

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

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

ПРОБЛЕМИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Випуск 12

Зареєстрований Міністерством юстиції

25 травня 2010 року
Серія КВ № 16672-5244ПР

Затверджено до друку Вченою радою
НУЦЗ України
(протокол № 5 від 08.11.2010 р.)

Харків 2010

УДК 006.011:658.5+331.101+351.658+351.861+351.861:514.18+351.862:355.58+355.58+502.5+504.05/.06+504.75.05+519.2.003.12:331.461.2+[556.114:574.63](285.33)+614.7:049.3+614.8+614.84+614.876:355.58+628.35+641.8+697.953:537.56

Проблеми надзвичайних ситуацій [Текст] : зб. наук. пр. / НУЦЗ України. – Вип. 1 (2005)– . – Харків : НУЦЗУ, 2010– .
Вип. 12. – 2010. – 217 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.

Іл. – 45, табл. – 19

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

*Альбощій О.В., канд. військ. наук, заст. нач. каф., НУЦЗУ,
Федцов А.А., викл., НУЦЗУ*

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ОРГАНІВ УПРАВЛІННЯ ТА ПІДРОЗДІЛІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

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

В статті розглядаються питання, пов'язані з оцінюванням економічної ефективності діяльності органів управління та підрозділів служби цивільного захисту. В якості показника ефективності пропонується використовувати модифікований показник фондовіддачі.

Ключові слова: органи і підрозділи цивільного захисту, ефективність, фондovіддача

Постановка проблеми. Висока ефективність роботи підприємств структурних підрозділів будь-якої організації, що здійснює економічну діяльність, має розглядатися як одне з основних завдань органів управління та кожного керівника. Це актуально і для сфери цивільного захисту. Адже держава витрачає кошти на створення фондів (активів), матеріально-технічне і фінансове забезпечення МНС України та інших суб'єктів єдиної системи цивільного захисту, вилучаючи кошти із безпосередньо господарського обігу. Результат використання даних коштів має бути економічно виправданим, адже однією з найважливіших умов ефективного функціонування національної економіки є раціональне та економічне використання коштів державного бюджету, які спрямовуються на утримання галузей невиробничої сфери.

Питання ефективності відображаються і у програмних документах щодо розвитку сфери цивільного захисту. Наприклад, у Державній цільовій соціальній програмі розвитку цивільного захисту на 2009 - 2013 роки передбачається, що її виконання дасть змогу підвищити ефективність функціонування сил цивільного захисту та системи моніторингу, прогнозування і запобігання надзвичайним ситуаціям. Проте, як правило, такі наміри носять переважно декларативний характер, оскільки не підкріплюються показниками ефективності.

Аналіз економічних показників органів і підрозділів цивільного захисту проводиться лише за фінансовою складовою, а саме

аналізується фінансування діяльності та виконання кошторису доходів та видатків. Це обумовлено не лише організаційними практичними аспектами, а й теоретичними. Потребує розробки система показників, за якими доцільно оцінювати ефективність роботи органів і підрозділів цивільного захисту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Незважаючи на актуальність питань забезпечення ефективності діяльності організацій, що надають суспільні послуги та утримуються за рахунок державного бюджету, на даний час питання економічного аналізу господарської діяльності органів управління і підрозділів цивільного захисту не знаходять належного відображення у наукових публікаціях. Це зумовлено, з одного боку, практикою домінування аналізу фінансової діяльності. А з іншого боку, - відсутністю системи показників та методик економічного аналізу діяльності у сфері цивільного захисту. Проте, загальні питання комплексного аналізу діяльності організацій, які фінансуються з бюджету, освітлені в літературі [3, 4]. Методи аналізу розглянуті на прикладах таких галузей невиробничої сфери як освіта, охорона здоров'я, наукові установи.

Постановка завдання та його вирішення.

Як відомо однією з функцій управління є контроль та, зокрема, аналіз. Аналітична функція управління призначена забезпечити оперативний, поточний та стратегічний аналіз інформації про реальний економічний стан суб'єкта господарювання, резерви економічних та бюджетних ресурсів, цільове використання виділених державою коштів для діяльності організацій невиробничої сфери [3].

