа [4]

$$N = (\alpha_{\max} 3ckT\Delta f) / (8\pi^2 \chi |\mu_{ij}|^2 f_0^2). \quad (2)$$

Датчики различаются по диапазону частот, но основным моментом при классификации датчиков является различие в измерительных ячейках, обеспечивающих взаимодействие зондирующего излучения с контролируемой газовой смесью. Датчики могут быть выполнены на базе как закрытых, так и открытых волноводов и резонаторов, а также на базе приёмо-передающих систем пространственного излучения. Ввиду значительной ширины спектральных линий поглощения в обычных условиях работа датчиков возможна и на нерезонансной частоте указанных спектральных линий.

Вариантами контрольных секций являются секции на основе металлических волноводов, объемных резонаторов и резонаторов Фабри-Перо.



Рис. –Схема измерения многокомпонентной газовой смеси

Схема одного из вариантов системы представлена на рис. В системе имеются:

- три несообщающиеся капсулы - ячейки из радиопрозрачного материала, заполненные соответственно воздухом, образцовой и анализируемой смесью;
- ячейки закреплены неподвижно в прямую линию на общем основании;

- резонатор Фабри-Перо, одно из зеркал которого соединено с СВЧ генератором, а второе – с СВЧ детектором; взаимным перемещением зеркал достигается настройка резонатора на заданную резонансную частоту;

- генератор, зеркала и детектор закреплены на общей подвижной каретке, которая может перемещаться вдоль ячеек и фиксироваться по оси резонатора.

Проведенные частотные измерения поглощения зондирующего сигнала в агрессивном газе (смесь азота и аммиака с концентрацией $(0,767 \pm 0,03)$ объёмн. % представлены в табл.

Таблица

Частота, МГц	Выходное напряжение детектора, мВ (воздух)	Выходное напряжение детектора, мВ (аммиак)	Поглощение мощности, дБ
23868	40,0	7,5	7,25
23869	62,2	4,1	10,7
23870	100,0	3,8	14,2
23871	68,4	5,2	11,3
23872	44,5	8,0	7,4

Экспериментальные исследования по применению в радиоспектроскопии газов коротких закрытых металлических резонаторов, обеспечивающих требуемую эквивалентную длину, при зондировании агрессивного газа (смесь азота и аммиака с концентрацией $(0,767 + 0,03)$ объёмн.% показали:

- резонансное поглощение зондирующего сигнала на частоте основного перехода 23 870 МГц в полосе частот 23 768-23 872 МГц составило 14,2 дБ;

- коэффициент поглощения на единицу длины поглощающей ячейки в резонаторе с эквивалентной длиной 20 м составил $2 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}$.

Выводы. Таким образом, из представленных экспериментальных данных следует, что для регистрации линии поглощения на частоте зондирующего сигнала необходимо обеспечить резонансное ослабление контролируемого газа более 0,05 дБ. Полученные результаты указывают на возможность создания простых,

экономических и надежных радиоволновых систем контроля состава уходящих дымовых газов ТЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Росляков П.В. Методические проблемы контроля газовых выбросов на ТЭС и в котельных / П.В. Росляков, И.А. Закиров, И.Л. Ионкин, Л.Е. Егорова // Вестник МЭИ. – 1997. №4. – С. 25–32.
2. Иванова Е.П. О радиоволновом контроле в трактах газового выброса ТЭС / Е.П. Иванова, С.М. Смольский, А.Е. Ханамиров, А.В. Хрюнов // Вестник МЭИ. – 2004. – №1. – С. 64–69.
3. Гусев В.В. Радиоспектроскопия и контроль газов ТЭС. / В.В. Гусев, Е.П. Иванова, С.М. Смольский [и др.] – Сб. докл. XI междунар. Конф. По спиновой электронике и гировекторной электродинамике. – М.: 2002. – Изд. УНЦ-1 МЭИ (ТУ). – С. 447–486.
4. Таунс Ч. Радиоспектроскопия / Ч. Таунс, А. Шавлов – М.: Изд. иностранной. лит., 1959. – 356 с.

Курська Т.М., Иванова К.П.

Застосування радіохвильових методів контролю у трактах газових викидів ТЕС

В цій роботі показана можливість створення датчиків, які можуть забезпечити безперервний і достатньо точний контроль складу димових газів ТЕС. Наведено результати експериментальних даних та варіант побудови структурної схеми для контролю складу димових газів.

Ключові слова: спектроскопічний ефект, газоаналізатор, радіохвильовий датчик

Kurskaya T.N., Ivanova K.P.

The radiowave methods using in the heat power station gas extras sections

The sensors creation opportunity to provide the continuous and quite exact checking of the smoke exhaust content in particular, gas streams of heat power station is shown in this paper. The experimental research results and structural schedule building variant to check smoke gases content are done.

Key words: spectroscopy effect, gas analysis device, radiowave sensor

*Мищенко І.В., канд. техн. наук, доц. НУЦЗУ,
Чернобай Г.О., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ*

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КВАЗІСТАЦІОНАРНОГО МЕТОДУ ПРИ РОЗРАХУНКАХ СКЛАДНИХ ПНЕВМОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

(представлено д-ром техн. наук Абрамовим Ю.О.)

Розглядаються теоретичні передумови побудування математичних моделей пневматичних трактів перспективних зразків пожежного та аварійно-рятувального спорядження, що мають у своєму складі складні пневмомеханічні системи. Розрахунок базується на теорії «наповнення – спорожнення» та квазістаціонарному методі визначення параметрів стану повітря.

Ключові слова: термодинаміка, пневмогідроліка, мультиплікатор, пожежна та аварійно-рятувальна техніка

Постановка проблеми. При проектуванні перспективних зразків пожежної та аварійно-рятувальної техніки інколи доводиться проводити розрахунки термодинамічних процесів, які відбуваються в пневматичних трактах складних пневмомеханічних систем, наприклад, в імпульсному пневмогідролічному мультиплікаторі, який пропонується до застосування в пожежному та аварійно-рятувальному автомобілі (рис.). Мультиплікатор складається із резервуарів постійного (1) та змінного (3) об'ємів, які зв'язані між собою трубопроводом (2) із встановленими в місцях з'єднання дросельними шайбами (4). В окремих випадках система дещо ускладнюється, якщо об'єми сполучених резервуарів значно відрізняються, а зміна об'єму якогось резервуару задається не в вигляді математичних залежностей того або іншого рівня складності, а є наслідком коливання деякої підпружиненої маси (поршень - 5), що з'єднана із ним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Розрахунок термодинамічних процесів в подібних системах базується на теорії „наповнення - спорожнення” та квазістаціонарному методі визначення параметрів стану повітря, що викладені в роботах [1-5].

Постановка завдання та його вирішення. Основою теорії «наповнення – спорожнення» та квазістаціонарного методу розра-

хунку термодинамічних процесів при проектуванні пневматичних трактів є наступні положення:

- миттєве розповсюдження зміни тиску повітря в усьому об'ємі кожного окремо взятого елемента загальної пневмосистеми, внаслідок чого тиск в кожному резервуарі по усьому об'єму однаковий і не змінюється протягом кроку інтегрування;
- передбачається, що кінетична енергія струменю повітря, який проходить через дросель із одного об'єму в іншій, повністю розсіюється;
- термодинамічні процеси аналізуються виходячи з основних законів збереження енергії та маси речовини.

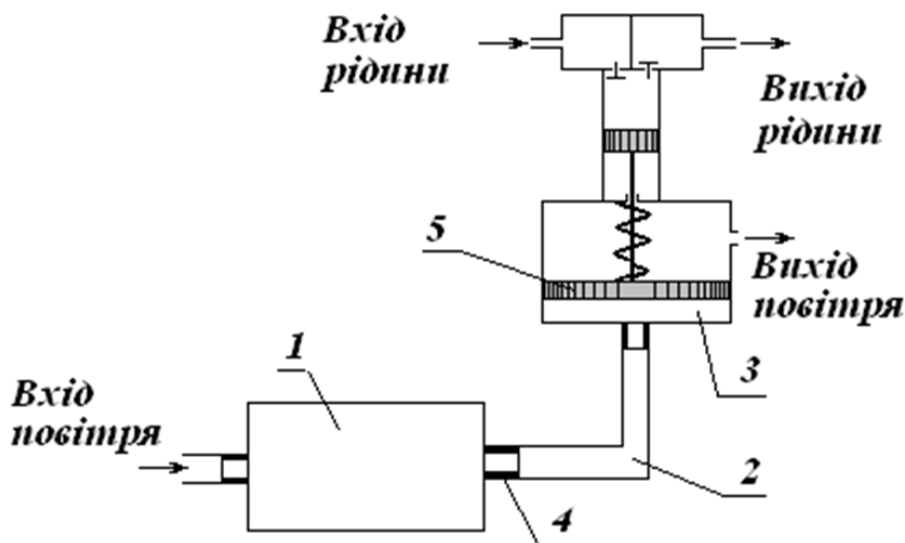


Рис. – Схема пневмоімпульсного мультиплікатора гідравлічного насоса

Термодинамічні процеси в кожному із елементів цієї системи характеризуються наступними параметрами: P – тиск повітря в резервуарі; G – маса повітря в резервуарі; T – температура повітря; V – об'єм резервуара; ρ – щільність повітря в резервуарі; C_p – теплоємність повітря в процесі $P = \text{const}$; C_v – теплоємність повітря в процесі $V = \text{const}$; R – газова стала.

Рівняння термодинаміки з урахуванням тепло- та масообміну, а також дроселювання повітря при його перетіканні із одного резервуару в іншій, складаються на основі закону збереження енергії – першому законі термодинаміки [4]

$$dQ = dU + dL, \quad (1)$$

де Q – кількість зовнішньої теплоти, яка вноситься в систему; U – внутрішня енергія системи; L – робота, яку виконує система.

Для елементів термодинамічної системи диференціали, які входять в рівняння (1), визначаються наступним чином

$$dQ = dQ_1 + dQ_2, \quad (2)$$

де Q_1 – кількість теплоти, яка вноситься (+) в елемент, або відводиться від нього (–) через теплообмін з навколишнім середовищем; Q_2 – кількість теплоти, якою обмінюються між собою елементи термодинамічної системи при перетіканні повітря.

Теплообмін з навколишнім середовищем в загальному випадку має нестаціонарний характер, але для технічних розрахунків відносно повільних процесів при незначному діапазоні зміни температур можна використовувати рівняння теплопередачі

$$dQ_1 = -K_T H_T (T - T_0) dt, \quad (3)$$

$$dQ_2 = i dG, \quad (4)$$

де K_T – стаціонарний усереднений коефіцієнт теплопередачі; H_T – площа поверхні теплопередачі; T_0 – температура навколишнього середовища; i – ентальпія елементарного перетікаючого об'єму повітря dG . Приймаючи теплоємності C_p та C_v постійними, визначимо ентальпію

$$i = C_p T = (C_v + R) T. \quad (5)$$

Враховуючи рівняння (2-5), запишемо перший закон термодинаміки (1) у вигляді

$$C_v G dT + P dV - R T dG + K_T H_T (T - T_0) dt = 0. \quad (6)$$

Зважаючи на невеликий діапазон зміни тиску при якому швидкість повітря не перевищує 0,5 швидкості звуку, кількість повітря, яке перетікає, наприклад, із об'єму «1» в об'єм «2» (при

$P_1 > P_2$) визначається наступним чином (μ – коефіцієнт витікання повітря, S_{1-2} – площа перерізу дроселя між елементами «1» та «2»)

$$dG_1 = \mu S_{1-2} [2\rho(P_1 - P_2)]^{1/2} dt, \quad (7)$$

Рівняння Клапейрона-Менделєєва характеризує стан повітря в елементах термодинамічної системи

$$PV = GRT, \quad (8)$$

або в диференціальній формі після відповідних перетворень

$$PdV + VdP - RTdG - RGdT = 0. \quad (9)$$

Замикає систему термодинамічної частини математичної моделі рівняння масового балансу

$$dG_K + \sum dG_i - dG_M = 0, \quad (10)$$

де dG_K – кількість повітря, яке постачає компресор; dG_M – кількість повітря, яке виходить із мультиплікатору; dG_i – кількість повітря, яким обмінюються між собою окремі елементи пневмосистеми.

Диференціальне рівняння коливань підпружиненої маси запишемо використовуючи загальноприйняті методи механіки

$$M(d^2x/dt^2) - kx + P_B F_B - P_\Gamma F_\Gamma = 0, \quad (11)$$

де M – маса поршня; x – переміщення поршня; k – жорсткість пружини; P_B – тиск повітря в резервуарі під поршнем; F_B – площа повітряного поршня; P_Γ – тиск рідини в резервуарі над гідравлічним поршнем; F_Γ – площа гідравлічного поршня.

Висновки. Важливим етапом при проектуванні новітніх зразків пожежної та аварійно-рятувальної техніки, що складаються з пневматичних трактів складних пневмомеханічних систем, є розробка математичних моделей для дослідження термодинамічних процесів, які відбуваються в системі, вибору її оптимальних параметрів та налаштуванню робочих процесів. В роботі розглядається один із методів побудови таких моделей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика / Абрамович Г.Н. – М.: Наука, 1976. – 888 с.
2. Герц Е.В. Пневматические приводы / Герц Е.В. – М.: Машиностроение, 1969. – 359 с.
3. Кирпичников В.Г. Применение квазистационарного метода для исследования термодинамических процессов в системе пневмоподвешивания локомотива / В.Г.Кирпичников, В.М.Адашевский // Вестник ХПИ. –1977. – № 134. – С. 3 – 5.
4. Куценко С.М. Пневматическое рессорное подвешивание тепловозов / Куценко С.М. – Х.: Вища школа, 1978. – 97 с.
5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа / Лойцянский Л.Г. – М.: Наука, 1978. – 736 с.

Мищенко И.В., Чернобай Г.А.

Некоторые особенности применения квазистационарного метода при расчетах сложных пневмомеханических систем

Рассматриваются теоретические предпосылки построения математических моделей пневматических трактов перспективных образцов пожарного и аварийно-спасательного снаряжения, имеющие в своем составе сложные пневмомеханические системы. Расчет базируется на теории «наполнения – опорожнения» и квазистационарном методе определения параметров состояния воздуха.

Ключевые слова: термодинамика, пневмогидравлика, мультипликатор, пожарная и аварийно-спасательная техника

Mishchenko I.V., Chernobay G.A.

Some features of quasi stationary method application to calculate the complicated pneumatic mechanical systems

Theoretical pre-conditions to create the mathematical models of the complicated mechanical systems pneumatic sections are considered. These sections are based on the «filling and emptying» theory and a quasi stationary method to determine the air parameters state.

Key words: thermodynamics, pneumatic hydraulics, multiplier, a fire-fighting and repair-rescue equipment.

УДК 614.876:355.58

*Попов В.М., канд. техн. наук, проректор, НУЦЗУ,
Ромін А.В., канд. техн. наук, заст. нач. фак., НУЦЗУ,
Фесенко Г.В., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ*

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ІНДИВІДУАЛІЗОВАНОЇ ЕФЕКТИВНОЇ ДОЗИ ВНУТРІШНЬОГО ОПРОМІНЕННЯ НАСЕЛЕННЯ ВІД ЯГІД ДЛЯ РІЗНИХ ТИПІВ ЛІСОРОСЛИННИХ УМОВ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ

(представлено д-ром фіз.-мат. наук Яковлевим С.В.)

Наведені результати оцінки індивідуалізованої ефективної дози внутрішнього опромінення населення критичної групи від ягід чорниці. Визначені граничні маси ягід чорниці, що можуть споживатися населенням територій з різною активністю радіонукліду Cs-137 в ґрунті свіжих і вологих борів.

Ключові слова: індивідуалізована ефективна доза внутрішнього опромінення, критична група, гранична межа

Постановка проблеми. Аварія на Чорнобильській АЕС призвела до значного радіоактивного забруднення лісів України. У лісових масивах, внаслідок їх структури та будови, накопичилось більше радіоактивних елементів ніж на відкритих площах. Це, в свою чергу, визначило ліси як «критичну територію» з огляду можливих радіаційних дозових навантажень при використанні продукції лісового господарства [1-5]. Значними рівнями накопичення радіоактивних елементів, разом з їстівними грибами, відрізняються найбільш розповсюджені ягідні рослини Полісся України – чорниця, лохина (буяхи), брусниця та журавлина, частка яких у раціоні критичних груп населення внаслідок економічної кризи значно зросла. Це призвело до того, що спожиті радіоактивно забруднені ягоди формують до 60% індивідуалізованої річної ефективної дози внутрішнього опромінення (ІРЕДВО). Проведені дослідження вказують на значні розбіжності у коефіцієнтах переходу радіонуклідів у ягоди (КПРЯ) для різних типів лісорослинних умов (ТЛУ), що потребує обов'язкового врахування даних особливостей при вирішенні таких актуальних задач, як прогнозування ІРЕДВО населення критичних груп та визначення граничної межі споживання «дарів лісу». Отримані в ході вирішення даних задач радіаційні характеристики необхідні для планування

Попов В.М., Ромін А.В., Фесенко Г.В.

дієвих контрзаходів по захисту населення і уточнення (корегування) напрямків реабілітації радіоактивно забруднених територій [6], а також ефективного ведення лісового господарства на них у відповідності з вимогами [5,7,8].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Тривалий час публікаціям, присвяченим зазначеним проблемам, бракувало наявності в них достатньо обґрунтованих КПРЯ у зв'язку з недостатньою кількістю досліджень та якістю їх проведення [1,8]. На даному етапі результати досліджень подаються у вигляді довідкових таблиць, представлених, зокрема в [5]. Дані таблиці і будуть використовуватись авторами для уточнення ІРЕДВО населення критичної групи.

Постановка завдання та його вирішення. Автори, використовуючи отримані дані про КПРЯ, пропонують свій підхід до оцінки ІРЕДВО населення критичної групи за рахунок ягід чорниці, що збираються для вжитку на ґрунтах різних ТЛУ зони гарантованого добровільного відселення (зони З) [9]. При цьому до розгляду прийняті КПРЯ по Cs-137, що є у відповідності з [1-8] основним дозоутворюючим радіонуклідом у теперішній час на території лісів Поліського регіону.

З урахуванням [6,11] автори проводили дослідження, користуючись наступною базовою формулою розрахунку ІРЕДВО

$$E_{Cs-137} = M_{ягід} \cdot k_{обр} \cdot C_{Cs-137} \cdot 37 \cdot 10^3 \frac{\text{Бк/м}^2}{\text{Кі/км}^2} \cdot \sum_{i=1}^n k_i \cdot \sum_{j=1}^m k_{ji} \cdot КП_{ji} \cdot h_j, \text{Зв}$$

де: $M_{ягід}$ - маса ягід, яку споживає протягом року група населення, що розглядається, кг; $k_{обр}$ - коефіцієнт зниження вмісту Cs-137 у готових до вживання ягодах у порівнянні із зібраними внаслідок їхньої кулінарної обробки, відн. од.; C_{Cs-137} - активність Cs-137 у ґрунті в рік, що розглядається, Кі/км² (щільність забруднення території); k_i - вагова частка ягід i -го виду у повному «ягідному кошику», що споживається даною групою населення, відн. од.; k_{ji} - відношення площі j -го ТЛУ до сумарної площі лісових земель, що використовуються для збору ягід i -го виду, відн. од; $КП_{ji}$ - коефіцієнт переходу Cs-137 з ґрунту j -го ТЛУ до ягід i -го виду, м²/кг;

$37 \cdot 10^3 \frac{\text{Бк/м}^2}{\text{Кі/км}^2}$ - коефіцієнт переходу від Кі/км^2 до Бк/м^2 ; h_j - дозовий коефіцієнт для переходу від надходження радіонуклідів з їжею до значення ефективної дози, Зв/Бк .

Розрахунки були проведені для наступних ТЛУ: A_2 (свіжі бори) та A_3 (вологі бори), у якості способу кулінарної обробки розглядалось миття ягід ($k_{обр} = 0,9$). Параметр C_{Cs-137} записаний з розмірністю Кі/км^2 для зручності введення вихідних даних, оскільки при визначенні зон радіоактивного забруднення у Законі [9] використана така розмірність. Отримання результатів у зручному для аналізу вигляді у Зв досягається введенням перевідного коефіцієнту. Результати розрахунків представлені на рис. 1, 2.

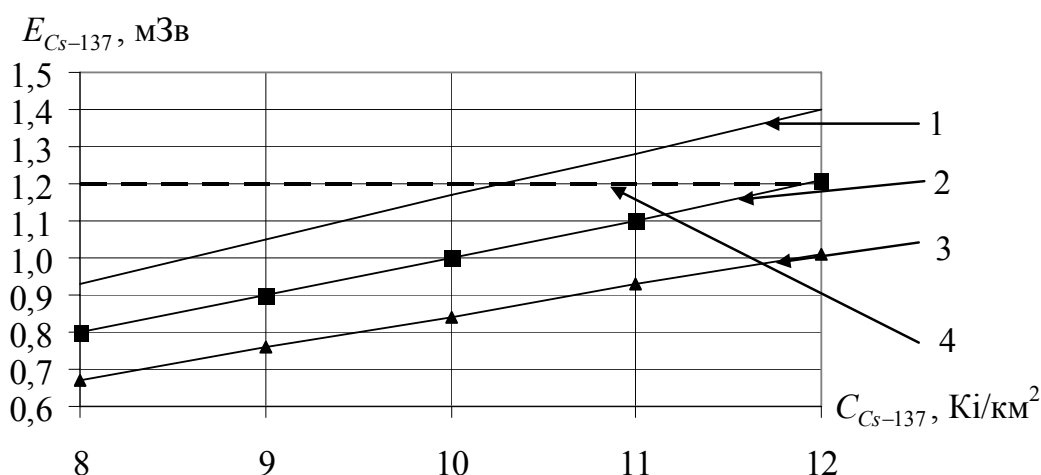


Рис. 1 – Графік залежності ІРЕДВО населення критичної групи при вживанні протягом року двадцятьох кілограмів митих ягід чорниці, зібраних в зоні гарантованого добровільного відселення, від активності $Cs-137$ в ґрунті: 1- 20% ягід зібрано на ґрунтах A_2 , 80% - на ґрунтах A_3 ; 2 - 50% ягід зібрано на ґрунтах A_2 , 50% - на ґрунтах A_3 ; 3 - 80% ягід зібрано на ґрунтах A_2 , 20% - на ґрунтах A_3 ; 4 – встановлена гранична межа ІРЕДВО за рахунок ягід.

При визначенні встановленої для досліджень граничної межі ІРЕДВО за рахунок ягід кількістю 1,2 мЗв автори виходили з середнього для зони гарантованого добровільного відселення значення загальної індивідуалізованої ефективної дози опромінення, яке дорівнює 3 мЗв, а також результатів досліджень, що вказують, що для населення критичної групи 80% загальної річної ефективної дози опромінення формується за рахунок ІРЕДВО, яка в свою

чергу на 80% складається з ІРЕДВО від «дарів» лісу», причому 60% - з ІРЕДВО за рахунок ягід.

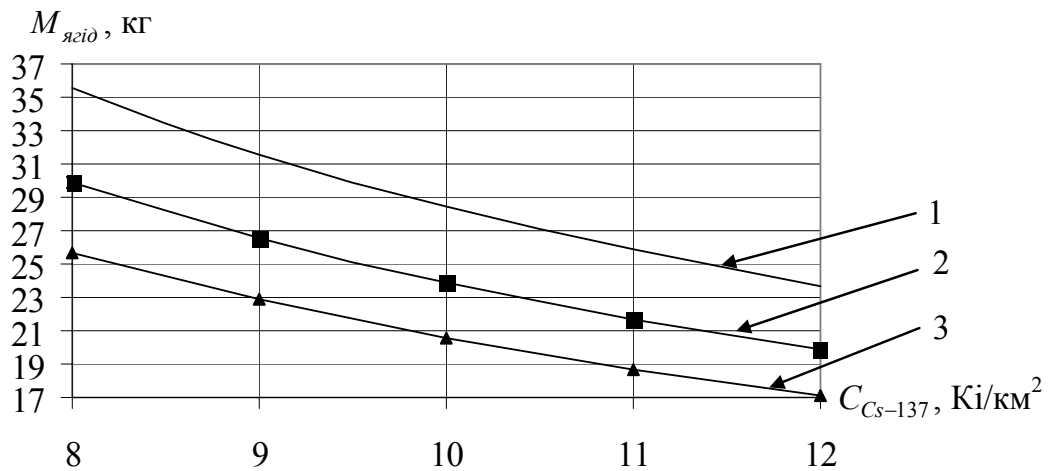


Рис. 2 – Графік залежності можливої для споживання одним представником населення критичної групи маси митих ягід чорниці, зібраних в зоні гарантованого добровільного відселення, від активності Cs-137 в ґрунті, якщо встановлена гранична межа ІРЕДВО за рахунок ягід складає 1,2 мЗв: 1- 20% ягід зібрано на ґрунтах A_2 , 80% - на ґрунтах A_3 ; 2 - 50% ягід зібрано на ґрунтах A_2 , 50% - на ґрунтах A_3 ; 3 - 80% ягід зібрано на ґрунтах A_2 , 20% - на ґрунтах A_3 .

Аналіз наведених графіків дозволяє зробити висновок, що для розглянутих ТЛУ найбільш небезпечними для споживання є ягоди чорниці, зібрані у вологих борах A_3 . Так, наприклад, якщо у вологих борах з щільністю забруднення $C_{Cs-137} = 10,3 \text{ Ки/м}^2$ і більше збирається 80% всіх зібраних ягід чорниці (варіант збору №1), то при вживанні двадцяти кілограмів таких ягід, має місце перевищення граничної межі ІРЕДВО, а при $C_{Cs-137} = 12 \text{ Ки/м}^2$ ІРЕДВО на 0,39 мЗв є більшою, ніж для випадку, коли у вологих борах збирається лише 20% ягід, а решта – у свіжих борах. Слід також відзначити, що максимальна можлива маса зібраних у свіжих борах ягід чорниці, яка може споживатися одним представником населення критичної групи протягом року при щільності забруднення $C_{Cs-137} = 8 \text{ Ки/м}^2$, складає 35,6 кг, а в разі збирання цих ягід у вологих борах – лише 25,7 кг, тобто майже на 5 кг менше.

Висновки. Проведені оцінки ІРЕДВО населення критичної групи за рахунок споживання митих ягід чорниці показали, що при однаковій активності Cs-137 в ґрунті, їх збирання доцільно

проводити у ТЛУ, що характеризуються більш сухими ґрунтами. У статті показано, що ягоди, переважно зібрані у вологих борах (80% від усіх ягід чорниці) при $C_{Cs-137} = 12 \text{ Кі/м}^2$ забезпечують ІРЕДВО на 0,39 мЗв більше, ніж у разі їх збирання переважно у свіжих борах (80 % від усіх ягід чорниці). Також показана можливість збільшення річної маси споживання ягід чорниці за рахунок переходу до їх збору у ТЛУ з більш сухими ґрунтами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лихтарев И.А. Общая структура Чернобыльского источника и дозы облучения населения Украины / И.А. Лихтарев, Л.Н. Ковган // Международный журнал радиационной медицины. - 1999. - №1(1). - С. 29–34.
2. Карачов І.І. Проблеми радіоактивного забруднення харчових продуктів лісу і внутрішнє опромінення населення [Електронний ресурс]/ І.І. Карачов // Проблеми харчування. - 2006. - № 1. - Режим доступу до журналу: http://www.medved.kiev.ua/arhnutr/art_2006/n06_1_2.htm.
3. Краснов В.П. Радиоэкология ягодных растений /В.П. Краснов, А.А. Орлов. – Житомир: Волынь, 2004. – 263 с.
4. Прикладная радиоэкология леса /[В.П. Краснов, А.А. Орлов, В.А. Бузун, В.П. Ландин]. - Житомир: Полесье, 2007. – 680 с.
5. Рекомендації з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення територій. – Київ: МНС України, 2008. – 106 с. – (Нормативний документ МНС України. Рекомендації).
6. Проблемы радиационной реабилитации загрязненных территорий / [Ю.М. Жученко, В.С. Аверин, С.К. Фирсакова и др.]; под ред. В.Ю. Агеева. - Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2001. - 250 с.
7. Руководство по ведению лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения от аварии на Чернобыльской АЭС (Утверждено Приказом Рослесхоза № 40 от 31.03.1997 г.). [Электронный ресурс]. - (Нормативный документ Рослесхоза. Руководство). – Режим доступа: <http://www.forest.ru/rus/legislation/laws>.
8. Правила ведения лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения (Введены в действие Постановлением Минлесхоза Республики Беларусь №1 от 15.01.2001 г.) [Электронный ресурс]. - (Нормативный документ Беллесхоза. Правила). –

Режим доступа:

<http://www.zakon2006.by.ru/part14/doc23959.shtm>.

9. Про правовой режим территории, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи: Закон України від 27.02.1991 р., № 791 а – XII [Електронний ресурс].- (Нормативний документ Верховної Ради України. Закон). – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws>.
10. Реконструкция и прогноз доз облучения населения, проживающего на территориях Украины, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии ЧАЭС (Методика-97) - К., 1998. – 79 с. - (Нормативный документ МОЗ и МЧС Украины. Инструктивно-методические указания).
11. Реконструкция средней (индивидуализированной) накопленной эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году. Дополнение 2 к МУ 2.6.1.579-96» (МУ 2.6.1.2004-05). – М., 2005. – 16 с. - (Нормативный документ МОЗ и МЧС России. Методические указания).

Попов В.М., Ромин А.В., Фесенко Г.В.

Особенности оценки индивидуализированной эффективной дозы внутреннего облучения населения от ягод для различных типов лесорастительных условий радиоактивно загрязненных территорий

Приведены результаты оценки индивидуализированной эффективной дозы внутреннего облучения населения критических групп от ягод черники. Определены граничные массы употребляемых ягод черники с разной активностью радионуклида Cs-137 в грунте свежих и влажных боров.

Ключевые слова: индивидуализированная эффективная доза внутреннего облучения, критическая группа, граничный уровень

Popov V.M., Romin A.V., Fesenko G.V.

Features of an estimation of the individualized effective dose of an internal irradiation of the population from berries for various types of wood vegetation conditions of radioactive polluted territories

Results of an estimation of the individualized effective dose of an internal irradiation of the population of critical groups from bilberry berries are resulted. Boundary weights of used berries of a bilberry with different activity Cs-137 in a ground of fresh and damp pine forests are defined.

Key words: effective dose of an internal irradiation, critical group, edge level

УДК 355:389:681.518.3.08

Прокопов А.В., д-р физ.-мат. наук, проф., НУГЗУ

УРАВНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ КАК МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА В ЗАДАЧЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

(представлено д-ром техн. наук Бодянским Э.В.)

Рассмотрены современное состояние и перспективы решения проблемы разработки методологии обоснования уравнения измерения и оценки методической составляющей погрешности (неопределенности) результатов измерений, выполняемых с целью предупреждения чрезвычайных ситуаций

Ключевые слова: предупреждение чрезвычайных ситуаций, модель, алгоритм, уравнение измерения

Постановка проблемы. В последние годы в практике решения задач предупреждения чрезвычайных ситуаций как природного, так и техногенного характера, широко используются разнообразные количественные методы [1,2]. Эффективность функционирования систем предупреждения чрезвычайных ситуаций (ЧС) на объектах естественного и искусственного происхождения во многом определяется адекватностью принятых моделей объектов и достоверностью количественной информации о тех критических факторах, которые сигнализируют о подобных ситуациях.

Известно, что к числу наиболее важных источников получения достоверной информации относятся измерения текущих значений параметров и характеристик потенциально опасных объектов и процессов, (а чаще всего - их отклонений от номинальных величин), свидетельствующих о критических ситуациях (мониторинг ЧС). Таким образом, речь должна идти о достоверности (надежности, точности) результатов измерений. Оценка точности результата измерений в общем случае требует исчерпывающей информации об уравнении измерения – соотношении, связывающем искомые величины с непосредственно измеряемыми, а также другими величинами, существенными для рассматриваемой измерительной задачи [2,3]. В то же время методология обоснования уравнения измерения и оценки его погрешности (неопределенности) остается все еще недостаточно разработанной. На сегодня и в нашей стране, и за рубежом, отсутствуют какие либо официально

признанные на государственном уровне нормативные документы, регламентирующие процедуры получения уравнения измерения и анализа его точности. В связи с этим в последние годы уравнение измерения (модельное уравнение) стало объектом пристального внимания исследователей во многих странах мира.

Анализ последних исследований и публикаций. Проблема строгого обоснования модельного уравнения находит свое отражение в научной программе НФЛ (Великобритания), посвященной разработке математических моделей и программных средств для метрологических приложений [4], важное место занимают теоретические вопросы моделирования уравнений измерений в трудах немецких [6-8], российских [4, 9-12] и украинских [13-17] метрологов. К сожалению, в большинстве работ анализируются уже известные модели с целью оптимального выбора наиболее подходящих уравнений измерений. В то же время общие принципы обоснования уравнения измерения и оценки методической составляющей погрешности (неопределенности) результата измерений остаются все еще недостаточно разработанными.

В литературе подчеркивается, что уравнение измерения является основой для разработки методик выполнения измерений, а также реализующих их измерительных процедур и устройств, для анализа точности результатов измерений [3,4,6,10]. Иногда утверждается, что уравнение измерений является одним из компонентов априорных знаний, используемых при решении метрологических задач [10], т.е. предполагается, что данное уравнение определяется не с помощью известных с точки зрения метрологии процедур, а в рамках смежных с метрологией наук. Возможно, именно поэтому в Руководстве [3] ничего не говорится о том, как же получить необходимое для анализа уравнение измерения. Вместо этого используются такие непривычные для научно-технической литературы слова как "критическое размышление", "интеллектуальная честность", "профессиональное мастерство".

Отметим, что в настоящее время ведется интенсивная работа по устранению указанного недостатка Руководства [3] (путем подготовки нового приложения к данному Руководству, посвященного именно методологии обоснования уравнения измерения). Тем самым подтверждается мнение о том, что проблема строгого обоснования алгоритма получения уравнения измерения является предметом теории измерений и относится к фундаментальным проблемам метрологии.

Постановка задачи и ее решение. Основной задачей настоящей статьи является анализ и конкретизация перспективных путей создания методологии обоснования уравнения измерения и оценки методической составляющей погрешности (неопределенности) результатов измерений, выполняемых с целью предупреждения ЧС. Определенным шагом на пути решения данной проблемы являются цитированные выше разработки [6-8,13-17], в которых анализируются основные аспекты проблемы, предлагаются общие схемы получения уравнения измерения. Согласно работам [6-8], в частности, такая схема может быть представлена в виде пяти последовательных этапов, а именно:

(1) Описание измерения, идентификация существенных величин (непосредственно измеряемые величины, искомая величина - *measurand*, влияющие величины) и используемого метода измерения.

(2) Анализ измерения, декомпозиция его на отдельные функциональные элементы, и, далее, графическое представление причинно-следственных связей между элементами для некоторого идеального (не подверженного внешним влияниям) измерения в рамках стандартных компонентов моделирования.

(3) Учет всех искажений, эффектов неполного знания о величинах и влияющих факторах, которые могут повлиять на идеальное измерение. Графическая и, далее, математическая интерпретация причинно-следственных связей для реального (подверженного внешним влияниям) измерения. Использование корректирующих поправок для учета искажений (внешних влияний).

(4) Идентификация взаимного влияния величин, введение корреляций.

(5) Преобразование математических соотношений, описывающих причинно-следственные связи с целью получения модельного уравнения.

Следует отметить, что в этих работах не вполне четко определены (вернее, не конкретизированы) действия по математической формулировке задачи. Более детально данный вопрос рассматривается в статьях [13-17], где алгоритмом получения уравнения измерения в общем случае предусматривается семь этапов, а именно (ниже для простоты представлен вариант алгоритма при единственной подлежащей определению величине, в случае двух и более величин — процедура аналогична):

(1) Выбор объекта измерения и предварительная идентификация его свойств, существенных для формирования информационного сигнала, несущего сведения о подлежащей определению величине. Конкретизация данной величины.

(2) Предварительная идентификация физических процессов, воздействующих на информационный сигнал и приводящих к его изменению при прохождении от объекта измерений до измерительного устройства, а также в самом измерительном устройстве. Выбор непосредственно измеряемых величин.

(3) Формулирование уравнений (с соответствующими начальными и граничными условиями), описывающих физические процессы, формирующие информационный сигнал, а также процессы, воздействующие на сигнал при его прохождении от объекта измерения до измерительного устройства и в самом измерительном устройстве (математическая формулировка задачи).

(4) Анализ исходных уравнений. Количественная оценка влияния отдельных физических эффектов и процессов на характеристики информационного сигнала при его передаче от объекта измерений до измерительного устройства и при его преобразовании в измерительном устройстве. Упрощение математической формулировки задачи на основе исключения из рассмотрения несущественных при заданном уровне точности физических эффектов и процессов. Оценка погрешности (неопределенности), вызванной учетом указанных эффектов и процессов.

(5) Выбор и обоснование методов решения упрощенных уравнений задачи, позволяющих установить зависимость искомой величины (measurand) от непосредственно измеряемых величин. В этой зависимости в общем случае могут содержаться известные константы, параметры с фиксированными значениями, а также дополнительные неизвестные параметры, учитывающие, например, влияние внешних факторов, и подлежащие независимому определению.

(6) Решение уравнений задачи, анализ установленной зависимости и преобразование ее к виду, наиболее удобному для получения уравнения измерения. На этом этапе целесообразно рассматривать два варианта: а) дополнительные неизвестные параметры представляются в виде корректирующих поправок - при их расчетно-экспериментальном независимом определении; в) установленная зависимость используется для формулирования системы уравнений, позволяющей найти подлежащую определению

величину (measurand) и дополнительные неизвестные параметры - при инструментальном определении этих параметров.

(7) Получение уравнения измерения и оценка методической составляющей погрешности (неопределенности) результата измерения.

Математическая формулировка задачи в рамках данного подхода базируется на использовании строгих формулировок физических законов (законов природы) с соответствующими граничными и начальными условиями, учитывающими специфику конкретной измерительной задачи.

Для математической формализации алгоритмов обоснования уравнения измерения можно использовать операторную символику, подобно тому, как это было сделано в [10] для описания алгоритмов оценивания характеристик погрешности. В соответствии с [16] приведенный выше алгоритм, построенный по результатам статей [13-17], дополняется еще одним шагом, предусматривающим приведение полученного уравнения измерения к стандартной форме (соответствующей прямым, косвенным, совокупным, совместным, системным измерениям).

Выводы. Проведенный анализ показывает, что в основу соответствующего приложения к Руководству [3], посвященного обоснованию алгоритмов получения уравнений измерения, могут быть положены подходы, изложенные в работах [6-8, 13-17]. Разработка официальных документов, регламентирующих процедуры обоснования уравнения измерения и оценки методической составляющей погрешности (неопределенности) результата измерения, позволит повысить достоверность и точность исходных данных, получаемых методами метрологии при решении задач предупреждения чрезвычайных ситуаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.А. Аерокосмічний моніторинг / Ю.А. Абрамов, В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко.- Харків: АЦЗ України, 2006. -172 с.
2. Михайлюк О.П. Ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки: навчально-методичний посібник / О.П.Михайлюк, В.В. Олійник, А.О. Михайлюк .- Х.: УЦЗУ, 2007. – 190 с.
3. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. ISO, 1993.

4. Земельман М. А. Метрологические основы технических измерений / М.А. Земельман.- М.: Изд-во стандартов, 1991. - 228 с.
5. New Directions—Future Directions in Mathematics and Scientific Computing: recommendations for the Software Support for Metrology programme 2004-2007. NPL Report CMSC. 16/03.
6. Кокс М. Оценивание неопределенности измерений на основе трансформирования распределений с использованием моделирования по методу Монте-Карло / М. Кокс, П. Харрис, Б.Р.-Л. Зиберт // Измерительная техника. - 2003. - №9. - С.9-14.
7. Sommer K.D. A generalized procedure for modelling of measurement for evaluating the measurement uncertainty / K.D. Sommer, M. Kochsiek, B.R.L. Siebert a.a. // 17th IMEKO World Congress: proceedings.- Dubrovnik - Zagreb, 2003.
8. Sommer K.D. Systematic approach to the modelling of measurements for uncertainty evaluation / K.D. Sommer, B.R.L. Siebert // Metrologia. - 2006. - v. 43. - PP. S200-S210.
9. Розенберг В.Я. Введение в теорию точности измерительных систем / В.Я. Розенберг.- М.: Советское радио, 1975.- 303 с.
10. Цветков Э.И. Расчетное оценивание погрешностей / Э.И.Цветков // Измерительная техника. -2000. - № 11. - С. 3-6.
11. Кнорринг В.Г. Теория измерений как самостоятельная область знаний: характеристические цели и задачи / В.Г.Кнорринг, Г.Н. Солопченко // Измерительная техника. - 2003. - № 6.- С. 13-17.
12. Грановский В.А. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях / В.А.Грановский, Т.Н. Сирая Т.Н.- Л.: Энергоатомиздат, 1990.- 228 с.
13. Прокопов А.В. Погрешность, неопределенность и проблема моделирования в теории измерений / А.В.Прокопов // Український метрологічний журнал. - 2000. - в. 4. - С. 23-27.
14. Москаленко М.В. Физико-математическое моделирование уравнений измерений / М.В.Москаленко, А.В.Прокопов //Неопределенность измерения: научные, методические и производственные аспекты: II научно-технический семинар, 26-27 мая 2005 г.: тезисы докл.- Харьков: ХНУРЭ, 2005.- С. 46.
15. Прокопов А.В. Алгоритм обоснования уравнения измерения и оценки методической погрешности (неопределенности) результата измерений при косвенных измерениях /А.В.Прокопов // Измерительная техника. - 2005. - №4. - С. 25-29.

16. Москаленко М.В. Физико-математическое моделирование уравнений измерений /М.В.Москаленко // Прикладная радио-электроника. Состояние и перспективы развития: 2-й Международный радиоэлектронный форум: сб. науч. трудов.- Харьков: ХНУРЭ, 2005.- С. УП-53 — УП-56.
17. Москаленко М.В. Об учете вида уравнения измерения при оценке неопределенности измерений / М.В.Москаленко, А.В.Прокопов // Метрологія та вимірювальна техніка: ІУ МНТК, 12-14 жовтня 2004 р: наукові праці.- Х.: 2004.- С. 85-87.

Прокопов О.В.

Рівняння вимірювань як метрологічна проблема в задачі попередження надзвичайних ситуацій

Розглянуто сучасний стан і перспективи розв'язання проблеми розробки методології обґрунтування рівняння вимірювань та оцінки методичної складової похибки (невизначеності) результатів вимірювань, що виконуються з метою попередження надзвичайних ситуацій

Ключові слова: попередження надзвичайних ситуацій, модель, алгоритм, рівняння вимірювань.

Prokopov O.V.

Measurement equation as metrological problem in task of prevention of the emergency situations

The modern state and prospects of decision the problem of the measurement equation grounding and of methodical error (uncertainty) of measuring results estimation for measurements executed to prevent the emergency situations is considered

Key words: prevention of emergency situations, model, algorithm, measurement equation

Прохач Е.Ю., д-р техн. наук, директор, НДЦ "Моніторинг-43"

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ТА АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТУ В РАЙОНІ СХОВИЩ КОМПОНЕНТІВ РАКЕТНИХ ПАЛИВ

За даними екологічного обстеження території ділянки, де зберігався гептил, проведеного у 2001 і 2008 роках, одержані дані щодо зміни у часі стану та концентрації гептилу у ґрунті. Показана можливість прогнозування розповсюдження цієї токсичної речовини в навколишньому середовищі.

Ключові слова: екологічне обстеження, гептил, розповсюдження

Постановка проблеми. За часів Радянського Союзу на території України знаходилося вісім великих сховищ, що забезпечували постачання компонентів ракетного палива (КРП) з'єднанням ракетних військ стратегічного призначення. Досвід попередніх екологічних обстежень цих об'єктів, а також робіт з ліквідації сховищ в містечках Любашовці та Баловному, що супроводжувалися детальним екологічним моніторингом, показав, що ґрунт на території сховищ має наднормативні забруднення КРП. Причиною забруднення були виливи під час нештатних або аварійних ситуацій, недодержання технології зливу-наливу, а також порушення цілісності резервуарів через корозію.

Найбільш токсичним компонентом ракетного палива є несиметричний диметилгідразин (НДМГ) або гептил - речовина першого класу небезпеки, яка, потрапляючи до організму людини спричиняє дуже сильну резорбційну дію, вражає печінку, нирки, центральну нервову систему. Продуктом розкладу гептилу в навколишньому середовищі є нітрозодиметиламін - ще більш небезпечна канцерогенна речовина. Нітрозодиметиламін призводить до виникнення злоякісних пухлин печінки та нирок, має також тератогенну і ембріотоксичну дію, викликає дерматити і екземи.

Потрапляючи до ґрунту, гептил і нітрозодиметиламін разом з талими або дощовими водами опиняються у ґрунтових горизонтах і, зрештою, у підземних ґрунтових водах, що є джерелом водопостачання навколишніх населених пунктів.

Отже, ділянки зберігання гептилу є потенційним джерелом виникнення надзвичайних ситуацій і їх стан має бути предметом постійного моніторингу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фізико-хімічні властивості і експлуатаційні характеристики компонентів ракетного палива наведені в [1, 2]. Небезпечні для людини і навколишнього середовища властивості гептилу детально розглянуті у монографії [3].

На необхідності і важливості екологічного моніторингу під час проведення робіт з ліквідації військових об'єктів, призначених для зберігання та використання компонентів ракетного палива, наголошувалось ще у 1994 році [4], коли почалося зняття ракет 43 ракетної армії з бойового чергування, злив і транспортування КРП.

Постановка завдання та його вирішення. Як зазначалося вище, надзвичайно важливими є розподіл концентрації гептилу в ґрунті, його трансформація і зміна концентрації з часом. Саме аналізу цих питань призначена дана стаття.

У 2001 році співробітниками Харківського наукового центру військової екології було проведено екологічне обстеження ділянки зберігання гептилу в одній з військових частин. Аналогічне обстеження цієї ж території проведено фахівцями "Екоцентру-43" через сім років.

Таблиця 1 – Розподіл масового вмісту гептилу за глибиною ґрунтових горизонтів (2008 р.)

Глибина ґрунтового горизонту, м	Концентрація НДМГ, мг/кг	
	Свердловина №1	Свердловина №6
1,0	0,0269	0,0289
2,0	0,0248	0,0041
3,0	0,0069	0,0036
4,0	0,0023	0,0051
5,0	н/в	0,0089
6,0	н/в	0,0084
7,0	н/в	0,0072
8,0	н/в	н/в

Уявлення щодо розподілу вмісту гептилу за глибиною ґрунтових горизонтів дають результати аналізів проб, відібраних із свердловин, закладених на території ділянки, де зберігався гептил (таблиця 1). Свердловина №1 розташована у північно-східній частині ділянки, свердловина №6 - у південно-східній частині. Обидві свердловини закладені в місцях пониження рельєфу.

Графічна інтерпретація даних, наведених в таблиці 1, наведена на рис.

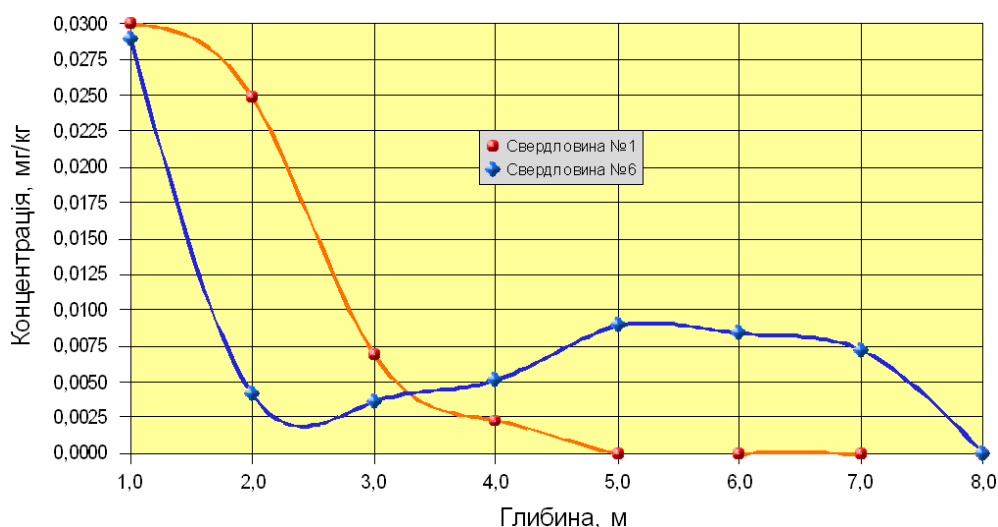


Рис. – Розподіл концентрації гептилу за глибиною ґрунтових горизонтів

Наведені дані свідчать про перевищення гранично допустимого рівню (ГДР) вмісту гептилу в ґрунті до глибини 1-2 м в деяких зонах ділянки зберігання ракетного пального (ГДР=0,02 мг/кг), а також про забруднення ґрунту гептилом до глибини 5-7 м.

Масовий вміст гептилу в ґрунтових горизонтах залежить від цілої низки чинників: потужності і часу виливів, фізичних характеристик ґрунту, його вологості, наявності водотривів і т. і. Крім того розподіл концентрації гептилу за глибиною ґрунтових горизонтів залежить від кількості виливів. Так, графік на рис. є ілюстрацією того, що в районі свердловини №1 був один вилив, в районі свердловини №6 - два виливи.

Порівняльні дані щодо концентрації гептилу і продукту його розкладу - нітрозодиметиламіну в ґрунтових горизонтах в районі зливу-наливного фронту наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Порівняльні дані масового вмісту гептилу і нітрозодиметиламіну в ґрунті в районі зливно-наливного фронту

Місце відбору проб	Глибина, м	Вміст гептилу				Вміст нітрозодиметиламіну			
		2001		2008		2001		2008	
		мг/кг	I _п	мг/кг	I _п	мг/кг	I _п	мг/кг	I _п
Шурф 1	0-0,5	0,260	13,0	0,332	16,6	н/в	-	0,00017	0,017
	0,5-1,0	0,204	10,2	0,193	9,65	н/в	-	0,00010	0,010
	1,0-1,5	0,114	5,7	0,056	2,8	н/в	-	н/в	-
Шурф 2	0-0,5	0,023	1,15	н/в	-	н/в	-	0,0019	0,190
	0,5-1,0	0,660	33,0	0,002	0,1	н/в	-	0,0002	0,020
	1,0-1,5	0,424	21,2	0,030	1,5	н/в	-	н/в	-
Шурф 3	0-0,5	н/в	-	н/в	-	н/в	-	0,0009	0,090
	0,5-1,0	0,021	1,05	н/в	-	н/в	-	0,0003	0,03
	1,0-1,5	н/в	-	н/в	-	н/в	-	н/в	-
Шурф 4	0-0,5	0,005	0,25	н/в	-	н/в	-	0,0013	0,130
	0,5-1,0	0,002	0,10	н/в	-	н/в	-	0,0002	0,020
	1,0-1,5	0,003	0,15	0,014	0,7	н/в	-	н/в	-

н/в - речовина в пробі не виявлена

I_п - кратність перевищення гранично-допустимого рівню

Дані щодо масового вмісту гептилу і нітрозодиметиламіну в пробах, відібраних на південно-східній межі ділянки зберігання гептилу, надані у таблиці 3.

Аналіз даних, наведених в таблицях 2, 3, а також експериментальних даних для інших частин ділянки, що є аналогічними, дозволяє зробити наступні висновки:

1. В деяких місцях ділянки зберігання ракетного пального вміст гептилу в ґрунті як у 2001, так і у 2008 році значно перевищував гранично допустимий рівень.

2. У верхніх шарах ґрунту, де гептил має контакт з киснем повітря, відбувається розклад гептилу з утворенням нітрозодиметиламіну. Нітрозодиметиламін визначається навіть там, де під час попередніх обстежень він був відсутнім, а там, де він був присутнім, його концентрація збільшується.

3. Частковий розклад гептилу з утворенням нітрозодиметиламіну є однією з причин того, що концентрація гептилу у верхніх шарах ґрунту з часом зменшується. Іншими причинами є випаровування гептилу і його вимивання дощовими та талими водами.

Збільшення вмісту гептилу в верхньому шарі ґрунту у шурфі 1 та свердловині 2 свідчить про проведення робіт з резервуарами гептилу в 2001-2008 роках (видалення залишків пального, що не зливаються; попередня нейтралізація резервуарів, тощо) з порушенням технології.

4. В ґрунтових горизонтах, де відсутній контакт з киснем повітря гептил зберігається досить стабільно.

Таблиця 3 – Масовий вміст гептилу і нітрозодиметиламіну на південно-східній межі ділянки

Місце відбору проб	Глибина, м	Вміст гептилу				Вміст нітрозодимети-			
		2001		2008		2001		2008	
		мг/кг	I _п	мг/кг	I _п	мг/кг	I _п	мг/кг	I _п
Свердловина 2	0 -1,0	0,0004	0,02	0,585	29,25	н/в	-	1,904	190,4
	1,0-2,0	0,010	0,50	0,054	2,7	н/в	-	н/в	-
	2.0-3,0	0,150	7.50	0,039	1.95	н/в	-	0,532	53,2
Свердловина 3	0 -1,0	0,004	0,20	н/в	-	н/в	-	н/в	-
	1,0-2,0	0,010	0,5	н/в	-	н/в	-	н/в	-
	2.0-3,0	0,015	0,75	н/в	-	н/в	-	н/в	-

Отже в поверхневих шарах ґрунту вміст гептилу за умови відсутності техногенних впливів з часом зменшується. Разом з тим утворюється не менш небезпечний продукт розкладу гептилу - нітрозодиметиламін. В ґрунтових горизонтах вміст гептилу змінюється за рахунок його вимивання дощовими та талими водами. Зрештою гептил і нітрозодиметиламін опиняються у підземних ґрунтових водах, що є джерелом водопостачання навколишніх населених пунктів. Під час обстеження нітрозодиметиламін у слідових кількостях виявлено у воді з артезіанської свердловини на території військової частини, а також у воді з колодязя на адміністративній території лісового господарства, що знаходиться на відстані ~ 1,5 км на північ від об'єкту.

Проведене дослідження свідчить про необхідність не тільки реєстрації екологічного стану об'єкта, але й прогнозування розповсюдження забруднень вглиб підземних горизонтів.

Під час виливу токсичної речовини відбувається її убирання поверхневим шаром ґрунту та випаровування рідини з поверхні ґрунту. Вміст вологи за глибиною ґрунту змінюється у часі. За деякий період у шарі ґрунту може встановлюватись розподіл вологи, для якого характерна рівновага сил поверхневого натягу, спрямованих угору в зону пониженого (за рахунок випаровування з поверхні) вологовмісту, і сил тяжіння, направлених униз.

Для теоретичного опису процесів масообміну, що розглядаються, в [5] рекомендовано використати рівняння дифузії в ґрунті та на його поверхні.

Диференціальне рівняння дифузії рідини в ґрунті має вигляд [6]

$$\frac{du}{d\tau} = \frac{d}{dz} \left[D(u, T) \frac{du}{dz} \right], \quad (1)$$

де u - вологовміст ґрунту, τ - час, T - температура, $D(u, T)$ - коефіцієнт дифузії, що залежить від вологовмісту і температури ґрунту.

Для розрахунку щільності потоку пари від поверхні ґрунту в атмосферу може бути використана залежність [7]

$$j_{\text{вип}} = \rho_a D_n (d_0 - d_z), \quad (2)$$

де $j_{\text{вип}}$ - щільність потоку пари рідини, що випаровується; ρ_a - щільність атмосферного повітря; d_0 та d_z - питомий вміст пари у повітрі відповідно у поверхні землі та на відстані 2 м від поверхні; D_n - коефіцієнт швидкості обміну, що дорівнює

$$D_n = 0,27 u_1 (1 + 0,13 \Delta T / u_1^2). \quad (3)$$

Тут u_1 - швидкість вітру на висоті 1 м, м/с; ΔT - різниця температур ґрунту і повітря на висоті 2 м.

Рівняння (3) одержано стосовно дифузії води. Враховуючи на те, що гептил розчиняється у воді без обмежень, рівняння (3) може бути використано як перше наближення.

Висновки. Гептил, що попадає в ґрунт, розповсюджується по глибині ґрунтових горизонтів. У верхніх шарах ґрунту за умови контакту з киснем атмосферного повітря гептил розкладається з утворенням нітрозодиметилгідразину - токсичної речовини першого класу небезпеки. У більш глибоких шарах ґрунту гептил збе-

рігається досить стабільно. З талими або дощовими водами ці отруйні речовини досягають підземних ґрунтових вод, що є джерелом водопостачання навколишніх населених пунктів. Таким чином виникає реальна небезпека для населення районів, прилеглих до складів компонентів ракетних палив. Для цих районів є необхідним моніторинг джерел водопостачання.

Радикальним засобом ліквідації постійної загрози отруєння населення і особового складу військових об'єктів є нейтралізація забрудненого ґрунту. Застосуванню нейтралізації ґрунту повинні передувати експериментальні та аналітичні роботи з визначення масштабів забруднення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зрелов, В. Н. Жидкие ракетные топлива [Текст] / В. Н. Зрелов, Г. П. Серегин. – М. : Химия, 1975. – 320 с.
2. Шехтер, М. С. Топлива и рабочие тела ракетных двигателей [Текст] / М. С. Шехтер. – М. : Машиностроение, 1976. – 304 с.
3. Prokhach, E. The Ecology of Nuclear Disarmament [Text] / E. Prokhach, N. Popov, A. Khrupenko, L. Mikhalskaya. – К. : International Institute on Global and Regional Security, 1995. – 47 р.
4. Прохач, Э. Е. Экологическое сопровождение ракетно-ядерного разоружения (необходимость, содержание, исполнители) [Текст] / Э. Е. Прохач // Шлях до без'ядерного майбутнього: Екологічні проблеми ядерного роззброєння та психосфера людини: Матеріали міжнародної конференції. – К. : МІГРБ, 1994. – С. 11–13.
5. Попов, Н. П. Метод расчета скорости испарения жидкости, пролитой на грунт [Текст] / Н. П. Попов, Ю. Н. Попов // Моделирование та інформаційні технології: зб. наук. праць. – К. : ХУПС, 2005. – Вып. 3.
6. Лыков, А. В. Тепломассообмен [Текст] : справочник / А. В. Лыков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1978. – 480 с.
7. Булаговский, А. И. Испарение почвенной влаги [Текст] / А. И. Булаговский. – М. : Наука, 1964. – 230 с.

Прохач Э.Е.

Экспериментальная и аналитическая оценка загрязнения почвы в районе хранилищ компонентов ракетных топлив

В результате экологического обследования участка, где хранился гептил, проведенного в 2001 и 2008 годах, получены данные об изменении во времени состояния и концентрации гептила в грунте. Показана возможность прогнозирования распространения этого токсичного вещества в окружающей среде.

Ключевые слова: экологическое обследование, гептил, распространение

Prokhach E.Yu.

Experimental and analytic estimation of soil pollution around the rocket fuel components storages

According to the environmental test site territory, which preserved heptyl, conducted in 2001 and 2008, findings regarding changes in time and concentration of heptyl in the soil. The possibility of forecasting the spread of this toxic substance in the environment.

Key words: environmental test, heptyl, spread

УДК 303.09

Рогозін А.С., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ

МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ІНФОРМУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ

(представлено д-ром техн. наук Яковлевою Р.А.)

Побудована модель процесу інформування населення, виходячи з уявлень про засвоєння інформації, як процесу, що має випадковий характер. Знайдено залежність зміни у часі рівня інформованості населення з врахуванням інтенсивності інформування.

Ключові слова: інформування, процес, математична модель, аналіз.

Постановка проблеми. Статистичні дані розподілу надзвичайних ситуацій за місцем виникнення свідчать, що велика частина пожеж виникає в житловому секторі [1]. Головні причини цього: низький рівень знань правил пожежної безпеки та не дотримання їх населенням. Вплив на рівень знань населення здійснюється широким спектром інформаційної діяльності органів МНС. На органи державного пожежного нагляду, в рамках основ-

них напрямів їх діяльності, покладена функція проведення інформування населення про дотримання правил пожежної безпеки [2]. Ситуація, що склалась, вказує на необхідність вдосконалення інформаційної діяльності органів МНС. Якісний аналіз процесу інформування може бути здійснений за допомогою побудови та дослідження математичної моделі цього процесу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Моделюванню як методу наукового пізнання присвячено достатньо велика кількість публікацій. У [3–6] викладені загальні підходи та класифікація методів моделювання.

Методологія моделювання окремих видів діяльності пожежної охорони розглянуто у [7–9]. Питання моделювання інформаційної діяльності органів МНС, з врахуванням випадкового характеру процесу, не розглядались.

Постановка завдання та його вирішення. Метою статті є розробка математичної моделі процесу інформування населення. При побудові моделі будемо розглядати отримання інформації населенням без врахування цільового навчання у спеціалізованих групах.

Для побудови моделі інформування зробимо припущення, що випадкове розподілення отримання інформації населенням задовольняє наступним умовам.

1. Ймовірність отримання інформації на відрізок часу t залежить тільки від його довжини. Моменти отримання інформації населенням розташовані з деякою постійною щільністю.

2. Моменти отримання інформації розподіляються на осі часу незалежно один від одного.

3. Ймовірність попадання на малу ділянку Δt двох і більше моментів отримання інформації є невеликою в порівнянні з ймовірністю отримання інформації одноразово.

Знайдемо ймовірність (P_m) того, що за відрізок довжиною h осі часу, відбудеться рівно m випадків інформування населення.

Розглянемо на осі часу малу ділянку Δt . Математичне очікування кількості інформувань, що можуть відбутись за цей час, буде дорівнювати $\lambda \Delta t$. Згідно з умовою 3 для малої ділянки Δt можна знехтувати можливістю попадання на цю ділянку двох та більше випадків інформування. Відповідно ймовірність здійснення в Δt рівно одного випадку інформування наближено можна прийняти $\lambda \Delta t$.

Поділимо відрізок h на n рівних частин довжиною $\Delta t = h/n$. Ймовірність того, що за відрізок Δt буде здійснено інформування дорівнює $\lambda\Delta t = \lambda h/n$. Ймовірність того, що за відрізок Δt не буде здійснено інформування $1 - (\lambda h/n)$. Оскільки випадки інформування у відрізки часу незалежні, відповідно здійснення або нездійснення інформування у n відрізках можна розглядати як результати n незалежних дослідів. Знайдемо ймовірність того, що серед n відрізків відбудеться k інформуваль [10]

$$C_n^k (p)^k (1-p)^{n-k}. \quad (1)$$

Для випадку, що розглядається

$$P_k(t) = C_n^k \left(\frac{\lambda h}{n} \right)^k \left(1 - \frac{\lambda h}{n} \right)^{n-k}. \quad (2)$$

За достатньо великої кількості n ця ймовірність дорівнює ймовірності здійснення рівно k інформуваль на відрізку часу довжиною h . Перейдемо до $n \rightarrow \infty$.

$$P_k(t) = \lim_{n \rightarrow \infty} C_n^k \left(\frac{\lambda h}{n} \right)^k \left(1 - \frac{\lambda h}{n} \right)^{n-k}. \quad (3)$$

Зробимо перетворення у (3)

$$\begin{aligned} C_n^k \left(\frac{\lambda h}{n} \right)^k \left(1 - \frac{\lambda h}{n} \right)^{n-k} &= \frac{n(n-1) \dots (n-k+1) (\lambda h)^k \left(1 - \frac{\lambda h}{n} \right)^n}{k! n^k \left(1 - \frac{\lambda h}{n} \right)^k} = \\ &= \frac{n(n-1) \dots (n-k+1) (\lambda h)^k \left(1 - \frac{\lambda h}{n} \right)^n}{n^k k! \left(1 - \frac{\lambda h}{n} \right)^k}. \end{aligned} \quad (4)$$

Співвідношення $(\lambda t)^k / k!$ від n не залежить, границя решти співвідношень, що входять до (4), дорівнює

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n(n-1) \dots (n-k+1)}{n^k} = 1;$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\left(1 - \frac{\lambda t}{n}\right)^n}{\left(1 - \frac{\lambda h}{n}\right)^k} = \frac{e^{-\lambda h}}{1} = e^{-\lambda h}. \quad (5)$$

Таким чином, ймовірність здійснення рівно k інформувань у відрізок часу h може бути знайдена за наступним рівнянням

$$P_k(t) = \frac{(\lambda h)^k}{k!} e^{-\lambda h}. \quad (6)$$

Таким чином, (6) є законом розподілу досліджуваної випадкової величини – кількості здійснення інформувань за будь-який проміжок часу t .

Отримання інформації не завжди означає повне її усвідомлення, що обумовлює необхідність введення додаткових коефіцієнтів засвоєння інформації. Коефіцієнт засвоєння можна визначити за наступним рівнянням [11]

$$y = \omega(1 - e^{-bn}), \quad (7)$$

де ω - найвищий рівень знань, який можливо досягти в процесі отримання інформації; b – параметр, який відображає швидкість засвоєння інформації; n – інтенсивність отримання інформації у одиницю часу.

Враховуючи (6) та (7), отримаємо вираз засвоєння інформації населенням за одиницю часу

$$y = \sum_{i=1}^n \omega(1 - e^{-b \cdot i}) \frac{(\lambda)^i}{i!} e^{-\lambda}. \quad (8)$$

Якщо кількість населення, яке в ході процесу інформування засвоїло надану інформацію позначити, як M_n то відповідно частина населення яка не охоплена інформуванням дорівнює $(1 - M_n)$. Враховуючи прийняті позначення та (8) процес збіль-

шення населення, що засвоїло інформацію можна представити як $(1 - M_n) \cdot y$. Врахуємо в моделі процесу інформування можливе зменшення проінформованого населення, пов'язане з убуттям з району інформування та забуванням населенням отриманої інформації, наступним чином $(M_n \cdot \alpha)$, де α - коефіцієнт, який враховує зменшення проінформованого населення.

Процес зміни проінформованого населення, запишемо наступним чином

$$\frac{dM_n}{dt} = (1 - M_n) \cdot y - (M_n \cdot \alpha). \quad (9)$$

Рішення рівняння (9) має наступний вид

$$M_n(t) = \frac{y}{y + \alpha} + (M_0 - \frac{y}{y + \alpha})e^{(-\alpha - y)t}, \quad (10)$$

де $M_0 = M_n(0)$ – кількість населення проінформованого на момент часу $t = 0$.

Висновки. Запропонована модель процесу інформування населення може бути використана для дослідження питань підвищення ефективності інформаційної діяльності органів та підрозділів МНС. Подальші дослідження доцільно направити на встановлення зв'язків між показниками інформаційної діяльності державного пожежного нагляду та пожежної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2008 році [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2008.html.
2. Наказ МНС України №59 від 06.02.2006р. “Про затвердження Інструкції з організації роботи органів державного пожежного нагляду“ [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=z0480-06>.
3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Бусленко Н.П. – М.: Наука, 1969. – 400 с.
4. Бусленко Н.П. Метод статистического моделирования / Бусленко Н.П. – М.: Статистика, 1970. – 112 с.

5. Ермаков С.М., Мелос В.Б. Математический эксперимент с моделями сложных стохастических систем. – СПб.: Изд. СПб. ГУ, 1993.– 268 с.
6. Советов Б.Я. Моделирование систем / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высшая школа, 2007. – 343 с.
7. Брушлинский Н.Н. Системный анализ и проблемы безопасности народного хозяйства / Брушлинский Н.Н.– М.: Стройиздат, 1988. – 413 с.
8. Брушлинский Н.Н. Системный анализ Государственной противопожарной службы / Брушлинский Н.Н. – М.: Академия ГПС, 1998. – 300 с.
9. Брушлинский Н.Н. Совершенствование организации и управления пожарной охраной / Брушлинский Н.Н.– М.: Стройиздат, 1986. – 152 с.
10. Вентцель Е.С. Исследование операций / Вентцель Е.С. – М.: Советское радио, 2001. – 208 с.
11. Растрингин Л.А. Адаптивное обучение с моделью обучаемого / Л.А. Растрингин, М.Х. Зренштейн. – Рига: Зинатне, 1988. - 160 с.

Рогозин А.С.

Модель процесса информирования населения

Построена модель процесса информирования населения, исходя из представлений о получении информации, как процесса, который имеет случайный характер

Ключевые слова: информирование, процесс, математическая модель, анализ

Rogozin A.S.

Model of process informing of population

The model of process of informing of the population, proceeding from representations about information reception, as process which has casual character is constructed

Key words: informing, process, mathematical model, analysis

Светличная С.Д., канд. техн. наук, доц., НУГЗУ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ, СВЯЗАННОЙ С РАЗЛИВОМ БЫСТРО ИСПАРЯЮЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ

(представлено д-ром хим. наук Калугиным В.Д.)

Предложен метод расчета концентрации в воздухе паров жидкости, испаряющейся с поверхности разлива, основанный на решении трехмерного уравнения диффузии. Модель предназначена для расчета концентрации опасных веществ в воздухе после аварии.

Ключевые слова: метод расчета, поверхность разлива, концентрация опасных веществ

Постановка проблемы. Аварии, связанные с разливом сильно действующих и ядовитых веществ, представляют значительную угрозу как для населения, так и для подразделений МЧС, занимающихся их ликвидацией. Ветер способен переносить ядовитые пары на значительное расстояние от места аварии. Поэтому возникает необходимость прогнозирования распределения концентрации паров с течением времени.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [1] предлагается решение задачи диффузии паров жидкости в атмосфере при ее испарении из разлива прямоугольной формы. При этом предполагается, что скорость поступления паров жидкости с единицы площади является постоянной. В действительности же скорость поступления паров зависит от концентрации насыщенных паров жидкости, соответствующей данной температуре, и концентрации паров вблизи ее поверхности.

Постановка задачи и ее решение. Найдем концентрацию в воздухе паров жидкости, испаряющейся из разлива, имеющего произвольную форму S . Диффузия паров в воздухе описывается дифференциальным уравнением [2]

$$\frac{\partial \rho_c}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 \rho_c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \rho_c}{\partial y^2} \right) + D_z \frac{\partial^2 \rho_c}{\partial z^2} - w_x \frac{\partial \rho_c}{\partial x} - w_y \frac{\partial \rho_c}{\partial y}, \quad t > 0, \quad z > 0, \quad (1)$$

где $\rho_c(x, y, z, t)$ – массовая концентрация паров жидкости, кг/м^3 ; D, D_z – диффузии паров соответственно в горизонтальном и вертикальном направлении; $\vec{w} = (w_x, w_y)$ – вектор скорости ветра и его составляющие вдоль осей X и Y .

Будем предполагать, что вблизи поверхности разлива существует пограничный слой пренебрежимо малой толщины, в котором концентрация равна концентрации насыщенных паров ρ_n . Это дает краевое условие на поверхности разлива в виде

$$\rho_c(x, y, 0, t) = \rho_n, (x, y) \in S. \quad (2)$$

В остальных точках на поверхности земли принимается условие непроницаемости

$$\left. \frac{\partial \rho_c}{\partial z} \right|_{z=0} = 0, (x, y) \notin S. \quad (3)$$

Будем также полагать, что в начальный момент времени концентрация паров в воздухе нулевая

$$\rho(x, y, z, 0) = 0. \quad (4)$$

В построенной задаче (1) – (4) выполним замену $u = \rho_c - \rho_n$ и от краевых условий (2) – (3) перейдем к следующему уравнению диффузии и к одному условию третьего рода

$$\frac{\partial u}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + D_z \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} - w_x \frac{\partial u}{\partial x} - w_y \frac{\partial u}{\partial y}, t > 0, z > 0, \quad (5)$$

$$\left. \frac{\partial u}{\partial z} - ku \right|_{z=0} = 0, u(x, y, z, 0) = -\rho_n, \quad (6)$$

где формально полагаем $k(x, y) = \infty$ для точек, принадлежащих поверхности жидкости $(x, y) \in S$, и $k(x, y) = 0$ для $(x, y) \notin S$. Тогда решение задачи (5) – (6) может быть записано в виде [3]

$$u(x, y, z, t) = -\rho_u \int_{-\infty}^{\infty} d\xi \int_{-\infty}^{\infty} d\eta \int_0^{\infty} d\zeta G(x, y, z, \xi, \eta, \zeta, t), \quad (7)$$

где $G(x, y, z, \xi, \eta, \zeta, t) = G_x(x, \xi, t)G_y(y, \eta, t)G_z(z, \zeta, t)$ – функция Грина

$$G_x(x, \xi, t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi Dt}} \exp\left[-\frac{w_x(\xi - x)}{2D} - \frac{w_x^2 t}{4D} - \frac{(x - \xi)^2}{4Dt}\right]; \quad (8)$$

$$G_y(y, \eta, t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi Dt}} \exp\left[-\frac{w_y(\eta - y)}{2D} - \frac{w_y^2 t}{4D} - \frac{(y - \eta)^2}{4Dt}\right]; \quad (9)$$

$$G_z(z, \zeta, t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi D_z t}} \left\{ \exp\left[-\frac{(z - \zeta)^2}{4D_z t}\right] + \exp\left[-\frac{(z + \zeta)^2}{4D_z t}\right] - 2k\sqrt{\pi D_z t} \exp\left[k^2 D_z t + k(z + \zeta)\right] \operatorname{erfc}\left(\frac{z + \zeta}{2\sqrt{D_z t}} + k\sqrt{D_z t}\right) \right\}, \quad (10)$$

где $\operatorname{erfc}(z) = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-x^2} dx$. Поскольку параметр k является функцией (x, y) , то G_z также зависит от (x, y) . Если $(x, y) \notin S$, то $k = 0$ и

$$G_{z1}(z, \zeta, t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi D_z t}} \left\{ \exp\left[-\frac{(z - \zeta)^2}{4D_z t}\right] + \exp\left[-\frac{(z + \zeta)^2}{4D_z t}\right] \right\}.$$

Если же $(x, y) \in S$, то при $k \rightarrow \infty$ получим

$$\begin{aligned} \lim_{k \rightarrow \infty} 2k\sqrt{\pi D_z t} \exp\left[k^2 D_z t + k(z + \zeta)\right] \operatorname{erfc}\left(\frac{z + \zeta}{2\sqrt{D_z t}} + k\sqrt{D_z t}\right) &= \\ &= 2 \exp\left[-\frac{(z + \zeta)^2}{4D_z t}\right]. \end{aligned}$$

Тогда

$$G_{z2}(z, \zeta, t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi D_z t}} \left\{ \exp \left[-\frac{(z - \zeta)^2}{4D_z t} \right] - \exp \left[-\frac{(z + \zeta)^2}{4D_z t} \right] \right\}.$$

После интегрирования G_{z1} и G_{z2} по $d\zeta$ в пределах от 0 до бесконечности получим

$$\int_0^{\infty} G_{z1}(z, \zeta, t) d\zeta = 1; \quad \int_0^{\infty} G_{z2}(z, \zeta, t) d\zeta = \operatorname{erf} \left(\frac{z}{2\sqrt{D_z t}} \right), \quad (11)$$

где $\operatorname{erf}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-x^2} dx$. Объединяя решение (7) – (10) с (11), полу-

чим

$$u(x, y, z, t) = -\rho_n \operatorname{erf} \left(\frac{z}{2\sqrt{D_z t}} \right) \iint_S G_x(x, \xi, t) G_y(y, \eta, t) d\xi d\eta - \\ - \rho_n \iint_{\bar{S}} G_x(x, \xi, t) G_y(y, \eta, t) d\xi d\eta,$$

где \bar{S} – дополнение области S до всей плоскости. Поскольку

$$\int_{-\infty}^{\infty} d\xi \int_{-\infty}^{\infty} d\eta G_x(x, \xi, t) G_y(y, \eta, t) = 1,$$

то

$$u(x, y, z, t) = -\rho_n \operatorname{erf} \left(\frac{z}{2\sqrt{D_z t}} \right) \iint_S G_x(x, \xi, t) G_y(y, \eta, t) d\xi d\eta - \\ - \rho_n + \rho_n \iint_S G_x(x, \xi, t) G_y(y, \eta, t) d\xi d\eta.$$

Возвращаясь к исходной переменной $\rho_c = u + \rho_n$, получим концентрацию паров жидкости в воздухе

$$\rho_c(x, y, z, t) = \rho_n \operatorname{erfc}\left(\frac{z}{2\sqrt{D_z t}}\right) \iint_S G_x(x, \xi, t) G_y(y, \eta, t) d\xi d\eta. \quad (12)$$

Пусть разлив жидкости имеет форму прямоугольника со сторонами длиной $2a$ и $2b$. Расположим систему координат так, чтобы ее начало находилось в центре прямоугольника, а оси X и Y были параллельны его сторонам. В этом случае двойной интеграл в (12) распадается на два однократных интеграла. Интегрирование функций Грина дает

$$\begin{aligned} \rho_c(x, y, z, t) = \frac{\rho_n}{4} \operatorname{erfc}\left(\frac{z}{2\sqrt{D_z t}}\right) & \left(\operatorname{erf}\left(\frac{a-x+w_x t}{2\sqrt{Dt}}\right) + \operatorname{erf}\left(\frac{a+x-w_x t}{2\sqrt{Dt}}\right) \right) \times \\ & \times \left(\operatorname{erf}\left(\frac{b-y+w_y t}{2\sqrt{Dt}}\right) + \operatorname{erf}\left(\frac{b+y-w_y t}{2\sqrt{Dt}}\right) \right). \end{aligned}$$

Выводы. Предложена модель для оценки концентрации паров жидкости, испаряющейся с поверхности разлива произвольной формы. Построенная модель учитывает скорость и направление ветра, а также различный коэффициент диффузии в вертикальном и горизонтальном направлениях. Модель может быть использована для расчета концентраций ядовитых веществ в воздухе и определения зон, опасных для пребывания людей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Копылов Н.П. Аналитическое решение задачи диффузии паров жидкости в атмосфере/ Копылов Н.П., Яйлин Р.А., Кузнецов А.Е. // Пожарная безопасность многофункциональных и высотных зданий и сооружений: материалы XIX науч.-практ. конф. – М.: ВНИИПО, 2005. – Ч.1. – С. 12-15.
2. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики/ Тихонов А.Н., Самарский А.А.– М.: Наука, 1977. – 735 с.
3. Полянин А.Д. Справочник по линейным уравнениям математической физики/ Полянин А.Д. – М.: Физматлит, 2001. – 576 с.

Світлична С.Д.

Моделювання надзвичайної ситуації, пов'язаної з розливом рідини, що швидко випаровується

Запропоновано метод розрахунку концентрації в повітрі парів рідини, що випаровується з поверхні розливу. Цей метод базується на розв'язанні тривимірного рівняння дифузії. Модель призначена для розрахунку концентрації небезпечних речовин в повітрі після аварії.

Ключові слова: метод розрахунку, поверхня розливу, концентрація небезпечних речовин

Svetlichnaya S.D.

The modeling of extraordinarily situation which is connected with the flood of liquid evaporating quickly

The calculation method of concentration in air of liquid steams is proposed. Liquid evaporates from the flood surface. The method is based on the decision of the three-dimensional equation of diffusion. The model is intended for the concentration calculation of dangerous substances in air after the accident.

Key words: calculation method, flood surface, concentration of dangerous substances

УДК 614. 84

Тарасенко А.А., канд. техн. наук, ст. науч. сотр., НУГЗУ

**БЕЗОПАСНОСТЬ МАРШРУТА ПРИ ДВИЖЕНИИ АВТОТЕХНИКИ
К ОЧАГУ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ В УСЛОВИЯХ
ГОРИСТОГО БЕЗДОРОЖЬЯ**

(представлено д-ром техн. наук Бодянским Э.В.)

Приведено решение задачи выбора безопасного направления движения автомобиля в условиях гористого бездорожья. Модель может быть использована в качестве ограничения при решении навигационной задачи нахождения оптимального наземного маршрута движения сил быстрого реагирования при ликвидации последствий природных и природно-техногенных ЧС

Ключевые слова: задача выбора, навигационная задача, оптимальный наземный маршрут

Постановка проблемы. Рост антропогенной нагрузки на природную среду приводит к увеличению числа техногенных ка-

тастроф (падению авиасредств, прорывам трубопроводов, обрывам линий электропередач и т.д.) в труднодоступной (горной, холмистой) местности. Минимизация последствий данных чрезвычайных событий, также как локализация или ликвидация последствий природных чрезвычайных ситуаций (ЧС) (ландшафтных пожаров, землетрясений, селей, лавин, оползней, наводнений и др.) требуют оперативного прибытия сил быстрого реагирования к эпицентру или границе области ЧС. Зачастую подразделения МЧС вынуждены при этом прокладывать наземные маршруты в условиях бездорожья.

Автомобильный транспорт при этом является наиболее распространенным наземным средством доставки сил МЧС, а боевая задача выполняется с помощью основных, специальных и вспомогательных автомобилей [1]. Поэтому возможность прокладки маршрута в условиях пересеченной местности определяется тактико-техническими характеристиками (ТТХ) используемых автомобильных средств (АС), а также характером рельефа и подстилающей поверхности в зоне ЧС.

Очевидно, что движение АС, с помощью которых силы МЧС осуществляют прибытие и/или выполнение боевой задачи, возможно лишь в случае их устойчивости на поверхности рельефа вдоль всего пути следования. Данный фактор можно рассматривать как одно из ограничений при решении навигационной задачи прокладки оптимального маршрута в условиях бездорожья.

Подобное ограничение возникает также при решении задачи маршрутизации сил пожаротушения при ликвидации природного пожара, характер борьбы с которым требует локализации и тушения очага по всему периметру [2]. Реализация данной установки особенно затруднена в условиях холмистой или горной местности в виду труднодоступности для наземных сил пожаротушения кромки пожара на крутых склонах.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах [3-4] рассмотрена в дискретной постановке (на сетке «Манхэттен») задача прокладки оптимального маршрута в условиях бездорожья и пересеченной местности. В континуальной постановке ограничения на безопасность движения автосредства ранее не рассматривались.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является нахождение пространственного поля дозволённых (по критерию

безопасности) направлений движения автосредства с заданными ТТХ по неоднородной поверхности рельефа $Z(x; y)$.

Безопасность движения АС определяется его устойчивостью на склоне (в силу невысокой скорости движения АС по пересеченной местности будем рассматривать статическую устойчивость [5]). Соответственно, возможность движения АС в азимутальном направлении φ зависит от тактико-технических характеристик и крутизны рельефа $\alpha(\varphi)$ в данном направлении.

Формализуем данное ограничение, найдя допустимые направления движения автосредства по поверхности неоднородного рельефа.

Движение передним ходом АС в направлении φ эквивалентно его ориентации в данном направлении.

Аппроксимируем АС параллелепипедом, полагая, что четыре точки опоры АС образуют прямоугольник длиной a (колесная база) и шириной b (длина оси); высота АС равна c (высотный габарит). Пусть местоположение жестко закрепленного центра масс (ЦМ) задано относительно правой задней опоры координатами $(c_a; c_b; c_c)$, где $0 \leq c_a \leq a$; $0 \leq c_b \leq b$; $0 \leq c_c \leq c$, т.е. центр масс в общем случае располагается несимметрично.

Введем локальную декартову систему координат, связанную с геометрическим центром O' проекции АС на касательную плоскость и ориентированную осью абсцисс по направлению переднего хода АС. В этом случае опора будет определяться набором координат $A_1(-a/2; -b/2)$, $A_2(a/2; -b/2)$, $A_3(a/2; b/2)$, $A_4(-a/2; b/2)$. Местоположение центра масс C в данной системе координат будет задаваться как $C(c_a - a/2; c_b - b/2; c_c)$. Орты локальной системы координат обозначим как $(\vec{v}; \vec{t}; \vec{n})$.

Пусть в глобальной системе координат $OXYZ$ с ортами $(\vec{i}; \vec{j}; \vec{k})$ задана поверхность рельефа $Z(x; y)$ в виде [6]. В точке $(x_0; y_0)$ построим касательную плоскость

$$\tilde{Z} = z_0 + Z_x(x - x_0) + Z_y(y - y_0), \quad (1)$$

введя обозначение $z_0 = Z(x_0; y_0)$; $Z_x = \left. \frac{\partial Z(x; y)}{\partial x} \right|_{x=x_0, y=y_0}$; $Z_y = \left. \frac{\partial Z(x; y)}{\partial y} \right|_{x=x_0, y=y_0}$.

В точке касания $O'(x_0; y_0; z_0)$ поместим начало локальной системы координат, орты которой \vec{v} (связанный с направлением движения АС) и \vec{t} (перпендикулярный ему) расположим в касательной плоскости, орт \vec{n} - перпендикулярно ей. Данная система координат не связана жестко с касательной плоскостью, а вращается вокруг вектора \vec{n} (рис. 1) в зависимости от ориентации АС.

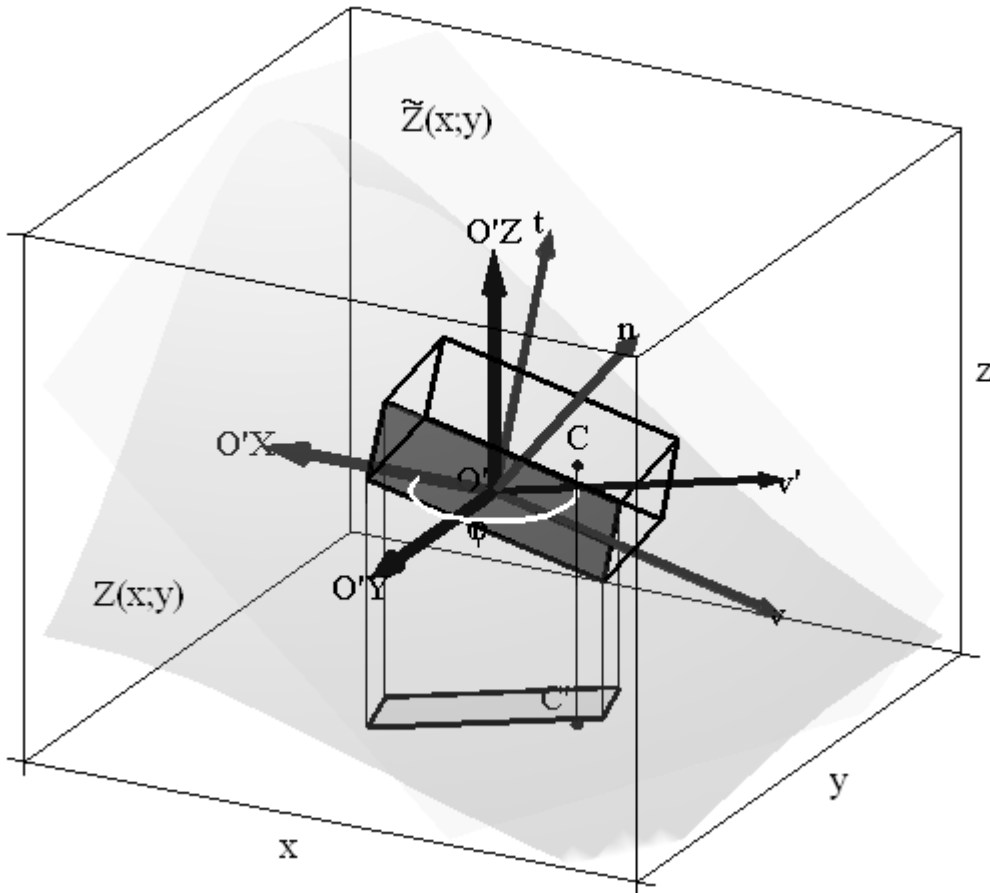


Рис. 1 – Нахождение разрешенных направлений движения АС

Проекцию вектора \vec{v} на плоскость XOY обозначим как \vec{v}' , а азимутальный угол, между \vec{v}' и \vec{i} обозначим φ ($\varphi \in [0; 2\pi]$). Данный угол определяет ориентацию АС в глобальной системе координат. Угол склона $\alpha(\varphi)$ ($-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$) в направлении φ равен

$$\alpha(x; y; \varphi) = \frac{180^\circ}{\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{\partial Z(x; y)}{\partial x} \cos \varphi + \frac{\partial Z(x; y)}{\partial y} \sin \varphi \right). \quad (2)$$

Орты локальной системы в системе $XOYZ$ имеют координаты

$$\vec{v}(x; y; \varphi) = \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi / |\vec{v}| \\ \sin \varphi / |\vec{v}| \\ (Z_x \cos \varphi + Z_y \sin \varphi) / |\vec{v}| \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где $|\vec{v}| = \sqrt{1 + (Z_x \cos \varphi + Z_y \sin \varphi)^2}$;

$$\vec{n}(x; y) = \begin{bmatrix} n_x \\ n_y \\ n_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -Z_x / |\vec{n}| \\ -Z_y / |\vec{n}| \\ 1 / |\vec{n}| \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где $|\vec{n}| = \sqrt{1 + Z_x^2 + Z_y^2}$;

$$\vec{t}(x; y; \varphi) = \frac{\vec{n} \times \vec{v}}{|\vec{n} \times \vec{v}|} = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{bmatrix} = \frac{1}{|\vec{n} \times \vec{v}|} \begin{bmatrix} n_y v_z - n_z v_y \\ n_z v_x - n_x v_z \\ n_x v_y - n_y v_x \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Направляющие косинусы между оортами глобальной и локальной систем координат, в виду их нормированности, равны соответствующим координатам ортов локальной системы в системе OXYZ

$$\begin{aligned} \cos \angle(\vec{i}, \vec{v}) &= v_x; & \cos \angle(\vec{i}, \vec{t}) &= t_x; & \cos \angle(\vec{i}, \vec{n}) &= n_x; \\ \cos \angle(\vec{j}, \vec{v}) &= v_y; & \cos \angle(\vec{j}, \vec{t}) &= t_y; & \cos \angle(\vec{j}, \vec{n}) &= n_y; \\ \cos \angle(\vec{k}, \vec{v}) &= v_z; & \cos \angle(\vec{k}, \vec{t}) &= t_z; & \cos \angle(\vec{k}, \vec{n}) &= n_z; \end{aligned} \quad (6)$$

Имея в распоряжении (6), можно определить координаты точек A_1, A_2, A_3, A_4 и С в глобальной системе OXYZ на основании формул перехода [7]

$$\begin{aligned} x &= x_0 + x' \cos \angle(\vec{i}, \vec{v}) + y' \cos \angle(\vec{i}, \vec{t}) + z' \cos \angle(\vec{i}, \vec{n}); \\ y &= y_0 + x' \cos \angle(\vec{j}, \vec{v}) + y' \cos \angle(\vec{j}, \vec{t}) + z' \cos \angle(\vec{j}, \vec{n}); \\ z &= z_0 + x' \cos \angle(\vec{k}, \vec{v}) + y' \cos \angle(\vec{k}, \vec{t}) + z' \cos \angle(\vec{k}, \vec{n}), \end{aligned} \quad (7)$$

подставляя соответствующие координаты вместо x' , y' , z' . Координаты $(x_{A_i}; y_{A_i})$, где $i = \overline{1..4}$ и $(x_c; y_c)$, в системе координат $OXYZ$, в силу (1)-(7), будут зависеть от угла φ (в отличие от локальной системы координат).

Рассматривая проекцию основания средства и центра тяжести на плоскость XOY (рис. 2), можно видеть, что в зависимости от местоположения центра масс, ориентации AC φ и координаты точки $(x_0; y_0; z_0)$ на неоднородной поверхности рельефа $Z(x; y)$, проекция центра масс C' может лежать как вне проекции основания (рис. 2-а), что соответствует неустойчивому положению AC , так и внутри нее (рис. 2-б).

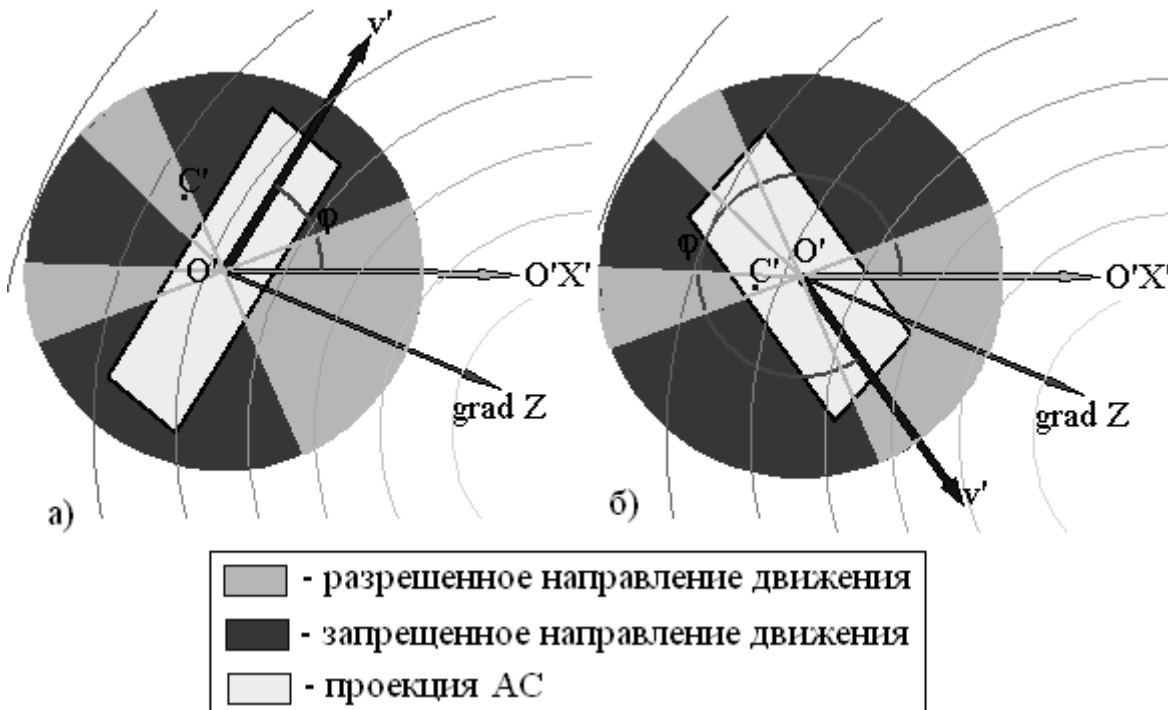


Рис. 2 – Найденные разрешенные и запрещенные направлений движения AC

Нахождение области Φ допустимых значений азимутального угла φ ориентации AC , при которых проекция центра масс оказывается внутри границы проекции основания, может быть осуществлено численным решением неравенства

$$R(x_c(\varphi), y_c(\varphi)) \leq 0, \quad (8)$$

получаемого подстановкой координаты проекции центра масс в R -уравнение [8] контура проекции основания. В общем случае такое решение представляет собой объединение от 0 до 4 (по количеству сторон основания АС) интервалов и зависит как от ТТХ данного АС, так и от крутизны склона α в точке $(x_0; y_0)$.

Поскольку точка $(x_0; y_0)$ может быть выбрана произвольно, то приведенная процедура позволяет получить пространственное поле разрешенных и запрещенных направлений движения АС по реальному [6] рельефу (рис. 3).

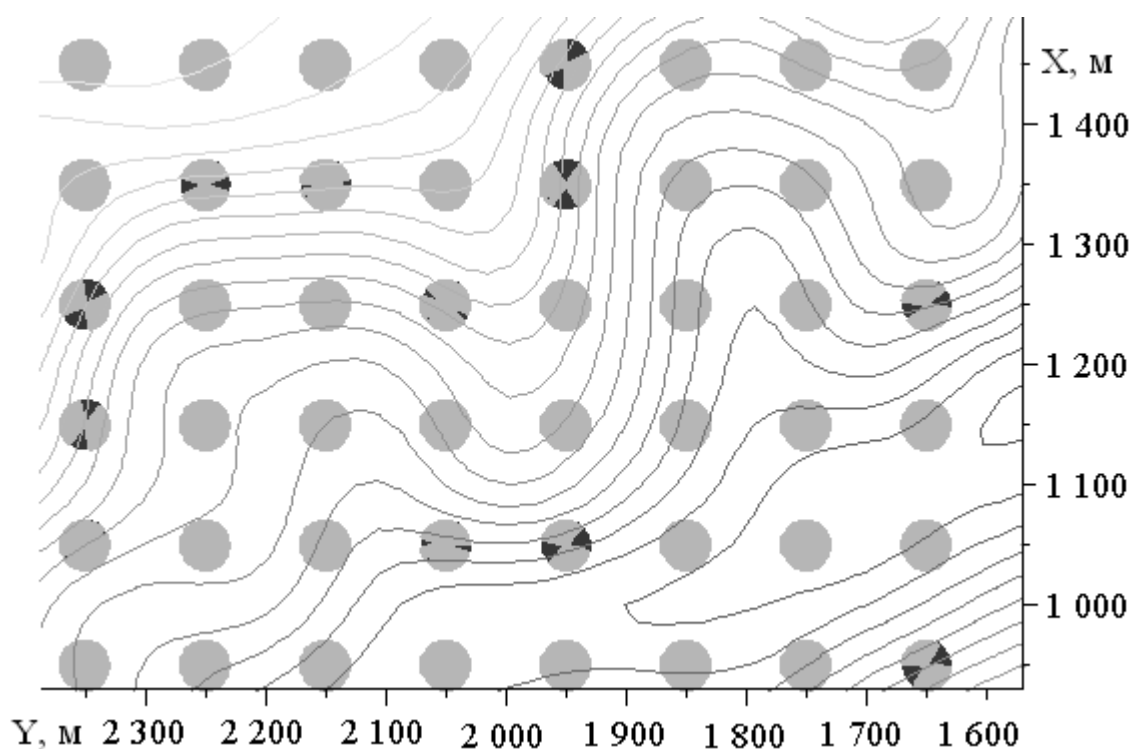


Рис. 3 – Поле разрешенных и запрещенных направлений движения АС в дискретном множестве узлов реального рельефа

Данное поле будет специфичным для каждого из видов используемых АС, поэтому входными параметрами модели оптимального маршрута или модели маршрута движения сил и средств пожаротушения при локализации или тушении ландшафтного пожара должны являться тактико-технические характеристики АС (конфигурация опоры, местоположение центра масс), которые должны храниться в виде элементов базы данных.

Как видно из рис. 3, устойчивость АС на склоне определяется боковым креном АС, т.е. опасность возникает при движении пер-

пендикулярно градиенту склона, а движение вверх и вниз по склону является безопасным.

Выводы. Получена модель безопасных направлений движения автосредства по пересеченной местности, которая может быть использована как ограничение при решении навигационной задачи – нахождении оптимального маршрута доставки сил МЧС к очагу природной и природно-техногенной ЧС в условиях бездорожья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванников В.П. Справочник руководителя тушения пожара / В.П. Иванников, П.П. Ключ. - М.: Стройиздат, 1987. - 288
2. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров. – М.: Госкомлес СССР, 1976. – 110 с.
3. Абрамов Ю.А. Оптимизация маршрута движения в условиях пересеченной местности / Ю.А. Абрамов, А.А. Тарасенко // Науковий вісник будівництва. Вип. 52.– Харків: ХДТУБА, ХОТВАБУ, 2009. – С. 401-407
4. Абрамов Ю.А. Поиск области запрета при моделировании маршрута в условиях гористого бездорожья / Ю.А. Абрамов, А.А. Тарасенко // Вестник ХНАДУ. Вып. 45.- Харьков: ХНАДУ, 2009. – С. 44-46
5. Аксенов П.В. Многоосные автомобили / П.В. Аксенов - М.: Машиностроение, 1989. – 140 с.
6. Абрамов Ю.А. Формирование априорной информации для системы ликвидации последствий чрезвычайной ситуации / Ю.А. Абрамов, А.А. Тарасенко // Проблемы надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. АЦЗ України. Вип. 6.– Харків: УЦЗУ, 2007. – С. 11-22
7. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев – М.: Наука, 1981. – 718 с.
8. Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения / В.Л. Рвачев – Киев: Наукова думка, 1982. – 552 с.

Тарасенко О.А.

Безпека маршруту при русі автотехніки до осередку надзвичайної ситуації в умовах гористого бездоріжжя

Наведений розв'язок задачі вибору безпечного напрямку руху автомобіля в умовах гористого бездоріжжя. Модель може бути застосована в якості обмеження при розв'язанні навігаційної задачі знаходження оптимального наземного маршруту руху сил швидкого реагування при ліквідації наслідків природних та природно-техногенних НС

Ключові слова: задача вибору, навігаційна задача, оптимальний наземний маршрут

Tarasenko A.A.

Safe route of the vehicle moving to the disaster source under the absence of roads

The solution of the problem of choosing the safe direction of the car in a mountainous roads is present. The model can be used as a constraint in solving the navigation problem of finding the optimal ground route for quick reaction force in the elimination of consequences of natural and technical disasters.

Key words: problem of choosing, navigation problem, optimal ground route

УДК 614.8

*Тищенко Е.А., преп., ЧАПБ,
Гвоздь В.М., канд. техн. наук, нач. ГУМЧСУ в Черк. обл.,
Борисенко В.Г., канд. физ.-мат. наук, доц., НУГЗУ,
Абрамов Ю.А., д-р техн. наук, гл. науч. сотр., НУГЗУ*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ДАТЧИКА ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

С использованием экспериментальных данных получено решение задачи идентификации передаточной функции датчика первичной информации системы ослабления последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера

Ключевые слова: датчик первичной информации, идентификация, переходная функция, передаточная функция

Постановка проблемы. Чрезвычайные ситуации техногенного характера могут сопровождаться пожарами [1]. В этой связи можно выделить две проблемы: снижение риска возникновения

такой чрезвычайной ситуации до минимума и минимизация ущерба при ее возникновении. Во втором случае применяются быстродействующие системы ослабления последствий чрезвычайных ситуаций [2], синтез которых обуславливает необходимость в математическом описании элементов систем.

Анализ последних исследований и публикаций. В системах ослабления последствий чрезвычайных ситуаций применительно к рассматриваемой проблеме целесообразно использование датчиков первичной информации с терморезистивным чувствительным элементом [3]. Для таких датчиков аналитическим путем получены математические модели в виде переходных и передаточных функций [4, 5]. В ряде работ, в частности, в [4, 6] экспериментальным путем решена задача идентификации постоянной времени таких датчиков. В [7] экспериментально получены математические модели датчиков такого типа во временной области. Не решенной остается задача идентификации передаточной функции датчиков первичной информации с терморезистивным чувствительным элементом экспериментальным путем, что необходимо для получения прямых оценок адекватности математического описания датчиков такого типа в виде переходных функций.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является решение задачи идентификации передаточной функции датчика первичной информации с терморезистивным чувствительным элементом экспериментальным путем.

Пусть математическая модель датчика первичной информации имеет вид

$$a_2 \frac{d^2 H(t)}{dt^2} + a_1 \frac{dH(t)}{dt} + H(t) = 1(t), \quad (1)$$

где $1(t)$ – функция Хевисайда; $H(t)$ – единичная переходная функция; a_i – параметры.

Однократное интегрирование этого дифференциального уравнения на интервале $[0, \infty)$ приводит к дифференциальному уравнению вида

$$\alpha_2 \frac{dH(t)}{dt} \Big|_0^\infty + \alpha_1 H(t) \Big|_0^\infty = \int_0^\infty (1 - H(t)) dt, \quad (2)$$

которое при $t \rightarrow \infty$ трансформируется следующим образом

$$\alpha_1 = \int_0^\infty (1 - H(t)) dt. \quad (3)$$

После интегрирования (1) на интервале $[0, t]$ и деления на α_1 будет иметь место

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} \frac{dH(t)}{dt} = \frac{1}{\alpha_1} \int_0^t (1 - H(\tau)) d\tau. \quad (4)$$

Это выражение представляет собой модель динамического элемента с выходным сигналом $H(t)$ при входном воздействии вида

$$H_1(t) = \frac{1}{\alpha_1} \int_0^t (1 - H(\tau)) d\tau, \quad (5)$$

причем

$$\lim_{t \rightarrow 0} H_1(t) = 0; \quad \lim_{t \rightarrow \infty} H_1(t) = 1. \quad (6)$$

Если проинтегрировать (4) на интервале $[0, \infty)$, то будет иметь место

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} H(t) \Big|_0^\infty = \int_0^\infty (H_1(\tau) - H(\tau)) d\tau, \quad (7)$$

откуда следует выражение для параметра α_2 , т.е.

$$a_2 = a_1 \int_0^{\infty} (H_1(t) - H(t)) dt = a_1 \int_0^{\infty} \left[\frac{1}{a_1} \int_0^t (1 - H(\tau)) d\tau - H(t) \right] dt. \quad (8)$$

Выражение для передаточной функции датчика первичной информации на основании (1) будет иметь вид

$$W(p) = (a_2 p^2 + a_1 p + 1)^{-1}, \quad (9)$$

где параметры a_1 и a_2 определяются выражениями (3) и (8) соответственно.

С использованием данных табл. 1 [7] методом численного интегрирования в среде Maple были получены выражения параметров модели (9), в частности, $a_1 = 0,194$ с; $a_2 = 0,0016$ с².

Вследствие того, что [8]

$$H(t) = L^{-1} [p^{-1} W(p)], \quad (10)$$

где L^{-1} – оператор обратного интегрального преобразования Лапласа, с учетом (9) можно записать выражение для единичной переходной функции макета датчика первичной информации, которое будет иметь вид

$$H(t) = 1 - 0,000128057 \exp(-60,6251t) \times \\ \times (7809,0 \operatorname{ch}(55,2304t) + 8571,749 \operatorname{sh}(55,2304t)). \quad (11)$$

Если пренебречь слагаемым $a_2 p^2$ в (9), то такой передаточной функции согласно (10) будет соответствовать единичная переходная функция вида

$$H_0(t) = 1 - \exp(-5,1546t). \quad (12)$$

На рис. приведен график для модуля погрешности рассогласования между (11) и (12), т.е.

$$\Delta = |H(t) - H_0(t)|. \quad (13)$$

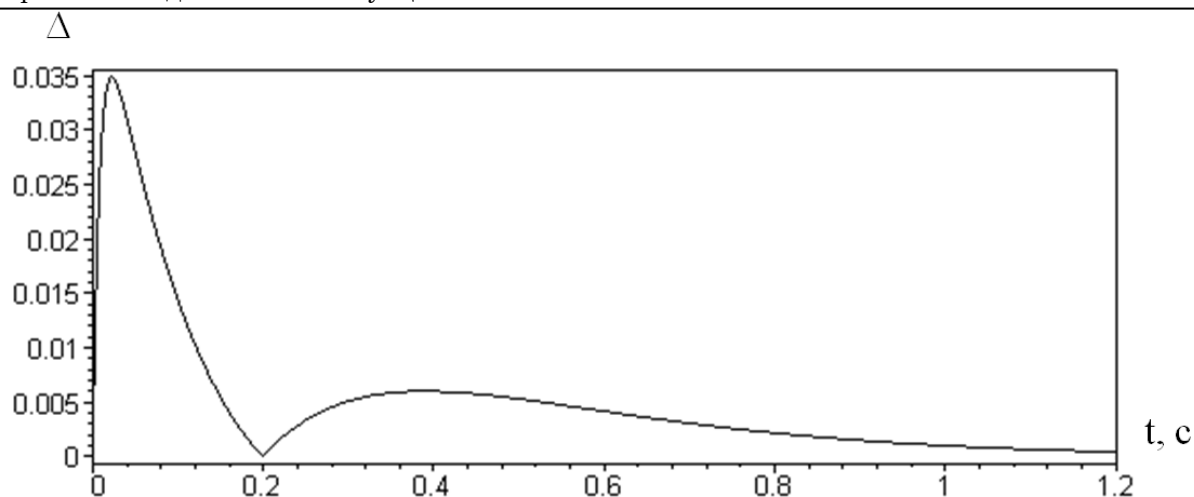


Рис. – Погрешность рассогласования между переходными функциями

Из анализа этого графика следует, что погрешность рассогласования между (11) и (12) по модулю не превышает 3,5%, вследствие чего в качестве передаточной функции макета датчика первичной информации с терморезистивным чувствительным элементом целесообразно использовать выражение

$$W_0(p) = (0,194p + 1)^{-1}. \quad (14)$$

Для такой передаточной функции параметр $\alpha_1 = 0,194$ с имеет смысл постоянной времени датчика первичной информации.

Выводы. На примере макета датчика первичной информации, рассмотренного в [7], для которого экспериментальным путем получены решетчатые переходные функции, решена задача идентификации его передаточной функции, которая может быть представлена в виде передаточной функции апериодического динамического звена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.А. Основы мониторинга и управления в условиях чрезвычайных ситуаций / Ю.А. Абрамов, В.Е. Росоха, В.В. Тютюник, В.Н. Чучковский, Р.И. Шевченко. – Х.: АГЗУ, 2005. – 257 с.
2. Ястребенецкий М.А. Безопасность атомных станций. Информационные и управляющие системы / М.А. Ястребенецкий,

- В.Н. Васильченко, С.В. Виноградская, В.М. Гольдин, Ю.В. Розен, Л.И. Спектор, В.С. Харченко. – К.: Техніка, 2004. – 472 с.
3. Абрамов Ю.А. Точечные тепловые извещатели максимального типа / Ю.А. Абрамов, Е.В. Куринный. – Х.: АГЗУ, 2005. – 129 с.
 4. Абрамов Ю.А. Терморезистивные тепловые пожарные извещатели с улучшенными характеристиками и методы их температурных испытаний / Ю.А. Абрамов, В.М. Гвоздь. – Х.: АГЗУ, 2005. – 121 с.
 5. Абрамов Ю.А. Обобщенные модели чувствительных элементов датчиков первичной информации / Ю.А. Абрамов, В.П. Садковой // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА, 2006. – Вип. 35. – С. 290-294.
 6. Абрамов Ю.А. Температурные объектовые испытания тепловых пожарных извещателей с терморезистивным чувствительным элементом / Ю.А. Абрамов, В.В. Коврегин, В.П. Садковой. – Х.: УГЗУ, 2009. – 115 с.
 7. Садковой В.П. Определение временных характеристик макетного образца датчика первичных факторов чрезвычайных ситуаций / В.П. Садковой, Ю.А. Абрамов, Е.А. Тищенко, В.М. Гвоздь // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: УЦЗУ, 2008. – Вип. 8. – С. 162-168.
 8. Абрамов Ю.А. Основы пожарной автоматики / Ю.А. Абрамов. – Х.: ХИПБ, 1993. – 288 с.

Тищенко Є.О., Гвоздь В.М., Борисенко В.Г., Абрамов Ю.О.

Ідентифікація передаточної функції датчика первинної інформації

З використанням експериментальних даних одержано розв'язок задачі ідентифікації передаточної функції датчика первинної інформації системи послаблення наслідків надзвичайних ситуацій техногенного характеру

Ключові слова: датчик первинної інформації, ідентифікація, перехідна функція, передаточна функція

Tischenko E.A., Gvozd V.M., Borisenko V.G., Abramov Yu.A.

Identification of transfer function of primary information sensor

Solution of the problem of the primary information sensor transfer function identification is obtained with using the experimental data. The sensor is used for the man-made emergencies effects mitigate systems

Key words: primary information sensor, identification, transfer function, transition function

*Толкунов И.А., ст. преп., НУГЗУ,
Попов И.И., канд. техн. наук, доц., НУГЗУ,
Барбашин В.В., канд. техн. наук, нач. каф., НУГЗУ*

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА АЭРОИОНОВ В ПОТОКАХ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИЯХ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ МЧС УКРАИНЫ

(представлено д-ром техн. наук Куценко Л.Н.)

На основе аэродинамических расчетов распределения воздуха в помещениях специального назначения МЧС Украины, проведено теоретическое исследование распространения аэроионов в потоках ионизированного воздуха и предложена математическая модель, описывающая эти процессы

Ключевые слова: аэроион, аэроионизация, коронный аэроионизатор, нормативный аэроионный режим, искусственная ионизация воздуха, управляемый генератор аэроионов, помещение специального назначения МЧС Украины

Постановка проблемы. В соответствии со спецификой помещений специального назначения МЧС Украины (ПСН), их отличительной особенностью является небольшая площадь при относительно малой высоте, стесненная компоновка оборудования, а также специфическая форма операторской деятельности в них. Реализация методов искусственной аэроионизации в таких помещениях требует знания конкретных данных о распределении концентраций аэроионов в воздушной среде обитания при определенных способах организации воздухообмена, получение которых экспериментальным путем связано со значительными трудностями, а теоретическая задача о распределении аэроионов в воздушной среде вентилируемых помещений в настоящее время требует решения в форме, удобной для практических приложений [1].

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ способов нормализации ионного состава воздушной среды показывает, что нормативный аэроионный режим в ПСН наиболее эффективным образом может быть реализован путем подачи в помещение искусственно ионизированного воздуха с помощью стационарных коронных аэроионизаторов, встроенных в систему

жизнеобеспечения, как наиболее совершенного варианта в медико-техническом и экономическом отношении [2,3].

В этом случае аэроионный режим зависит от организации воздухообмена и в значительной степени определяется способом распределения воздуха в помещении, а расчеты по определению концентрации аэроионов в рабочей зоне ведутся с учетом свойств и закономерностей приточных струй для условий их прямого воздействия [4]. В то же время, закономерности процесса ионобразования и создания нормативного аэроионного режима воздушной среды ПСН требует дальнейшего исследования [5].

Постановка задачи и ее решение. В аэродинамическом отношении состояние воздушной среды в ПСН является турбулентным, так как воздух подается в помещения приточными струями, для которых критическое число Рейнольдса приблизительно на два порядка выше, чем для ламинарных потоков в трубах и каналах.

В связи с этим, целью данного исследования является математическое моделирование процессов турбулентного переноса аэроионов в потоках воздуха в помещениях специального назначения МЧС Украины.

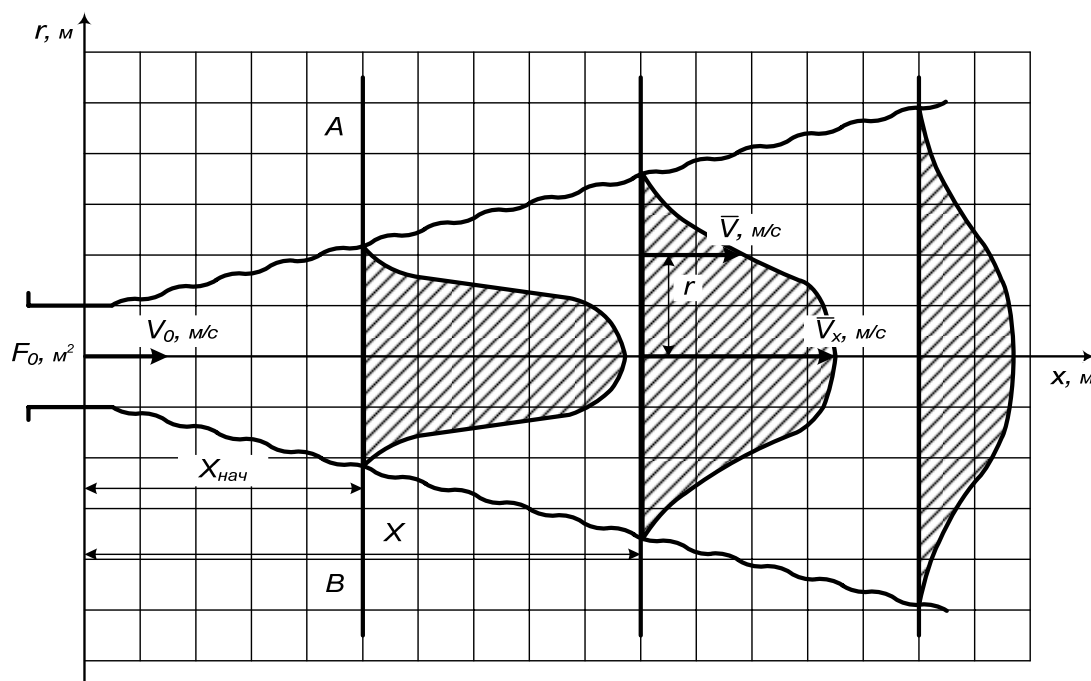


Рис. – Схема приточной турбулентной струи

Приточные струи, с достаточной для инженерных расчетов точностью, можно представить состоящими из двух участков (рис.): начального, протяженностью $x_{\text{нач}}$, и основного. Сечение АВ называют переходным сечением. В поперечных сечениях струи устанавливаются также характерные профили избыточных температур и концентраций, которые в условиях свободной турбулентности подобны между собой, но не подобны профилю скоростей. Формулы для расчета начального и основного участка различны [6].

Используя схему, приведенную на рис., установим основные закономерности распределения концентрации аэроионов в приточной струе. Введем цилиндрические координаты с началом в центре приточного отверстия, направив ось x по оси струи, а радиус – нормально к ней.

В основу теоретического исследования положены следующие допущения [7]:

1) Экспериментально установлено, что давление в струе практически неизменно и равно давлению в окружающем пространстве. Поэтому условие сохранения количества движения секундной массы воздуха в струе можно записать следующим образом

$$\int_0^{F_0} \rho_0 V_0^2 dF = \int_0^{\infty} \rho V^2 dF, \quad (1)$$

где V – скорость движения воздуха в произвольной точке струи, заданной координатами x и r , м/с; V_0 – скорость истечения приточного воздуха, м/с; ρ – массовая плотность воздуха в произвольной точке струи, кг/м³; ρ_0 – массовая плотность истекающего воздуха, кг/м³; F_0 – площадь приточного отверстия, м²; dF – элементарная площадь поперечного сечения струи, в пределах которой скорость одинакова, м².

Для изотермических условий истечения струи можно считать, что

$$\rho = \rho_0 = \rho_{\infty}, \quad (2)$$

где ρ_{∞} – массовая плотность окружающего воздуха, кг/м³.

2) На основаниі полуміриричеських теорій о характере турбулентного движєния запишем функцію, характеризующю профиль скоростей в зоне турбулентного перемешивания струи, в следующем виде

$$V = V_x \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{r}{c \cdot x} \right)^2 \right], \quad (3)$$

где V_x – скорость движєния воздуха в центре произвольного поперечного сечения струи, м/с; c – экспериментальная постоянная, вероятное значение которой равно 0,082.

В пределах начального участка

$$V_x = V_0. \quad (4)$$

3) На основании подобия процессов переноса тепла и примесей в приточных струях распределение избыточной концентрации аэроионов в поперечных сечениях струи запишем в виде

$$\Delta N^\pm = \Delta N_x^\pm \exp \left[-\frac{\sigma}{2} \left(\frac{r}{c \cdot x} \right)^2 \right], \quad (5)$$

где ΔN^\pm и ΔN_x^\pm – избыточные концентрации аэроионов положительной (верхний знак «+») и отрицательной (нижний знак «-») полярности в произвольной точке струи, заданной координатами x и r , и на оси струи, соответственно, м⁻³, которые определяются из соотношений

$$\Delta N_x^\pm = (n_x^\pm + N_x^\pm) - (n_\infty^\pm + N_\infty^\pm), \quad (6)$$

$$\Delta N^\pm = (n^\pm + N^\pm) - (n_\infty^\pm + N_\infty^\pm); \quad (7)$$

n^\pm , n_x^\pm , n_∞^\pm – концентрации легких положительных и отрицательных аэроионов в произвольной точке, на оси и в окружающей среде соответственно, м⁻³; N^\pm , N_x^\pm , N_∞^\pm – концентрации тяжелых положительных и отрицательных аэроионов в произвольной точке,

на оси и в окружающей среде соответственно, m^{-3} ; σ – экспериментальная постоянная, вероятное значение которой равно 0,8.

В дальнейшем полагаем, что воздух окружающей среды деионизирован ($N_{\infty}^{\pm} = n_{\infty}^{\pm} = 0$) и концентрации тяжелых аэроионов пренебрежимо малы ($N^{\pm} \approx 0$). Для этого случая из (5)...(7) имеем

$$\Delta N_x^{\pm} = n_x^{\pm}, \quad \Delta N^{\pm} = n^{\pm}.$$

Тогда

$$n^{\pm} = n_x^{\pm} \exp \left[-\frac{\sigma}{2} \left(\frac{r}{c \cdot x} \right)^2 \right]. \quad (8)$$

Решение задачи о распределении аэроионов в объеме помещений специального назначения возможно лишь после того, как станут известны изменения концентрации аэроионов вдоль струи приточного воздуха и в её поперечных сечениях. Эти закономерности можно установить с помощью закона сохранения избыточного электрического заряда в струе.

Так, при движении ионизированного воздуха изменение концентрации аэроионов происходит в результате эффектов электростатического рассеивания, рекомбинации, диффузии, прилипания к аэрозольным частицам. При этом основной вклад в потери аэроионов вносят эффекты рекомбинации и электростатического рассеивания [8]. С учетом этого, распределение избыточной концентрации легких аэроионов отрицательной и положительной полярности в струе для случая $n_0^{-} > n_0^{+}$ описывается системой уравнений

$$\begin{cases} \int_0^{F_0} \rho_0 V_0^2 dF = \int_0^{\infty} \rho V^2 dF, \\ \int_0^{F_0} n_0^{-} V_0 dF = \int_0^{\infty} n^{-} V dF + \int_0^x dx \int_0^{\infty} \left[\alpha n^{-} n^{+} + \frac{qk^{-} n^{-}}{\varepsilon \varepsilon_0} (n^{-} - n^{+}) \right] dF, \\ \int_0^{F_0} n_0^{+} V_0 dF = \int_0^{\infty} n^{+} V dF + \int_0^x dx \int_0^{\infty} \alpha n^{-} n^{+} dF, \end{cases} \quad (9)$$

где n_0^+ – избыточная концентрация лёгких положительных и отрицательных аэроионов в начале истечения, м^{-3} ; k^\pm – электрическая подвижность положительных (верхний знак «+») и отрицательных (нижний знак «-») легких аэроионов, $\text{м}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$; q – элементарный заряд, Кл; α – коэффициент рекомбинации легких аэроионов; ε – относительная диэлектрическая постоянная воздуха, Ф/м; ε_0 – электрическая постоянная, Ф/м.

Считая избыточную концентрацию легких аэроионов не зависящей от радиальной координаты r и пренебрегая уширением струи, систему (9) в пределах начального участка ($0 < x \leq x_{нач}$) с учетом (4) можно представить в виде

$$\begin{cases} V_x = V_0, \\ \frac{dn^-}{dx} V_0 = -\alpha n^- n^+ - \beta n^- (n^- - n^+), \\ \frac{dn^+}{dx} V_0 = -\alpha n^- n^+, \end{cases} \quad (10)$$

где $\beta = \frac{qk^-}{\varepsilon\varepsilon_0}$.

Решая систему (10) с начальными условиями:

$$n_0^- = n^- \text{ и } n_0^+ = n^+ \text{ при } x = 0, \quad (11)$$

получаем уравнение для определения избыточной концентрации легких положительных аэроионов

$$\frac{dn^+}{dx} V_0 = -\alpha \left(\frac{1 - K_y}{K_y} \right) (n_0^+)^{1-\beta/\alpha} (n^+)^{1+\beta/\alpha} - \alpha (n^+)^2, \quad (12)$$

где K_y – коэффициент униполярности легких аэроионов, $K_y = \frac{n_0^+}{n_0^-}$.

С учетом (10) и (12) расчетная формула для определения избыточной концентрации легких отрицательных аэроионов имеет вид

$$n^- = n^+ \left[1 - \frac{1 - K_y}{K_y} \left(\frac{n^+}{n_0^+} \right)^{\beta/\alpha - 1} \right]. \quad (13)$$

Решением уравнения (12) являются быстро сходящиеся ряды, которые в частных случаях свертываются в элементарные функции.

В случае биполярной ионизации, когда можно не учитывать влияние электростатического рассеивания ($\beta = 0$), для избыточных концентраций легких положительных и отрицательных аэроионов получены следующие зависимости

$$n^+ = \frac{\Delta n_0}{\frac{1}{K_y} \exp\left(\alpha \Delta n_0 \frac{x}{V_0}\right) - 1} \quad (14)$$

и

$$n^- = \frac{\Delta n_0}{1 - K_y \exp\left(-\alpha \Delta n_0 \frac{x}{V_0}\right)}, \quad (15)$$

где $\Delta n_0 = n_0^+ - n_0^-$.

А в случае униполярной аэроионизации, если все аэроионы имеют одинаковую подвижность k , то изменение их избыточной концентрации в пределах начального участка струи описывается соотношением

$$n^\pm = \frac{n_0^\pm}{1 + \frac{qk^\pm}{\varepsilon\varepsilon_0} n_0^\pm \frac{x}{V_0}}. \quad (16)$$

В общем случае влияние электростатического рассеивания на характер изменения избыточной концентрации аэроионов во времени и пространстве следует рассматривать с учетом спектральной функции её распределения по подвижностям

$$n^{\pm}(k^{\pm}) = \lim_{\Delta k^{\pm} \rightarrow 0} \frac{n^{\pm}(k^{\pm}, k^{\pm} + \Delta k^{\pm})}{\Delta k^{\pm}}. \quad (17)$$

Такой подход значительно усложняет задачу. Для практических расчетов целесообразно использовать среднее значение подвижности групп аэроионов, соответствующее условной стандартной подвижности лёгких аэроионов k_{st} , ($k_{st} = 1,77 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$).

Выводы. На основе аэродинамических расчетов распространения потоков ионизированного воздуха и закона сохранения электрического заряда предложена математическая модель, описывающая процессы распределения аэроионов в помещениях специального назначения при различных способах организации воздухообмена.

Получены аналитические соотношения, определяющие распределение избыточной концентрации отрицательных и положительных аэроионов в пределах начального участка приточной струи, которые могут быть использованы в случае больших размеров приточных отверстий, расположенных на достаточно близком расстоянии от рабочей зоны.

Необходимы комплексные исследования процессов формирования полей концентраций аэроионов в ПСН с учетом закономерностей основного участка приточной струи, а также инженерная интерпретация результатов этих исследований в форме, удобной для практического использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Толкунов І.О. Деякі аспекти забезпечення нормативного аероіонного режиму робочого середовища приміщень спеціального призначення МНС України / І.О. Толкунов, В.В. Маринюк, І.І. Попов, В.В. Пономар // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: УЦЗУ, 2008. – №8. – С.198-206.
2. Возмилов А.Г. Ионный вентилятор-фильтр для очистки воздуха в малообъемных помещениях / А.Г. Возмилов, В.Б. Файн, Е.В. Смирнягин // Техника в сельском хозяйстве. – 2003. – №5. – С.30-32.
3. Сторчевой В.Ф. Ионизация и озонирование в птицеводстве: дис. ... доктора техн. наук: 05.20.02 / Сторчевой Владимир Федорович. – М.: РГБ. 2003. – 283 с.

4. Бахарев В.А., Троеновский В.Н. Основы проектирования и расчёта вентиляции с сосредоточенным выпуском воздуха / В.А. Бахарев, В.Н. Троеновский. – М.: Профиздат, 1968. – 145 с.
5. Толкунов И.А. Исследование и разработка управляемых генераторов аэроионов для помещений специального назначения МЧС Украины / И.А. Толкунов, И.И. Попов, В.В. Барбашин // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: УЦЗУ, 2009. – №10. – С.186-194.
6. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй / Генрих Наумович Абрамович. – М.: Физматгиз, 1960. – 715 с.
7. Шепелев И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении / Израэль Абрамович Шепелев. – М.: Стройиздат, 1978. – 145 с.
8. Монтик П.Н. Совместное влияние рекомбинации и электростатического рассеивания на параметры ионизированного воздуха при его транспортировании / П.Н. Монтик, В.И. Лашманов В.И. // Электрическая обработка материалов. – 1978. – № 2. – С.56-63.

Толкунов І.О., Попов І.І., Барбашин В.В.

Теоретичне дослідження процесів переносу аероіонів в потоках повітря в приміщеннях спеціального призначення МЧС України

На основі аеродинамічних розрахунків розподілу повітря в приміщеннях спеціального призначення МЧС України, проведено теоретичне дослідження розповсюдження аероіонів в потоках іонізованого повітря та запропонована математична модель, яка описує ці процеси

Ключові слова: аероіон, аероіонізація, коронний аероіонізатор, нормативний аероіонний режим, штучна іонізація повітря, управляемий генератор аероіонів, приміщення спеціального призначення МЧС України

Tolkunov I.A., Popov I.I., Barbashin V.V.

Theoretical research of processes of transfer of aeroions in blasts in the apartments of the special setting of Ministry of emergency measures of Ukraine

On the basis of aerodynamic calculations of distributing of air in the apartments of the special setting of Ministry of emergency measures of Ukraine, theoretical research of distribution of aeroions is conducted in the streams of the ionized air and a mathematical model, describing these processes

Key words: aeroion, aeroionization, corona aeroionizer, normative aeroionic mode, artificial ionization of air, guided generator of aeroions, apartment of the special setting Ministry of emergency measures of Ukraine

УДК 621.175.3

*Третьяков О.В., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ,
Пономаренко Р.В., ад'юнкт, НУЦЗУ*

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПИТНОЇ ВОДИ З ПОВЕРХНЕВИХ ДЖЕРЕЛ

(представлено д-ром техн. наук Абрамовим Ю.О.)

Обґрунтовано ефективні шляхи оперативного управління процесом утворення осаду важкорозчинних сполук на стадії коагуляції та шляхи оперативного управління водно-хімічним режимом процесу осадкоутворення, з метою забезпечення виробництва питної води, склад якої відповідає нормативним вимогам та попередження виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру

Ключові слова: осад, коагуляція, водно-хімічний режим, виробництво питної води

Постановка проблеми. Забезпечення населення України питною водою є для багатьох регіонів країни однією з пріоритетних проблем, розв'язання якої необхідно для збереження здоров'я, поліпшення умов діяльності і підвищення рівня життя населення.

Загальнодержавна програма "Питна вода України" на 2006-2020 роки, що затверджена Законом України від 03.03.2005 р., № 2455-IV [1], спрямована на реалізацію державної політики щодо забезпечення населення якісною питною водою відповідно до Закону України "Про питну воду та питне водопостачання".

Розроблення Програми обумовлено:

– незадовільним екологічним станом поверхневих та підземних джерел питного водопостачання, вода яких використовується для виготовлення питної води (близько 80% та 20%, відповідно);

– потенційною загрозою ускладнення санітарно-епідемічної ситуації в окремих регіонах країни внаслідок низької якості питної води, що в подальшому може привести до виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру;

– необхідністю перегляду та вдосконалення нормативно-правових актів, державних санітарних норм і правил, стандартів та інших нормативних документів у сфері питної води та питного водопостачання [2] (більш жорсткі вимоги до питної води, що ви-

значені нормативними документами Європейського Союзу (Директива 90/778/ЕС);

– застосуванням технологій, що не відповідають сучасним умовам та обладнання в системах питного водопостачання та водовідведення міст та інших населених пунктів, що вимагає впровадження новітніх, більш продуктивних та економічних технологій;

– обмеженістю інвестицій та дефіцитом фінансових ресурсів, необхідних для розвитку, утримання в належному технічному стані та експлуатації систем питного водопостачання та водовідведення.

Потенційні запаси поверхневих вод України становлять близько 209,3 куб. кілометра на рік, з яких лише 25 % формуються в межах держави. В той час більшість басейнів річок можна віднести до забруднених та дуже забруднених.

Відсутність в Україні басейнового принципу управління, контролю та відповідальності за стан поверхневих джерел питного водопостачання, призводить до того, що частіше за все основні промислові об'єкти – забруднювачі, які обумовлюють якісний стан поверхневих джерел питної води, розташовані на території інших областей, а виготовлення і споживання питної води з цього джерела відбувається на території іншої. Все це відноситься і до Карачунівського водосховища. Основні річки які його формують протікають по території Кіровоградської області, виготовлення і споживання питної води відбувається в м. Кривий Ріг (Дніпропетровська область). Карачунівське водосховище створене на злитті річок Інгулець, Бічна і Боковенька, які протікають по території Кіровоградської та Дніпропетровської областей, має об'єм понад 300 млн. м³. Виготовлення питної води з цього водосховища та її споживання відбувається в м. Кривий Ріг. Виходячи з високого вмісту, у воді водосховища, солей жорсткості, сульфат іонів та загального солемісту, а також неспроможності існуючої технології підготовки питної води досягти встановлених норм за цими показниками, рішенням Держспоживстандарту України, було надано дозвіл Карачунівському водопровідному комплексу на постачання населенню водопровідної води господарсько-питного призначення з відхиленням від вимог стандарту за цими показниками. Тому вирішення питання щодо виробництва питної води якості якої відповідає діючим нормативним документам, на цьому комплексі є стратегічно важливим завданням, як для керівництва підприємства так і

Підвищення ефективності запобігання надзвичайних ситуацій

техногенного характеру при виробництві питної води з поверхневих джерел

для регіональних органів цивільного захисту, які призначені співвиконавцями Загальнодержавної програми «Питна вода України на 2006 – 2020 роки» [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більшість існуючих станцій підготовки питної води в Україні, в тому числі і Карачунівський водопровідний комплекс, працюють за спрощеною технологією обробки води поверхневого джерела: коагуляція, – відстоювання, – механічне фільтрування, – обеззараження (частіше за все хлорування).

Процес коагуляції з подальшим відстоюванням та фільтрацією призначений не тільки для видалення з води колоїдних часток, що обумовлюють забарвленість та каламутність води, але і для часткового виведення з води солей жорсткості (іонів Ca^{2+} та Mg^{2+}) [3]. Але в умовах Карачунівського водопровідного комплексу при застосуванні сульфату алюмінію у якості коагулянту [4], ефективність видалення солей жорсткості на стадії коагуляції практично дорівнює нулю.

Реагентні методи пом'якшення води, частіше за все, забезпечують видалення з води іонів кальцію і магнію (загальний солеміст) в тверду фазу у вигляді важкорозчинних сполук CaCO_3 і $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Добуток розчинності карбонату кальцію характеризується досить низьким значенням $3,8 \cdot 10^{-9}$ [5], що дозволяє досить ефективно переводити іони кальцію у тверду фазу з наступним видаленням осаду у відстійниках або на механічних фільтрах. Як показали раніше проведені дослідження, застосування карбонату натрію (Na_2CO_3) для обробки води з вмістом іонів кальцію 12 – 14 мг-екв/л. та іонів магнію – 4 – 5 мг-екв/л. дозволяє знизити загальну жорсткість до нормативного рівня $< 7,0$ мг/л. [6].

Слід зазначити, що саме від ефективності стадії коагуляції – видалення з вихідної води колоїдних часток, що обумовлюють її кольоровість та каламутність, і суттєве виведення солей жорсткості з водної фази у тверду фазу (осад), забезпечує ефективність подальших стадій підготовки питної води, а як результат і якість питної води на виході.

Процес утворення часток твердої фази важкорозчинних сполук, як початковий в процесі осадко утворення, найбільш складний з точки зору термодинаміки процесів, що відбуваються на стадії коагуляції. Оперативне управління цим процесом, з урахуванням можливої сезонної зміни іонного складу вихідної води, є ключовим фактором забезпечення якості питної води.

човим для умов підготовки питної води на Карачунівському водопровідному комплексі.

Для оцінки термодинамічної можливості утворення часток твердої фази (нуклеації) розроблені і знаходять практичне застосування різні критерії: карбонатна жорсткість \mathcal{J}_k , недостатня вуглекислота ΔCO_2 , рН насичення pH_s [7], індекс насичення Ланжельє I_s [8], індекс стабільності Різнара I_{st} [9], кристалізаційний напір η [10, 11]. Таке різноманіття критеріїв свідчить про те, що застосування їх на практиці не завжди забезпечує достовірну оцінку осадкоутворення у воді і можливість його кількісного прогнозування.

Постановка завдання та його вирішення. Головним завданням досліджень було вибрати можливі шляхи оперативного управління процесом утворення твердої фази важкорозчинних сполук на стадії коагуляції та шляхи оперативного управління процесом утворення осаду з метою підвищення ефективності запобігання надзвичайних ситуацій техногенного характеру при збільшенні солевмісту у воді поверхневого джерела.

Для вирішення поставленої задачі перш за все треба визначитися щодо основного показника для оцінки термодинамічної можливості утворення часток твердої фази на стадії коагуляції, з урахуванням технологічної можливості його збільшення чи зменшення для забезпечення необхідного управління цим процесом.

Розглянемо процес утворення часток твердої фази, як звичайний процес масопереносу, лімітуючою стадією якого є дифузія речовини з об'єму рідини на зародкову частку твердої фази. Якщо вважати протяжність середовища нескінченною, то можна провести теоретичний аналіз для стаціонарних умов. Нехай r є радіальна відстань від центру сферичної зародкової частки твердої фази радіусом r_0 (рис. 1.), тоді мольний потік речовини, яка кристалізується, що надходить з оболонки радіусом r ($r > r_0$) можна записати співвідношенням

$$j(4\pi r_0^2) = -D(4\pi r^2) \frac{dC}{dr}, \quad (1)$$

де j – мольний потік речовини на частку, яка кристалізується; D – коефіцієнт дифузії; C – концентрація речовини, що кристалізується у розчині.

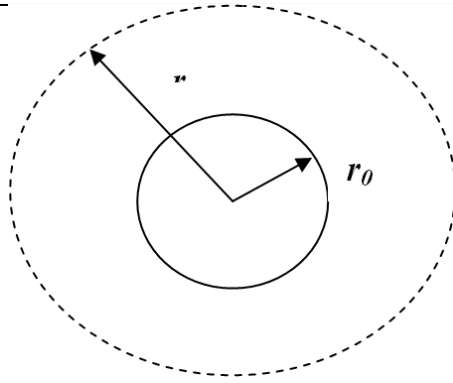


Рис. 1 – Схема утворення часток твердої фази

Проведення інтегрування в границях від $C = 0$ при $r = r_0$ до $C = C_0$ при $r = \infty$

$$\int_{r_0}^{\infty} \frac{j r_0^2}{r^2} dr = \int_0^{C_0} -D dC, \quad (2)$$

де C_0 – стехіометрична концентрація речовини, що кристалізується, у розчині, дає наступний вираз для визначення мольного потоку

$$j = \frac{D}{2r_0} C_0. \quad (3)$$

Розмір рівноважного зародку твердої фази та його залежність від параметрів розчину при ізотермо - ізобаричних умовах визначається з рівняння Оствальда – Фройндліха [12, 13]

$$\left(\ln \frac{C}{C_s} \right)_{T, P^{(\beta)}} = \frac{2\sigma V^{(\alpha)}}{r_0 RT}, \quad (4)$$

де C_s – гранична концентрація розчинності речовини, яка кристалізується; σ - поверхневий натяг речовини, що кристалізується; $V^{(\alpha)}$ – мольний об'єм речовини, що кристалізується у твердій фазі; r_0 – розмір рівноважного зародку твердої фази; $P^{(\beta)}$ – тиск у рідкій фазі; R – універсальна газова стала; T – температура. Тоді

$$r_0 = \frac{2M\sigma}{\rho RT \ln(C/C_s)}, \quad (5)$$

оскільки

$$V^{(\alpha)} = \frac{M}{\rho}, \quad (6)$$

де M – молекулярна маса речовини, що кристалізується; ρ – густина маса речовини, що кристалізується.

Таким чином, мольний потік речовини, яка кристалізується на частку зародку твердої фази визначається як

$$j = \frac{D\rho RT}{4M\sigma} C_0 \ln(C/C_s) = \beta C_0 \ln(C/C_s), \quad (7)$$

β – коефіцієнт масовіддачі.

Аналогічний вираз було отримано для опису процесу утворення накипу карбонату кальцію на тепло передаючих поверхнях обладнання [14].

Виходячи з отриманої залежності, мольний потік речовини, яка кристалізується на частку зародку твердої фази від складу розчину, основним показником, щодо управління процесом утворення осаду доцільно обрати кристалізаційний напір, оскільки саме він міститься під логарифмом. Для врахування можливості утворення карбонату кальцію на стадії коагуляції при нестехіометричному співвідношенні концентрацій іонів кальцію і карбонат іонів, доцільно визначати кристалізаційний напір за наступною формулою

$$\eta = \frac{[Ca^{2+}] f_{Ca^{2+}} [CO_3^{2-}] f_{CO_3^{2-}}}{PP_{CaCO_3}}, \quad (8)$$

де $[Ca^{2+}]$, $[CO_3^{2-}]$ – концентрації відповідних іонів; $f_{Ca^{2+}}$, $f_{CO_3^{2-}}$ – коефіцієнти активності відповідних іонів; PP_{CaCO_3} – добуток розчинності карбонату кальцію.

Проведені лабораторні дослідження впливу складу теплоносія на швидкість утворення твердої фази карбонату кальцію з водних розчинів показали, що швидкість утворення твердої фази пропорційна ступеню пересичення розчину по карбонату кальцію (рис. 2), тобто підкоряється рівнянню (7).

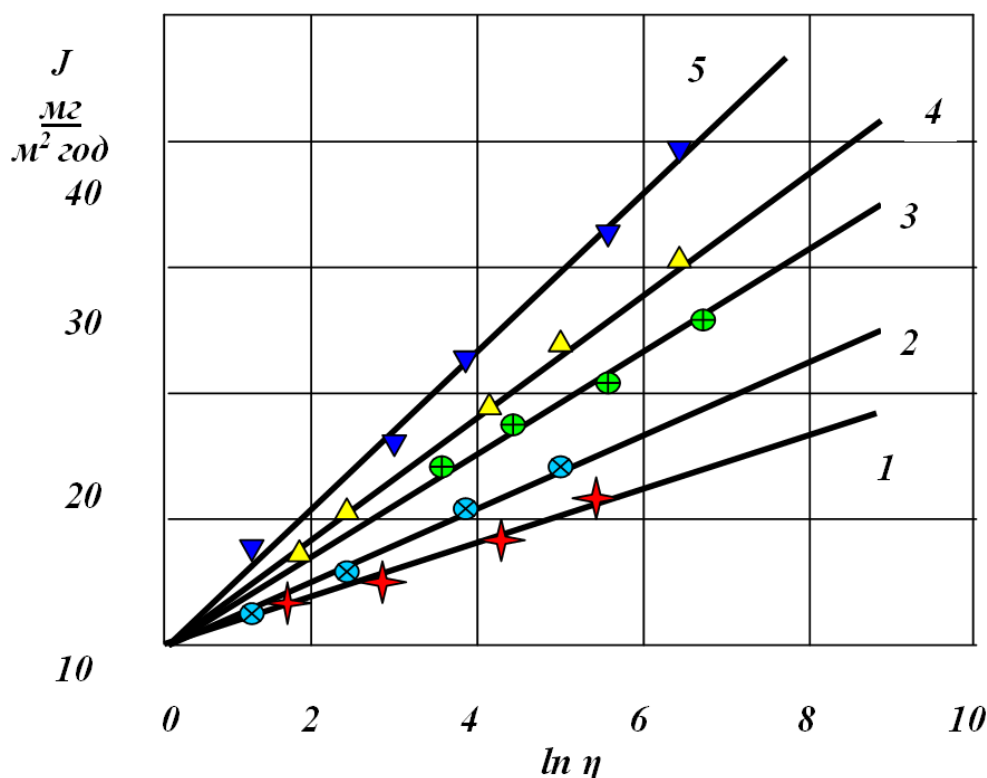


Рис. 2 – Залежність швидкості утворення твердої фази карбонату кальцію від ступеню пересичення розчину при стехіометричній концентрації карбонату кальцію у розчині, г/м³: 1 – 25, 2 – 50, 3 – 75, 4 – 100, 5 – 125

Додатковим підтвердженням вірності запропонованої моделі утворення часток твердої фази карбонату кальцію на стадії коагуляції є лінійний характер залежності $\ln \beta = f(1/T)$, отриманої в наслідок аналізу експериментальних результатів в діапазоні температур 293 – 598 К, що апроксимується рівнянням

$$\ln \beta = 0,8 - \frac{4224,4}{T}, \quad (9)$$

з коефіцієнтом кореляції 0,97 при середньоквадратичному відхиленні середнього 0,47.

Другою складною задачею було визначення кристалізаційного напору у вихідній воді Карачунівського водосховища, з урахуванням складного іонного складу її та визначення дози карбонату натрію, який треба додавати на стадії коагуляції для забезпечення ефективної швидкості утворення часток твердої фази карбонату кальцію.

Для визначення дійсних концентрацій іонів $[Ca^{2+}]$, $[CO_3^{2-}]$ враховувалися можливі процеси утворення іонних асоціатів, для чого була складена система рівнянь, що містила в собі:

– рівняння дисоціації

$$[H^+] \cdot f_{H^+} \cdot [OH^-] \cdot f_{OH^-} = K_W \quad (10)$$

$$[Ca^{2+}] \cdot f_{Ca^{2+}} \cdot [OH^-] \cdot f_{OH^-} = K_1 \cdot [CaOH^+] \cdot f_{CaOH^+} \quad (11)$$

$$[CaOH^+] \cdot f_{CaOH^+} \cdot [OH^-] \cdot f_{OH^-} = K_2 \cdot [Ca(OH)_2^0] \cdot f_{Ca(OH)_2} \quad (12)$$

$$[H^+] \cdot f_{H^+} \cdot [HCO_3^-] \cdot f_{HCO_3^-} = K_3 \cdot [CO_2^0] \cdot f_{CO_2} \quad (13)$$

$$[H^+] \cdot f_{H^+} \cdot [CO_3^{2-}] \cdot f_{CO_3^{2-}} = K_4 \cdot [HCO_3^-] \cdot f_{HCO_3^-} \quad (14)$$

$$[Ca^{2+}] \cdot f_{Ca^{2+}} \cdot [HCO_3^-] \cdot f_{HCO_3^-} = K_5 \cdot [CaHCO_3^+] \cdot f_{CaHCO_3^+} \quad (15)$$

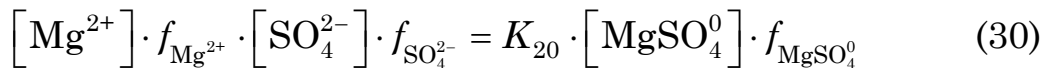
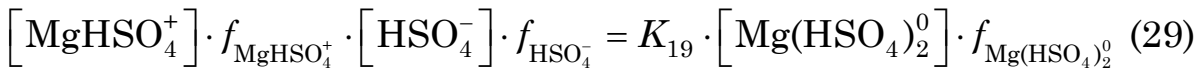
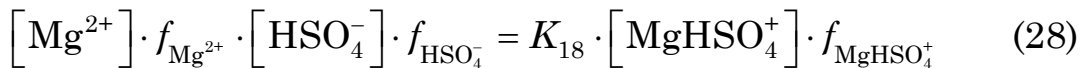
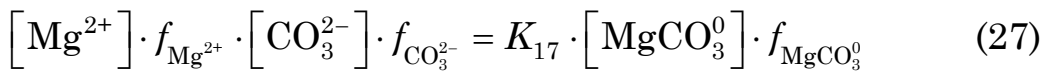
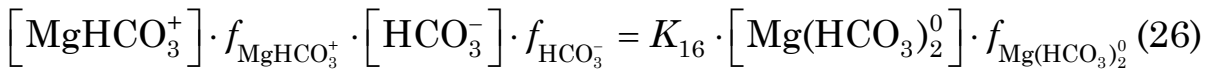
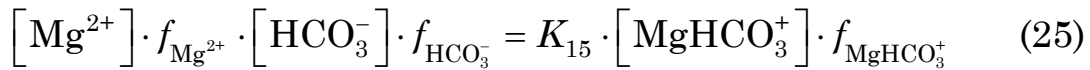
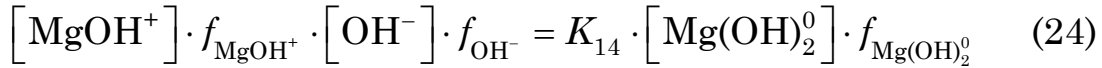
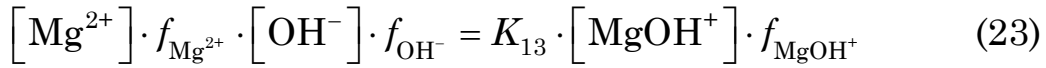
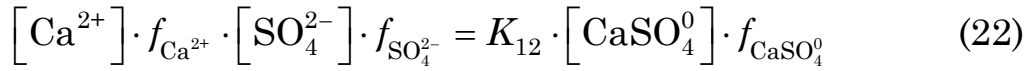
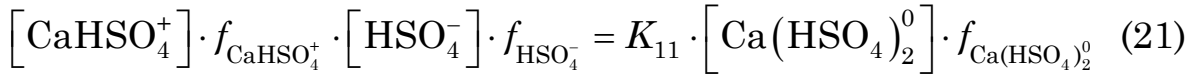
$$[CaHCO_3^+] \cdot f_{CaHCO_3^+} \cdot [HCO_3^-] \cdot f_{HCO_3^-} = K_6 \cdot [Ca(HCO_3)_2^0] \cdot f_{Ca(HCO_3)_2^0} \quad (16)$$

$$[Ca^{2+}] \cdot f_{Ca^{2+}} \cdot [CO_3^{2-}] \cdot f_{CO_3^{2-}} = K_7 \cdot [CaCO_3^0] \cdot f_{CaCO_3^0} \quad (17)$$

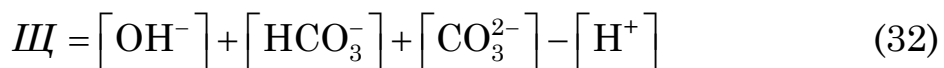
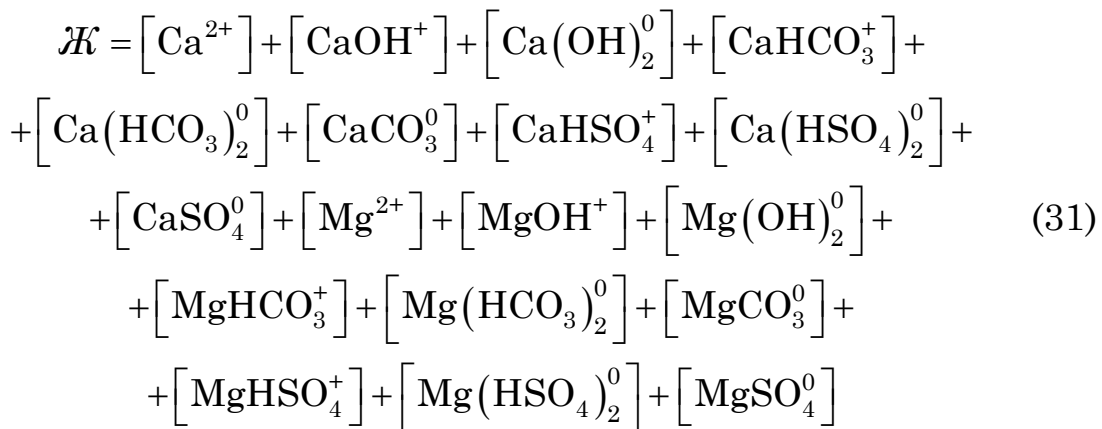
$$[H^+] \cdot f_{H^+} \cdot [SO_4^{2-}] \cdot f_{SO_4^{2-}} = K_8 \cdot [HSO_4^-] \cdot f_{HSO_4^-} \quad (18)$$

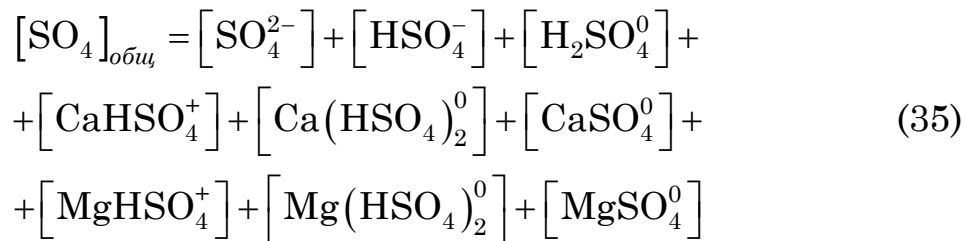
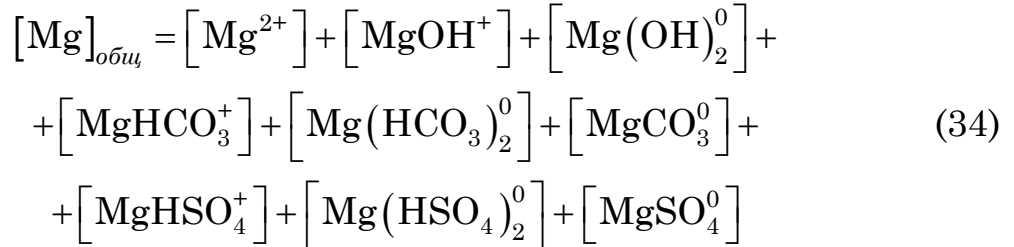
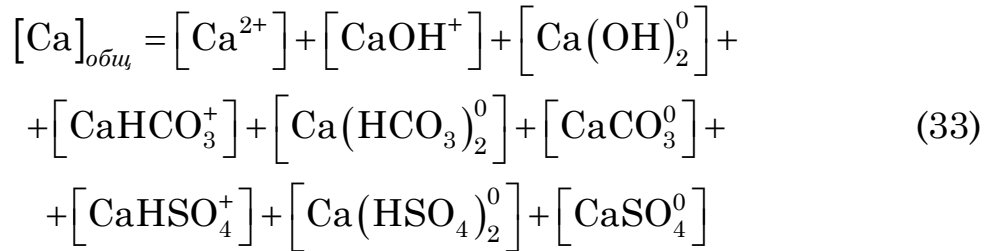
$$[H^+] \cdot f_{H^+} \cdot [HSO_4^-] \cdot f_{HSO_4^-} = K_9 \cdot [H_2SO_4^0] \cdot f_{H_2SO_4^0} \quad (19)$$

$$[Ca^{2+}] \cdot f_{Ca^{2+}} \cdot [HSO_4^-] \cdot f_{HSO_4^-} = K_{10} \cdot [CaHSO_4^+] \cdot f_{CaHSO_4^+} \quad (20)$$

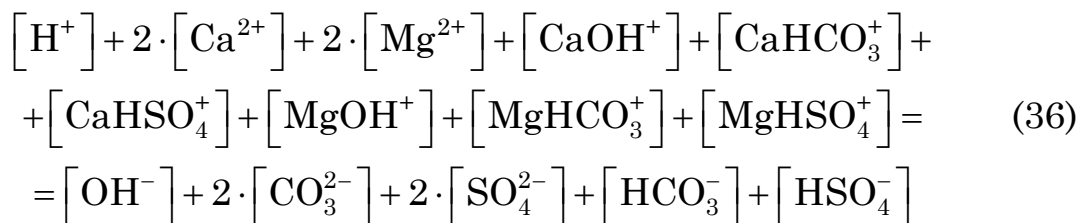


– матеріального балансу





– рівняння електронейтральності



Коефіцієнти активності іонів у розчині розраховувалися за розширеним рівнянням Дебая-Хюккеля [13] з урахуванням їх сумісного перебування у розчині [14], а для нейтральних іонних асоціатів за формулою [15]

$$\lg f_0 = -\frac{S^* \sqrt{I}}{1 + B^* r_i \sqrt{I}}, \tag{37}$$

де f_0 – коефіцієнт активності іонного асоціату; S^* , B^* – сталі, що характеризують розчинник; r_i – радіус іонного асоціату; I – іона сила розчину.

Термодинамічні константи рівноваги, які входять до рівнянь (2.3 – 2.29) для стандартних умов ($T = 298 \text{ K}$, $P = 0,1013 \text{ МПа}$) розраховувалися за формулою [8]

$$K_i = \exp \left[-\frac{\Delta_r G_i(T)}{RT} \right]. \quad (38)$$

Зміни ізобарно-ізотермічного потенціалу $\Delta_r G_i(T)$ для реакцій, що розглядаються, визначалися за допомогою рівняння

$$\Delta_r G_i(T) = \sum_j \nu_j \Delta_f G_j^0(T)_{\text{прод}} - \sum_i \nu_i \Delta_f G_i^0(T)_{\text{вих}}. \quad (39)$$

Розв'язання систем рівнянь (10 – 36) відбувалось методом ітерацій, для чого була розроблена програма “Kr-Karach” для персональної електронно-обчислювальної машини. Програма дозволяє визначити кристалізаційний напір у вихідній воді на основі даних її хімічного аналізу, розрахувати необхідну дозу карбонату натрію для ефективного утворення осаду карбонату кальцію на стадії коагуляції.

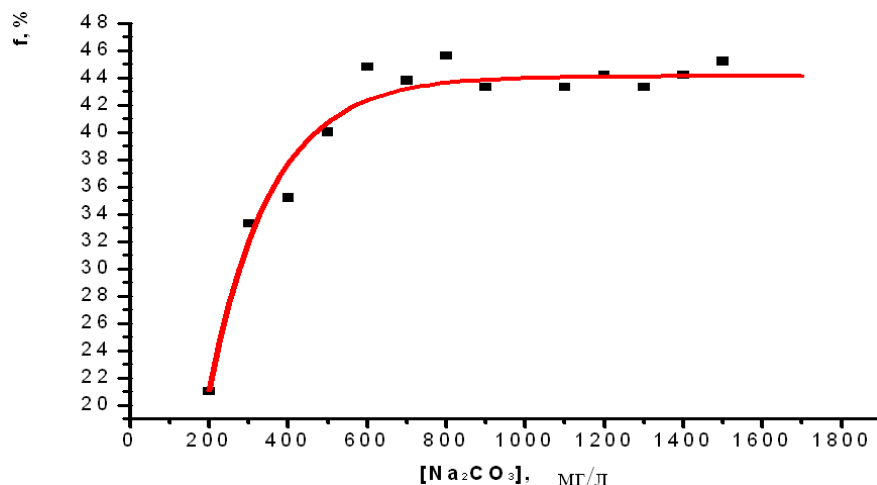


Рис. 3 – Залежність ефективності виведення солей жорсткості з вихідної води Карачунівського водосховища від концентрації карбонату кальцію за дві години обробки

Проведені експериментальні дослідження на реальній воді Карачунівського водосховища дозволили визначити, що при введенні у вихідну воду на стадії коагуляції карбонату кальцію у концентрації розрахованій кількості – 600 мг/л і більше, досягається

Третяков О.В., Пономаренко Р.В.

максимальна стабільна ефективність виведення іонів кальцію у тверду фазу на рівні 45% (рис. 3.), і загальний вміст солей жорсткості досягає нормативного рівню $< 7,0$ мг/л.

Цей факт є підтвердженням запропонованої термодинамічної моделі, для реальних умов процесу підготовки питної води, а також дає можливість стверджувати про можливість оперативного управління процесом утворення осаду важкорозчинних сполук шляхом корегування швидкості утворення твердої фази на стадії коагуляції при введення у вихідну воду карбонату кальцію у необхідних для досягнення максимальної ефективності концентраціях.

Висновок. Побудована модель процесу утворення твердої фази на стадії коагуляції при виробництві питної води з поверхневого джерела водопостачання. Обґрунтована можливість оперативного управління процесом утворення осаду важкорозчинних сполук шляхом корегування швидкості утворення твердої фази на стадії коагуляції, з метою забезпечення подальшої ефективності стадій підготовки питної води та підвищення ефективності запобігання надзвичайних ситуацій техногенного характеру, пов'язаних зі збільшенням вмісту домішок у воді поверхневого джерела.

ЛІТЕРАТУРА

1. Загальнодержавна програма «Питна вода України на 2006-2020 роки» / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К.: Парлам. вид-во, 2005 с. 243-255. – (Бібліотека офіційних видань).
2. Державні санітарні правила і норми “Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання”. – Офіц. вид. – К.: М-во охорони здоров'я України, 1996. - постанова № 383 (Нормативний документ).
3. Белан Ф.И. Водоподготовка / Федор Иванович Белан. – М.: Энергия, 1980. – 256 с.
4. Технологічний регламент Карачунівського водопровідного комплексу. - Кривий Ріг: ДПП «Кривбасводопостачання» 2007, 100 с.
5. Лапотышкина Н.П., Сазонов Р.П. Водоподготовка и водно-химический режим тепловых сетей / Лапотышкина Н.П., Сазонов Р.П. - М.: Энергоиздат, 1982. – 200 с.
6. О. В. Третьяков. Розробка технології виробництва питної води високої якості для Карачунівського водопровідного комплексу.

- / О. В. Третьяков. – Харків: УЦЗУ, 2009. – 80 с. (звіт з НДР, Держ. реєстр. 0109U003067).
7. Маргулова Т.Х., Мартынова О.И. Водные режимы тепловых и атомных электростанций / Маргулова Т.Х., Мартынова О.И. - М.: Высшая школа, 1987. – 319 с.
 8. Langelier W.F. The analytical control of anti-corrosion water treatment / Langelier W.F. - JAWWA, 1936, v. 28, N 10, p. 548 – 572.
 9. Ryznar J.W. A new index for determining of amount of calcium carbonate scale formed by a water / Ryznar J.W. - JAWWA, 1944, v. 34, p. 276 – 281.
 10. Боднарь Ю.Ф. Выбор критерия для оценки накипеобразующих свойств охлаждающей воды / Юрий Федорович Боднарь. - М: Теплоэнергетика №7, 1979, с. 65 – 68.
 11. Русанов А.И. Фазовые равновесия и поверхностные явления / Анатолий Иванович Русанов.- Л.: Химия, 1967. – 388 с.
 12. Третьяков О.В. Підвищення безпеки експлуатації теплообмінного обладнання енергетичних установок / Олег Вальтерович Третьяков. – Харків: УЦЗУ, 2007. – С. 133-141 (зб. наук пр. Проблеми надзвичайних ситуацій).
 13. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Основы теоретической электрохимии / Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. - М.: Химия, 1984. – 239 с.
 14. Шепотько А.О. Вычисление коэффициентов активности в мультисистемах / Шепотько А.О. - Новосибирск: Наука, 1984. - С. 71 – 74 (сб.: Математические вопросы химической термодинамики).
 15. Marshall W.L., Slusher R., Jones E.U. Aqueous system at high temperature / Marshall W.L., Slusher R., Jones E.U. - J. Chem. Data., 1964, v. 19, N 2, p. 187 – 191.

Третьяков О.В., Пономаренко Р.В.

Повышение эффективности предотвращения чрезвычайных ситуаций техногенного характера при производстве питьевой воды с поверхностных источников

Обоснованы эффективные пути оперативного управления процессом образования осадка труднорастворимых соединений на стадии коагуляции и пути оперативного управления водно-химическим режимом процесса осадкообразования, с целью обеспечения производства питьевой воды, состав которой отвечает нормативным требованиям и предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера

Ключевые слова: осадок, коагуляция, водно-химический режим, производство питьевой воды

Tretiakov O.V., Ponomarenko R.V.

Improving the efficiency of prevention nature of emergencies in the manufacture of drinking water from surface spring

Substantiate the effective ways of operating the process of sediment compounds at the stage of coagulation and ways of operating water chemistry process of draft movements, to ensure the production of drinking water, composition of which complies with regulatory requirements and prevent emergency man-made disasters.

Key words: compounds, coagulation, water chemistry process, production of drinking water

УДК 699.85

*Халыпа В.М., канд. тех. наук, доц., НУГЗУ,
Фесенко Г.В., канд. тех. наук, доц., НУГЗУ,
Метелев В.А., студент, НТУ «ХПИ»*

**РАСЧЁТНАЯ МОДЕЛЬ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОДПОРНЫХ СТЕНОК ОТДЕЛЬНО
РАСПОЛОЖЕННЫХ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ
ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ**

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

Предложена расчётная модель исследования малых деформаций подпорной стенки защитного сооружения гражданской обороны в виде стержня с круговой осью в плоскости кривизны от действия гидростатического давления

Ключевые слова: гидростатическое давление, радиальные перемещения, изгибающий момент, малые деформации, уравнение Буссинэ, защитные сооружения, чрезвычайные ситуации

Постановка проблемы. При строительстве отдельно расположенных защитных сооружений гражданской обороны [1,2] в местах наиболее вероятного возникновения чрезвычайных ситуаций классов 11100 (гидродинамические аварии) и 20400 (гидрологические пресноводные чрезвычайные ситуации) [3] особое внимание уделяется конструкциям подпорных стенок и гидравлических затворов – устройств, препятствующих проникновению воды, из одного пространства в другое. В связи с этим расчёт их напря-

жённо-деформированного состояния под действием гидростатического давления имеет важное практическое значение.

Анализ последних исследований и публикаций. Методы расчёта на прочность подпорных стенок и гидравлических затворов изложены во многих работах. В справочнике [4] приведены выражения для изгибающих моментов в произвольном сечении круговых колец под действием различных внешних сосредоточенных и распределённых нагрузок, кроме гидростатического давления. В работе [5] рассматриваемая задача решена приближённо с помощью тригонометрических рядов, аппроксимирующих функцию радиальных и тангенциальных перемещений упругой линии замкнутого кругового кольца.

Постановка задачи и её решение. В предлагаемой работе расчётная модель для исследования малых деформаций изгиба подпорной стенки защитного сооружения гражданской обороны представляет стержень малой кривизны с круговой осью в плоскости стержня (рис. 1), ширина которого в направлении перпендикулярном плоскости рисунка равна единице.

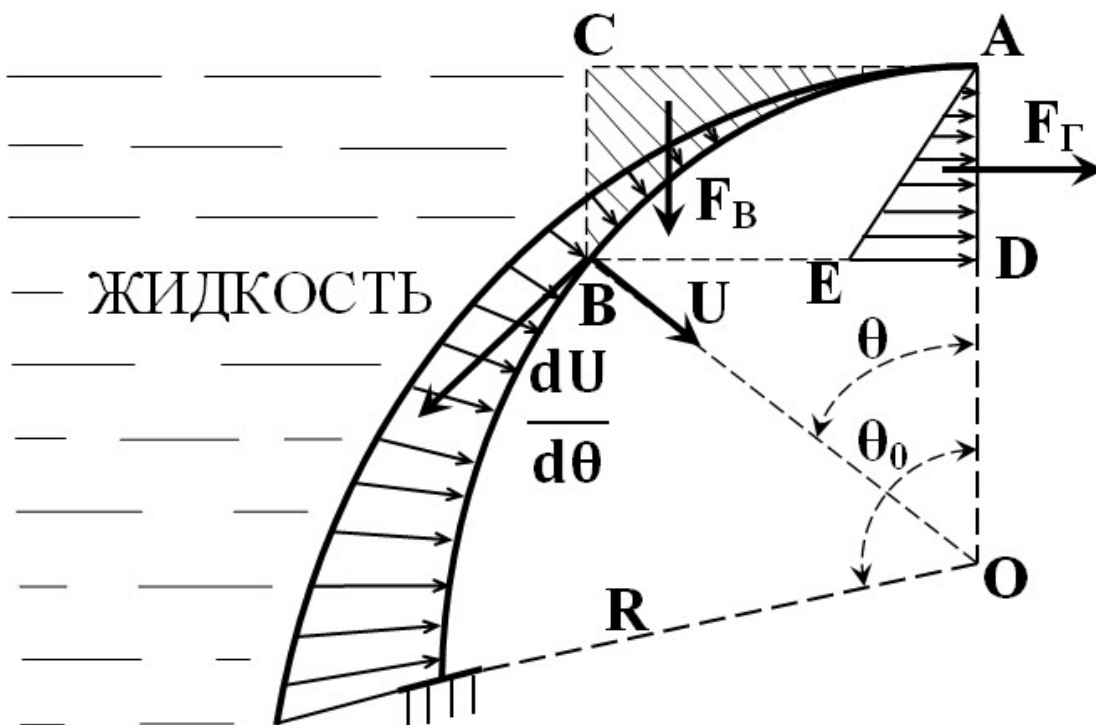


Рис. 1 – Эпюра гидростатического давления и расчётная модель подпорной стенки

Деформация изгиба такого стержня описывается дифференциальным уравнением Буссинэ [5], относительно неизвестной функции $U_{(\theta)}$ - радиальных перемещений упругой линии

$$\frac{d^2U}{d\theta^2} + U = M \frac{R^2}{EI}, \quad (1)$$

где M – изгибающий момент в произвольном сечении от действия гидростатического давления, эпюра которого изображена на рис. 1; R – радиус стержня; EI – его изгибная жёсткость.

Общий интеграл этого уравнения записывается так

$$U = \left(C_1 + \int \frac{MR^2}{EI} \cos \theta d\theta \right) \sin \theta + \left(C_2 - \int \frac{MR^2}{EI} \sin \theta d\theta \right) \cos \theta. \quad (2)$$

Произвольные постоянные C_1 и C_2 общего интеграла находятся в случае статически определимой конструкции из граничных условий для каждого конкретного типа закрепления концов стержня.

Разложим силу гидростатического давления, которое действует на поверхность цилиндра с центральным углом θ на F_Γ – горизонтальную и F_B – вертикальную составляющие, определяемые формулами

$$F_\Gamma = \frac{1}{2} \gamma_B R^2 (1 - \cos \theta)^2, \quad (3)$$

$$F_B = \gamma_B R^2 \left[\sin \theta (1 - \cos \theta) - \frac{1}{2} (\theta - \sin \theta \cos \theta) \right], \quad (4)$$

где γ_B - удельный вес воды.

Обозначим через M_θ^G и M_θ^B - моменты этих составляющих относительно точки «В», тогда их алгебраическая сумма представит собой выражение для изгибающего момента в произвольном сечении стержня.

$$M_{\theta} = M_{\theta}^{\Gamma} + M_{\theta}^B = \gamma_B R^3 \left[\frac{1}{6} (1 - \cos \theta)^3 + \frac{1}{2} \left(\sin^2 \theta - \theta \sin \theta - \frac{1}{3} \sin^2 \theta \cos \theta \right) + \frac{2}{3} \sin^2 \frac{\theta}{2} \right] \quad (5)$$

На рис. 2 приведенны эпюры изгибающих моментов M_{θ}^{Γ} , M_{θ}^B и M – изгибающего момента силы гидростатического давления.

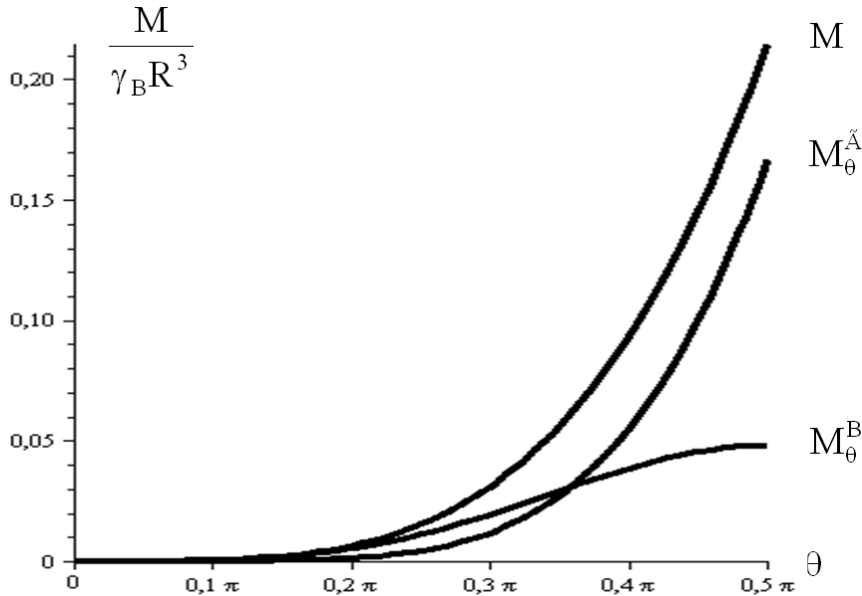


Рис. 2 – Эпюры изгибающих моментов M_{θ}^B , M_{θ}^{Γ} и M

Наибольшего значения момент M достигает при $\theta = \frac{\pi}{2}$ и равен $M_{\max} = 0,215$. Соответствующие этому моменту максимальные напряжения изгиба, растягивающие на внешней и сжимающие на внутренней поверхности подпорной стенки, определяются по формуле

$$\sigma_{\max} = \frac{6M_{\max}}{h^2}, \quad (6)$$

где h – толщина подпорной стенки.

После подстановки (5) в (2) и выполнения довольно громоздкой процедуры интегрирования получаем общий интеграл урав-

нения Буссинэ, который содержит только две неизвестные постоянные C_1 и C_2 .

Для стержня (рис. 1) с закреплённым нижним и свободным верхним концом постоянные C_1 и C_2 определяются из граничных условий: при $\theta = \theta_0 = \frac{\pi}{2}$, $U = 0$ и $\frac{dU}{d\theta} = 0$, принимая следующие конкретные значения

$$C_1 = -\frac{R^5}{EI} \gamma_B \left(1 - \frac{5\pi}{16} \right), \quad (7)$$

$$C_2 = -\frac{1}{16} \frac{R^5}{EI} \gamma_B \left(\frac{\pi^2}{2} + 1 \right), \quad (8)$$

Наибольшее радиальное перемещение испытывает верхний конец опорной стенки $U = 0,0666 \frac{\gamma_B R^5}{EI}$.

В случае статически неопределимых задач общий интеграл даст возможность найти также лишние неизвестные, являющиеся результатами лишних закреплений стержня.

Выводы. Предложена методика расчёта напряжённо-деформированного состояния опорных стенок и гидравлических затворов в виде тонких цилиндрических поверхностей с круговой осью под действием гидростатического давления, которая может быть использована при создании надёжных конструкций опорных стенок и гидравлических затворов отдельно расположенных защитных сооружений гражданской обороны в зонах наиболее вероятных катастрофических затоплений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Державні будівельні норми. Будинки і споруди. Захисні споруди цивільної оборони (ДБН В 2.2.5-97). – Офіц. вид. – К. : Держкоммістобудування України, 1998. – 112 с.
2. Про затвердження Інструкції щодо утримання захисних споруд цивільної оборони у мирний час: за станом на 9 жовт. 2006 р / Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської ката-

- строфи. – Офіц. вид. - К. : Офіційний Вісник України, 2006. – 24 с.
3. Державний класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 019-2001. – [Чинний від 2001-10-19]. – К. : Держстандарт України, 2002. – 19 с.
 4. Волосухин В. А. Расчет и проектирование подпорных стен гидротехнических сооружений / Волосухин В. А., Дыба В. П., Евтушенко С. И. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 96 с.
 5. Тимошенко С. П. Курс теории упругости / Степан Прокофьевич Тимошенко. – К. : Наукова думка, 1972. – 501 с.

Халипа В.М., Фесенко Г.В., Метельов В.О.

Розрахункова модель деформованого стану циліндричних підпірних стінок окремо розташованих захисних споруд цивільної оборони

Запропоновано розрахункову модель дослідження малих деформацій підпірної стінки захисної споруди цивільної оборони у вигляді стрижня з круговою віссю у площині кривизни від дії гідростатичного тиску

Ключові слова: гідростатичний тиск, радіальні переміщення, згинальний момент, малі деформації, рівняння Бусіне, захисні споруди, надзвичайні ситуації

Chalyra V.M., Fesenko G.V., Mielielov V.O.

Calculation model of the deformed state of cylindrical retaining walls of separately located protective structures of civil defense

The calculation model of small deformations research of a retaining wall of protective structure civil defense is offered as a bar with a circular axis in plane curvature from the action of hydrostatical pressure

Key words: hydrostatic pressure, radial displacement, bending moment, small deformation, the equation Bussine, protective structures, emergency situations

*Швец С.В., канд. техн. наук, доц., НУГЗУ,
Миргород О.В., канд. техн. наук, ст. преп., НУГЗУ,
Рудаков С.В., канд. техн. наук, доц., НУГЗУ*

УТОЧНЕННЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ СИНТЕЗА СИСТЕМЫ "СЛУЖБА 112"

(представлено д-ром техн. наук Лариным А.Н.)

Предлагается использовать уточненный показатель синтеза структуры подсистем диспетчерской службы, в котором учитывается влияние стратегии периодического обслуживания

Ключевые слова: уточненный показатель синтеза, абсолютный эффект, стратегия обслуживания

Постановка проблемы. В соответствии с Законом Украины "Про правові засади цивільного захисту" и Общегосударственной программой развития гражданской защиты на 2009-2013 гг. предусмотрено создание и эффективное функционирование единой государственной системы гражданской защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера. В рамках этой государственной программы запланировано развитие и усовершенствование единой государственной диспетчерской службы экстренной помощи населению "112" ("Служба 112"). Значимость использования в Украине единой государственной диспетчерской службы неоспорима, поскольку она является основой всей службы общественной безопасности.

Главная цель проекта – объединение диспетчерских пунктов, которые расположены по гарнизонам, в единой системе по единому телефонному номеру, а также минимизация времени для оказания эффективной и скоординированной помощи населению. Однако такой подход не решает главной задачи "Службы 112" – создание действительно эффективной системы экстренной помощи в пределах ограниченного бюджетного финансирования. Разработка системы должна учитывать опыт функционирования аналогичных служб в развитых государствах мира. Однако, подобного иностранным образцам, целостного программного обеспечения и готовых технических решений на рынке Украины не существует. Дополнительные трудности накладывает необходимость решения

комплекса взаимосвязанных проблем технического и информационного характера [1].

Анализ последних исследований и публикаций. В основу построения существующих систем для решения задач оказания помощи населению в чрезвычайных ситуациях положены следующие принципы: высокая скорость реагирования; комплексный характер помощи; эффективность оказания помощи [2,3]. Основным противоречием при создании подобных систем является объединение отдельных субъектов управления в единую систему при наличии у них различных объектов управления: аварийно-спасательные подразделения и муниципальные службы, что само по себе является неверным [4-6].

Такие системы сформированы путем слияния компонентов, разрабатываемых отдельно, что не позволяет использовать основное преимущество системного подхода: представить объект как комплекс взаимосвязанных подсистем, объединенных общей целью, раскрыть его интегративные свойства, внутренние и внешние связи [7].

При синтезе технических систем любая процедура проектирования систем должна содержать следующие модули: модуль генерации целей, аналитический модуль, формирование системы объекта, модуль синтеза, модуль оценки полученных решений. Эта совокупность модулей является инвариантной относительно системных уровней (в технических системах это уровень функциональной структуры, принципа действия, технического и параметрического решения). Такое построение эвристического алгоритма синтеза системы отвечает фрактальному принципу синтеза систем, обеспечивающего компактность и унификацию процедур на всех системных уровнях [2,7].

Постановка задачи и ее решение. Современные тенденции развития информационных систем требуют применения системного подхода к задаче синтеза системы "Служба 112", а сведение исходной векторной задачи к классу задач линейного программирования позволит найти семейство допустимых решений из области конкурентно способных вариантов.

Рассматриваемый в [1] подход к синтезу рациональной структуры системы "Служба 112" на основе обобщенного показателя эффективности построен на определении разности абсолютных эффектов предлагаемого варианта структуры системы "Служба

112" и базового. Выражение для абсолютного эффекта синтезируемой структуры "Службы 112" будет иметь вид

$$E\Phi_n(x) = \left(\sum_{i=1}^n P_i P_{ci} P_{nni} k_{zi} (PP_{\phi i} - Z_i) \times \prod_{j=1}^k \exp(-\{\lambda_{yij} + \lambda_{cij}\} t_{pij}) \right) - Z_{don}, \quad (1)$$

где P_i – априорная вероятность требования на выполнение соответствующей подсистемой i -той задачи; P_{ci} – вероятность того, что не будет срыва выполнения i -той задачи из-за отсутствия работоспособной подсистемы; P_{nni} – вероятность того, что не будет срыва выполнения i -той задачи из-за настройки i -той подсистемы неисправным средством; k_{zi} – коэффициент готовности i -той подсистемы; $PP_{\phi i}$ – стоимостное выражение фактического полезного результата при выполнении i -той задачи; Z_i – затраты, связанные с реализацией выбранного варианта подсистемы технического обслуживания для i -той подсистемы и измерением параметров этой подсистемы в процессе эксплуатации; $\lambda_{yij}, \lambda_{cij}$ – интенсивности явного и скрытого отказов j -того компонента i -той подсистемы; t_{pij} – время, за которое рассматриваются явный и скрытый отказы; Z_{don} – затраты, связанные с функционированием системы "Служба 112".

Используя понятие стратегии периодического обслуживания системы "Служба 112" выражения для $PP_{\phi i}$ и Z_i будут иметь вид

$$\begin{aligned} PP_{\phi i} &= PP_{\phi i} + PP_{ci}; \\ Z_i &= Z_{\phi i} + Z_{ci}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $PP_{\phi i}$ и $Z_{\phi i}$ – стоимостное выражение фактического полезного результата и затрат, зависящих от решения i -той задачи соответствующей подсистемой; PP_{ci} и Z_{ci} – стоимостное выражение фактического полезного результата и затрат, обусловленных использованием стратегии периодического обслуживания.

В общем случае для установившегося режима эксплуатации системы "Служба 112"

$$PP_{\phi i} = \sum_{j=1}^m P_{ij} \sum_{k=1}^m P_{ijk} PP_{ijk};$$

$$Z_{\alpha i} = \sum_{j=1}^m P_{ij} \sum_{k=1}^m P_{ijk} Z_{ijk}, \quad (3)$$

где P_{ij} – вероятность нахождения i -той подсистемы в каждом из j -состояний в процессе эксплуатации; PP_{ijk}, Z_{ijk} – стоимостное выражение фактического полезного результата и затрат, получаемых от применения по назначению i -той подсистемы при переходе из состояния j в состояние k ; P_{ijk} – вероятность перехода i -той подсистемы из состояния j в состояние k в процессе решения текущей задачи.

Значения PP_{ijk} и Z_{ijk} будут определяться матрицами значений дискретной случайной величины в установившемся режиме эксплуатации системы "Служба 112"

$$[PP_{ijk}] = \begin{bmatrix} PP_{i11} & PP_{i12} & \dots & PP_{i1k} \\ PP_{i21} & PP_{i22} & \dots & PP_{i2k} \\ & \dots & \dots & \dots \\ PP_{ik1} & PP_{ik2} & \dots & PP_{ikk} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$$[Z_{ijk}] = \begin{bmatrix} Z_{i11} & Z_{i12} & \dots & Z_{i1k} \\ Z_{i21} & Z_{i22} & \dots & Z_{i2k} \\ & \dots & \dots & \dots \\ Z_{ik1} & Z_{ik2} & \dots & Z_{ikk} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Значения PP_{ci} и Z_{ci} описываются выражениями

$$PP_{ci} = \sum_{j=1}^Z P_{ij} (PP_{cnij}(t_{zij})) P_{ij}(t_{zij}) PP_{cnbij}(t_{zij}); \quad (6)$$

$$Z_{ci} = \sum_{j=1}^Z P_{ij} (Z_{cnij}(t_{zij})) P_{ij}(t_{zij}) Z_{cnbij}(t_{zij}), \quad (7)$$

где $PP_{cnij}(t_{zij}), Z_{cnij}(t_{zij})$ – составляющие фактического полезного результата и затрат j -той компоненты i -той подсистемы для t_{zij} -

того времени обслуживания; $PP_{cn\bar{b}ij}(t_{zij})$, $Z_{cn\bar{b}ij}(t_{zij})$ – безусловная составляющая фактического полезного результата и затрат j -той компоненты i -той подсистемы для t_{zij} -того времени обслуживания.

Значения $PP_{cnij}(t_{zij})$ и $Z_{cnij}(t_{zij})$ описываются матрицами, аналогично выражениям (4) и (5). Значения этих матриц выбирают для соответствующего времени t_{zij} .

В процессе эксплуатации системы "Служба 112" возникают ситуации, когда j -тая компонента i -той подсистемы может находиться на обслуживании, не учитывая характер стратегии обслуживания, а зависят от надежности используемых средств, что обуславливает наличие составляющих $PP_{cn\bar{b}ij}(t_{zij})$ и $Z_{cn\bar{b}ij}(t_{zij})$. Эти составляющие также описываются матрицами типа (4) и (5).

Учитывая выражения (2), (3) и (6), (7), приняв во внимание, что составляющие PP_{ijk} , Z_{ijk} , $PP_{cnij}(t_{zij})$, $Z_{cnij}(t_{zij})$ описываются выражениями типа (4), (5), получим

$$\begin{aligned} \mathcal{E}\Phi_n = & \sum_{i=1}^n P_i k_{zi} \prod_{j=1}^N \left(1 - (\beta_{ij} + (1 - \beta_{ij}) P_{1ij}) \right) \times \left(\frac{1 - P_{2ij}}{P_{1ij} [P_{1ij} + P_{2ij}]} \right) \times \\ & \times \left(\sum_{j=1}^L P_{ij} \sum_{k=1}^M P_{ijk} (PP_{ijk} - Z_{ijk}) + \right. \\ & \left. + \sum_{j=1}^Z \left(P_{ij} (PP_{cnij}(t_{zij})) P_{ij}(t_{zij}) PP_{cn\bar{b}ij}(t_{zij}) - \right. \right. \\ & \left. \left. - P_{ij} (Z_{cnij}(t_{zij})) P_{ij}(t_{zij}) Z_{cn\bar{b}ij}(t_{zij}) \right) \right) \times \\ & \times \prod_{j=1}^V \exp(-(\lambda_{zij} + \lambda_{cij}) t_{zij}) - \\ & - \left(P_u (Z_u + (K_p + E) K + Z_{зпк}) \right), \end{aligned} \quad (8)$$

где β_{ij} – вероятность скрытого отказа j -той компоненты i -той подсистемы; P_{1ij} – вероятность нахождения j -той компоненты i -той подсистемы в исправном и работоспособном состоянии; P_{2ij} – вероятность нахождения j -той компоненты i -той подсистемы в состоянии применения со скрытым отказом; P_u – вероятность принятия

на эксплуатацию системы "Служба 112"; Z_u – текущие годовые издержки на эксплуатацию системы "Служба 112"; K_p – норма реновации (обновления) компонент системы "Служба 112"; K – нормативный коэффициент экономической эффективности; E – единовременные затраты при вводе в эксплуатацию системы "Служба 112"; $P_{ij}(t_{zij})$ – вероятность обслуживания i -той подсистемы продолжительностью t_{zij} по причине ложного и скрытого отказов; $Z_{зпк}$ – фонд заработной платы обслуживающего персонала.

Исходя из анализа приведенных соотношений, получены следующие результаты:

1. Наличие безусловной составляющей фактического полезного результата для стратегии периодического обслуживания i -той подсистемы обуславливает не минимальное значение составляющей фактического полезного результата при минимальном значении ожидаемого времени задержки. Стоимостное выражение фактического полезного результата и затрат, получаемых от применения по назначению i -той подсистемы, определяется матрицей значений.

2. Структура затрат формируется в установившемся режиме эксплуатации системы. Стоимостное выражение затрат на обслуживание является дискретной случайной величиной, зависящей от времени t_{zij} .

3. В структуру абсолютного эффекта вовлечены необходимые начальные затраты, обусловленные эксплуатационными издержками. Они имеют вероятностную зависимость от принятия решения на ввод в эксплуатацию конкретного варианта структуры системы "Служба 112".

4. Наличие безусловных составляющих фактического полезного результата и затрат зависят от надежности используемых средств и не учитывают характер стратегии обслуживания.

Выводы.

Уточнение показателя эффективности синтеза подсистем системы "Служба 112", учитывающего периодичность обслуживания системы при наличии ложных и истинных отказов, конкретизирует алгоритм отсева конкурентоспособных вариантов с целью определения множества допустимых структур, отвечающих требованиям целевой функции синтеза [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Швець С.В. Обобщенный показатель эффективности синтеза структуры единой государственной диспетчерской службы экстренной помощи населению "112"/ С.В. Швець, О.В. Миргород // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2009. – № 9. – С. 164-169.
2. Попов А.П., Каменев С.П. Все уровни оповещения / А.П. Попов, С.П. Каменев // Противопожарные и аварийно-спасательные средства. – 2004. – №1. – С.36-44.
3. Кудинов А.В. Геоинформационные технологии в управлении пространственными инженерными сетями / А.В. Кудинов, Н.Г. Марков. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 176 с.
4. Бутенко Д.В. Системологическое представление технической системы / Д.В. Бутенко // Концептуальное проектирование в образовании, технике и технологии. – Волгоград, 1997. – С. 69-75.
5. Теслинов А.Г. Развитие систем управления: методология и концептуальные структуры / А.Г. Теслинов. – М.: Глобус, 1998. – 229 с.
6. Петров Э.Г., Пискалова В.П., Бескорвайный В.В. Территориально распределенные системы обслуживания / Э.Г. Петров, В.П. Пискалова, В.В. Бескорвайный. – К.: Техніка, 1992. – 208 с.
7. Тупкало В.Н. Процессный подход к управлению: от деклараций стандарта ISO 9001:2000 к методологическим основам теории процессного управления / В.Н. Тупкало, С.В. Тупкало // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2007. – № 4. – С.114 - 118.

Швець С.В., Миргород О.В., Рудаков С.В.

Уточнений показник синтезу системи "Служба 112"

Пропонується використовувати уточнений показник синтезу структури підсистем диспетчерської служби, у якому враховується вплив стратегії періодичного обслуговування

Ключові слова: уточнений показник синтезу, абсолютний ефект, стратегія обслуговування

Shvets S.V., Mirgorod O.V., Rudakov S.V.

Specified index of synthesis of system "Service 112"

It is suggested to use the specified index of synthesis of structure of sub-systems of controller's service, influencing of strategy of periodic service is taken into account in which

Key words: specified index of synthesis, absolute effect, strategy of service

Уточненный показатель синтеза системы "Служба 112"

УДК 614.84

*Шило С.Г., канд. техн. наук, доц., ХНЕУ,
Маляров М.В., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ,
Борозенець І.О., канд. техн. наук, доц., ХНЕУ*

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНУ РОЗПОДІЛУ ЧАСУ ОЦІНКИ ОБСТАНОВКИ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКОЮ СЛУЖБОЮ МНС

(представлено д-ром фіз.-мат. наук Яковлевим С.В.)

Запропоновано використання часткового випадку бета-розподілу для оцінки часового інтервалу виконання функціональних задач особовим складом оперативно-диспетчерської служби МНС по оцінюванню обстановки в осередку надзвичайної ситуації. Отримано аналітичні вирази та визначено переваги запропонованого розподілу.

Ключові слова: диспетчер, оперативна обстановка, ймовірнісна оцінка часу прийняття управлінських рішень

Постановка проблеми. Результати досліджень діяльності операторів Служби порятунку населення — оперативно-диспетчерської служби (ОДС) МНС України, в ході оцінки оперативної обстановки (ОО) надзвичайних ситуацій, та прийняття управлінських рішень з приводу їх ліквідації, свідчать про необхідність удосконалення методів роботи з інформаційними моделями (ІМ) ОО на індивідуальних та колективних засобах відображення інформації. При цьому час на інформаційний пошук та сприйняття основних та допоміжних ознак ІМ ОО являє собою випадкову функцію, що залежить від складності ОО, особистих психофізіологічних якостей операторів ОДС та якості інформаційного забезпечення діяльності ОДС. Тому питання щодо визначення законів розподілу інтервалів часу вирішення функціональних задач операторами ОДС є актуальними та такими, що потребують вирішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Діяльність операторів в складних ергатичних системах, достатньо повно досліджена в ряді робіт, присвячених проблематиці ергономіки та інженерної психології [1-5]. Згадані роботи дозволяють отримати формалізовані описи вирішення функціональних задач операторами ОДС. Крім того, в роботі [5] запропоновано виділити основні та допоміжні дії операторів ОДС в процесі сприйняття та оцінки

Шило С.Г., Маляров М.В., Борозенець І.О.

інформації, а також отримано аналітичні вирази для оцінок часових характеристик процесу інформаційного пошуку. Відкритими та недостатньо розглянутими є питання щодо обґрунтування закону розподілу часу виконання основних функціональних операцій оцінки ОО диспетчерами ОДС.

Постановка завдання та його вирішення. В часовій площині розглядається процес діяльності оператора ОДС щодо оцінки ОО НС. Складові даного процесу, а саме сприйняття інформації про НС, її ототожнення з апріорними даними, узагальнення ОО, підготовка та ухвалення управлінських рішень, а також постановка завдань підпорядкованим підрозділам МНС обмежуються часовим інтервалом $[t_{\min}, t_{\max}]$. Нижня межа — t_{\min} обумовлена часом отримання вхідної інформації про НС від джерел (заявників, рятувальників тощо), верхня межа — t_{\max} визначається часом доведення розпоряджень та усвідомлення отриманих завдань підпорядкованими підрозділами МНС. Необхідно визначити вид закону розподілу часу виконання операцій оцінки ОО, який дозволяє з припустимою точністю отримувати оцінки для аналізу діяльності ОДС.

Результати дослідження діяльності операторів ОДС свідчать, що розподіли випадкових значень часу вирішення ними задач при роботі з ІМ, як правило, є обмеженими, унімодальними та несиметричними.

Обмеження розподілу часу знизу (t_1) витікає з того, що складові часу виконання окремих функціональних операцій оцінки ОО обов'язково мають кінцеві значення. Внаслідок чого величина проміжку τ , що характеризує інтервал часу виконання функціональної операції, не може бути меншою від деякого мінімального гранично можливого значення. Обмеження розподілу часу згори (t_2) витікає з того, що ОО оцінюється досвідченим, спеціально підготовленим фахівцем предметної галузі, який володіє апріорними знаннями та має достатній рівень підготовки.

Практика ергономічних досліджень свідчить, що одні й ті самі дослідні розподіли часу вирішення завдань можуть бути апроксимовані різними законами розподілу ймовірностей.

Найпоширенішим є використання усіченого нормального розподілу ймовірностей часу виконання робіт виду

$$f(\tau) = \begin{cases} \frac{C}{\sqrt{2\pi\sigma_n^2}} \exp\left\{-\frac{(\tau-t_n)^2}{2\sigma_n^2}\right\} & , \text{при } \tau \geq t_1; \\ 0 & , \text{при } \tau < t_1, \end{cases} \quad (1)$$

де t_n і σ_n^2 математичне очікування та дисперсія вихідного (не усіченого) нормального розподілу; t_1 — мінімальний час вирішення завдання; C — нормуючий множник.

Також існує точка зору, згідно з якою час вирішення завдання підпорядковується закону Пірсона (типу χ^2), а також — закону Ерланга[3]. Ці закони є частковими випадками гама-розподілу, що має вигляд

$$f(\tau) = \begin{cases} \frac{\alpha^\nu}{\Gamma(\nu)} (\tau-t_1)^{\nu-1} \exp\{-\alpha(\tau-t_1)\} & , \text{при } \tau \geq t_1; \\ 0 & , \text{при } \tau < t_1, \end{cases} \quad (2)$$

де ν — параметр форми; α — параметр масштабу; t_1 — параметр зсуву; $M(\tau) = \frac{\nu}{\alpha}$ — математичне очікування; $D(\tau) = \frac{\nu}{\alpha^2}$ — диспер-

сія; ($\alpha > 0$), ($\tau > 0$); $\Gamma(\nu) = \int_0^\infty Z^{\nu-1} e^{-z} dz$ — гама-функція Ейлера.

З практичної точки зору, малоімовірним є припущення, що вирішення задачі відбудеться за час, який наближується до значення t_1 . Спираючись на це, більш доцільним є вибір розподілу (2).

Крім розподілів ймовірностей (1) та (2) в ході проведення досліджень були висунуті та перевірені ще дві гіпотези. Згідно з першою — розподіл є логарифмічно-нормальним і має вигляд

$$f(\tau) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma(\tau-t_1)}} \exp\left\{-\ln(\tau-t_1) - m^2 \frac{1}{2\sigma^2}\right\} & , \text{при } \tau \geq t_1; \\ 0 & , \text{при } \tau < t_1, \end{cases} \quad (3)$$

де $m = m_x^2 \sqrt{\frac{1}{\sigma_x^2 + m_x^2}}$, $\sigma = \sqrt{2 \ln \frac{m_x}{m}}$, m_x та σ_x — параметри нормального розподілу.

Для такого випадку, крім значень t_1 та t_2 необхідно мати в наявності апріорну інформацію про інші параметри, котрі складно оцінити.

Друга гіпотеза — бета-розподіл, щільність ймовірності якого задається виразом

$$f(\tau) = \begin{cases} (\tau - t_1)^m (t_2 - \tau)^n C & , \text{при } \tau > t_1, \tau < t_2; \\ 0 & , \text{при } \tau \leq t_1, \tau \geq t_2, \end{cases} \quad (4)$$

де t_1 та t_2 — межі області розподілу випадкової величини; m і n — показники ступеню ($m > -1$, $n > -1$); C — нормуючий множник.

Для задачі, яка розглядається найбільш доцільним є використання часткового випадку розподілу ймовірностей (4), при якому зниження точності оцінок є несуттєвим

$$f(\tau) = \begin{cases} \frac{12}{(t_2 - t_1)^4} (\tau - t_1)(t_2 - \tau)^2 & , \text{при } \tau > t_1, \tau < t_2; \\ 0 & , \text{при } \tau \leq t_1, \tau \geq t_2. \end{cases} \quad (5)$$

Математичне очікування часу вирішення завдань оператором $M(\tau)$ та дисперсія $D(\tau)$ при цьому складають

$$M(\tau) = \frac{3t_1 + 2t_2}{5}, \quad D(\tau) = 0,04(t_2 - t_1)^2. \quad (6)$$

Суттєвою перевагою даного розподілу ймовірностей є те, що для оцінки параметрів розподілу достатньо мати в наявності лише інформацію про t_1 та t_2 .

Для з'ясування питання щодо правомірності використання даного розподілу ймовірностей в завданні, що розглядається, проведено дослідження процесу діяльності операторів чергової зміни.

Умови функціональної діяльності операторів, що досліджувалися, наведено в [5]. Реальні оцінки часових інтервалів виконання функціональних операцій особами ОДС, було отримано як для умов повсякденної діяльності, коли інтенсивність потоку заявок знаходилась в межах 0,01-0,3 заявки на хвилину, так і для умов навчань, коли операторами відпрацьовувалось від 0,2 до 0,94 заявки на хвилину. Вибіркові значення проміжків часу дослідження діяльності операторів знаходились в межах 30-240 хвилин, без врахування фази виконання службових обов'язків, поточного часу доби та психофізіологічних особливостей конкретних осіб чергової зміни. Сумарний досліджений проміжок часу діяльності по експерименту складає 62 години, середня інтенсивність опрацьованих заявок – 0,243. За результатами статистичної обробки отриманої вибірки результатів експерименту побудовано гістограму розподілу часу вирішення оператором ОДС інформаційних задач, щодо оцінки ОО, з подальшим порівнянням результатів з теоретичними розподілами (1-4), що наведено на рисунку.

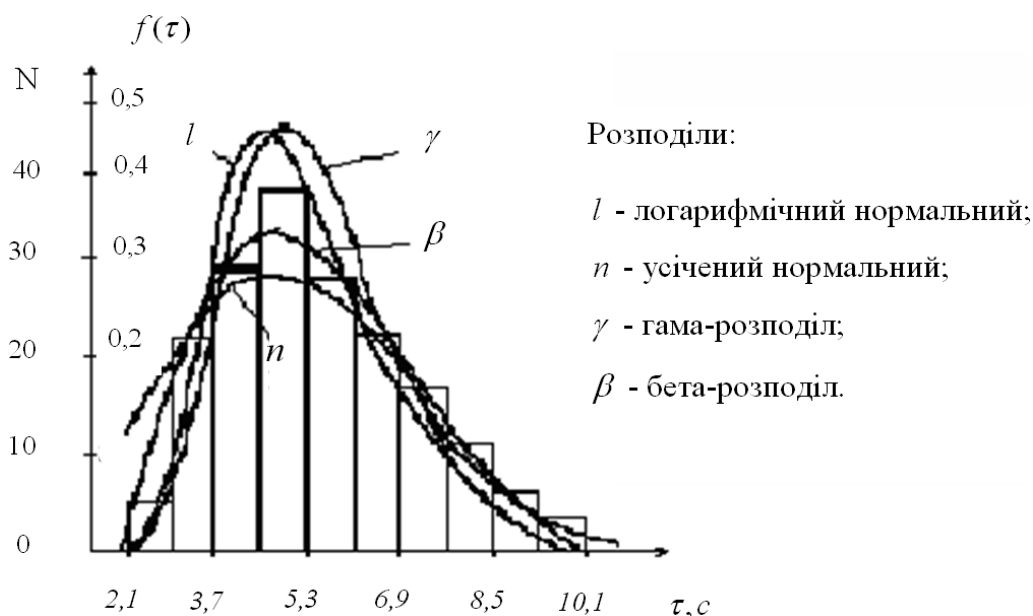


Рис. – Апроксимація експериментально отриманого розподілу часу оцінки інформації оперативної обстановки НС, що відображується на засобах колективного користування ОДС МНС, різними законами розподілу

Узгодження розподілів з емпіричними оцінювалось за критерієм Пірсона — χ^2 . Ймовірності узгодження теоретичних розподілів з емпіричними дуже близькі і мають відповідно наступні зна-

чення: для усіченого нормального — 0,4; для логарифмічно нормального — 0,3; для бета розподілу — 0,35; для гама розподілу — 0,4.

Такий результат дозволяє використовувати при дослідженні діяльності оператора ОДС щодо оцінки ОО розподіл ймовірностей (5), а для орієнтовної оцінки математичного очікування часу вирішення інформаційних задач — вираз (6).

На користь запропонованого рішення також свідчить наступний результат. Порівняння квантільних оцінок часу вирішення інформаційних задач операторами ОДС МНС показує, що при рівні 0,9 максимальна похибка в визначенні $t_{0,9}$ для проаналізованих теоретичних розподілів в середньому складає не більш ніж $\Delta t_{0,9} = 0,04t_{0,9}$.

В практичному аспекті, використання запропонованих виразів дозволяє отримати оцінки середнього часу вирішення основних та допоміжних завдань операторами ОДС, в процесі оцінки ОО НС.

Висновки. В результаті, для отримання значень математичного очікування часу вирішення завдань оцінки ОО диспетчером ОДС при виникненні НС та часу вирішення допоміжних задач достатньо встановлення мінімального та максимального значень часу їх вирішення особою, що приймає рішення. Правомірність використання запропонованого часткового випадку бета-розподілу для отримання оцінок середнього часу вирішення функціональних задач по оцінці ОО підтверджено експериментально.

Подальшим напрямом досліджень слід вважати розробку методу формування ІМ ОО, що надасть можливість відбирати на відображення інформаційні ознаки ОО, які були б адекватні ситуації, що склалася на місці надзвичайної події.

ЛІТЕРАТУРА

1. Душков Б.А. Инженерно-психологические основы конструкторской деятельности. / Смирнов Б.А., Терехов В.А. — Москва: Высшая школа, 1990. — 270 с.
2. Організація управління у військово-технічних системах. / [Пятков Ю.П., Борозенець І.О., Войтович С.А., Романенко І.О.]. — Харків: ХУПС, 2009. — 239 с.

3. Фокин Ю.Г. Оператор – технические средства: обеспечение надежности. – М.: Воениздат, 1995. – 192 с.
4. Человеческий фактор : В 6 т. [Дж. О'Брайен, Х. Ван Котт, Дж. Векер] – М.: Мир, 1991.
Т. 4. – 1991. – 495 с.
5. Шило С.Г., Модель оцінки оперативної обстановки надзвичайної ситуації оперативно-диспетчерською службою МНС. /Борозенець І.О., Феценко А.Б. // Збірник наукових праць. УЦЗ України. –2009. –Вип. 9. – С.170-176.

Шило С.Г., Маляров М.В., Борозенець І.А.

Определение закона распределения времени оценки обстановки оперативно-диспетчерской службой МЧС

Предложено использование частного случая бета-распределения для оценки временного интервала выполнения функциональных задач личным составом оперативно-диспетчерской службы МЧС по оцениванию обстановки, сложившейся в очаге чрезвычайной ситуации. Получены аналитические выражения и определены преимущества предложенного распределения.

Ключевые слова: диспетчер, оперативная обстановка, вероятностная оценка времени принятия управленческих решений

Shilo S.G., Malyarov M.V., Borozenec I.O.

Definition of stochastic law describing time of the situation's investigation made by operative-dispatch of rescue service

This article suggests the use of the special case of beta-distribution in the temporal interval evaluation of fulfillment of functional tasks on the investigation of the seat of emergency situation by the staff of operative-dispatch service of Ministry of Emergencies. It represents analytical derivations and advantages of the offered stochastic law.

Key words: dispatch, operative situation, stochastic time evaluation of administrative decisions' taking

ЗМІСТ

Акулов В.М., Кулаков О.В., Райз Ю.М., Хоменко В.С. Обґрунтування можливості застосування безпілотних літаків для моніторингу території України під час весняних повеней.....	3
Альбоцій О.В., Лазарев А.А. Показники результатів роботи підрозділів цивільного захисту як функція динаміки техногенних ризиків	8
Бабенко О.В., Сенчихін Ю.М., Тригуб В.В. Пристрій для оперативної ліквідації пошкоджень апаратів з небезпечними речовинами	14
Білецький С.В., Кірючкін О.Ю., Тютюник В.В., Шевченко Р.І. Оцінка безпеки міської інфраструктури в рамках понятивного апарату системи інтегральної безпеки	21
Васильєв М.В., Стрілець В.М., Коврегін В.В. Аналіз герметичності комплексу засобів індивідуального захисту першого рівня	29
Говаленков С.С., Басманов А.Е. Оценка интенсивности ис- течения опасных химических ве- ществ из источника выброса	39
Горносталь С.А., Созник А.П. Аналіз результатів математическо- го моделирования процессов биоло- гической очистки сточных вод в аэ- ротенках	45
Квітковський Ю.В. Методика проведення аналізу відповідності наявних споруд цивільної оборони існуючим потребам цивільного захи- сту	50
Климчук Ю.В., Левтеров О.А., Тютюник В.В., Шевченко Р.І. Аналіз контактних методів контролю якісно-кількісного стану повітряного середовища полігонів твердих про- мислових та побутових відходів в рамках розбудови системи інтегра- льної безпеки міської інфраструкту- ри	57
Ковалев П.А., Бородич П.Ю., Стрелец В.В. Уточнение программ подготовки газодымозащитников по результатам имитационного моде- лирования	67
Комяк В.М., Соболев О.М., Коссе А.Г., Собина В.О. Особливості методу визначення раціональної кількості та місць розташування опера- тивних підрозділів для захисту об'єктів залізниці	74
Курская Т.Н., Иванова Е.П. Применение радиоволновых методов контроля в трактах газовых выбро- сов ТЭС.....	80
Мищенко І.В., Чернобай Г.О. Деякі особливості застосування ква- зістаціонарного методу при розраху- нках складних пневмомеханічних систем	87
Попов В.М., Ромін А.В., Фесе- нко Г.В. Особливості оцінки індиві- дуалізованої ефективної дози внут- рішнього опромінення населення від ягід для різних типів лісорослинних умов радіоактивно забруднених те- риторій	92
Прокопов А.В. Уравнение изме- рения как метрологическая пробле- ма в задаче предупреждения чрез- вычайных ситуаций	98
Прохач Е.Ю. Експерименталь- на та аналітична оцінка забруднен- ня ґрунту в районі сховищ компо- нентів ракетних палив.....	105
Рогозін А.С. Модель процесу інформування населення	112
Светличная С.Д. Моделирова- ние чрезвычайной ситуации, свя- занной с разливом быстро испаряю- щейся жидкости.....	118
Тарасенко А.А. Безопасность маршрута при движении автотехни- ки к очагу чрезвычайной ситуации в условиях гористого бездорожья	123
Тищенко Е.А., Гвоздь В.М., Борисенко В.Г., Абрамов Ю.А. Идентификация передаточной функции датчика первичной ин- формации.....	131
Толкунов И.А., Попов И.И., Барбашин В.В. Теоретическое ис- следование процессов переноса аэ- роионов в потоках воздуха в поме- щениях специального назначения МЧС Украины.....	137

Третьяков О.В., Пономаренко Р.В. Підвищення ефективності запобігання надзвичайних ситуацій техногенного характеру при виробництві питної води з поверхневих джерел..... 146

Халыпа В.М., Фесенко Г.В., Метелев В.А. Расчётная модель деформированного состояния цилиндрических подпорных стенок отдельно расположенных защитных сооружений гражданской обороны..... 159

Швец С.В., Миргород О.В., Рудаков С.В. Уточненный показатель синтеза системы "Служба 112" 165

Шило С.Г., Маляров М.В., Борозенец І.О. Визначення закону розподілу часу оцінки обстановки оперативно-диспетчерською службою МНС 172

Наукове видання

ПРОБЛЕМИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Випуск 11

Відповідальний за випуск Ю.О. Абрамов

Технічний редактор О.Ю. Кірючкін

Підписано до друку 02.04.2010

Ум.-друк. арк. 10,45

Вид. арк. 10,33

Формат паперу 60x84/16

Тир. 300

Зам. 38 – 2010

Ціна договірна

61023, Харків, вул. Чернишевського, 94

Електронна адреса: <http://arbu.edu.ua/rus/>

Типографія Національного університету цивільного захисту України