В загальному випадку під ефективністю прийнято розуміти рівень відповідності результатів будь-якої діяльності поставленим завданням [1]. Незважаючи на вдавану простоту порівняння фактичного та планового результатів, на практиці воно ускладнюється, оскільки однаковий результат може бути досягнутий різними зусиллями. Врахування даного факту зумовлює необхідність співвіднесення результату з витратами на його досягнення. Тому прийнято оцінювати ефективність як відносний ефект, результативність процесу, операції, проекту, що визначається співвідношенням ефекту, результату до витрат, що зумовили його отримання, тобто економічну ефективність.

Для оцінювання економічної ефективності необхідно ввести кількісну міру ефективності або показник, який характеризує

співвідношенням ефекту з витратами. Виходячи із загальних положень, показник ефективності є функцією параметрів результату (W) та витрат (C).

$$E = f(W, C).$$

З теорії відомо, що результати і витрати на їх досягнення в процесі спільного аналізу можуть співвідноситися між собою в різних формах. Наприклад як відношення, або як різниця. В останньому випадку, очевидно, що результат і витрати повинні мати однакову розмірність.

Національне багатство підвернене дії факторів, що суперечливо впливають на його величину. До факторів, що спричиняють його зменшення, відносяться надзвичайні ситуації, адже вони завдають матеріальних та соціально-економічних збитків. Органи управління та підрозділи служби цивільного захисту ведуть операційну діяльність щодо запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій. Основним змістовним результатом їх діяльності є збереження життя та здоров'я людей, матеріальних цінностей. В економічному сенсі такий результат представляє собою відвернені збитки.

Кількісне оцінювання відвернених збитків з належною точністю є, як правило, складною задачею. В той же час, задачу можна спростити, оцінюючи результати операційної діяльності не за відверненими збитками, а за операційними витратами. Витрати будуть відображати вартість наданих суспільних послуг. В такому разі оцінювання ефективності діяльності структурних підрозділів служби цивільного захисту можна здійснювати за показником фондівіддача, врахувавши при цьому специфіку результатів операційної діяльності.

Як відомо, є декілька різновидів розрахункових формул для визначення фондівіддачі. Найбільш загальна формула має вигляд

$$\Phi_e = \frac{W_T}{\bar{C}_{овф}}, \quad (1)$$

де W_T – обсяг товарної продукції; $\bar{C}_{овф}$ – середньорічна вартість основних виробничих фондів.

$$\bar{C}_{овф} = C_{овф}^n + \frac{C_{овф}^{введ} \cdot n_1 - C_{овф}^{вивед} \cdot n_2}{12},$$

де $C_{овф}^n$ – вартість основних виробничих фондів на початок року;
 $C_{овф}^{введ}$, $C_{овф}^{вивед}$ – вартість введених, виведених протягом року основних виробничих фондів; n_1 , n_2 – кількість повних місяців з моменту введення, виведення.

Товарна продукція є показником обсягів виробництва, який відображає вартість продукції, виробленої в поточному періоді і призначеної для реалізації, незалежно від того, коли вона фактично реалізована.

$$W_T = \sum_{i=1}^n N_i \cdot C_i,$$

де N_i – кількість одиниць продукції i -ого виду; C_i – ціна одиниці продукції i -ого виду; n – кількість видів продукції, призначеної для реалізації.

За своєю структурою ціна є сумою собівартості продукції (C) та прибутку (Pr).

$$C = C + Pr.$$

В загальному випадку показник фондівіддача за своїм економічним сенсом характеризує ефективність використання засобів праці, показуючи скільки виробляється готової продукції у вартісному вимірі на одиницю основних виробничих фондів.

Для служби цивільного захисту є звичайно суттєві відмінності від підприємств, які ведуть виробничу або комерційну діяльність. Вони обумовлені, перш за все, специфікою продукту праці. По-перше, він є суспільною послугою. По-друге – він не є товаром у звичайному розумінні цього слова. Ця послуга оплачується державою шляхом бюджетного фінансування. В той же час, очевидно, що фонди (активи) бюджетних установ також дають корисний ефект і значить мають економічну доцільність. Тоді можна записати

$$W = \sum_{i=1}^n N_i^{\phi} \cdot C_i^{\phi},$$

де N_i^{ϕ} – фактична кількість одиниць послуг i -ого виду; C_i^{ϕ} – фактична собівартість (поточні витрати) послуги i -ого виду.

Виходячи із [2], структура собівартості послуги має вид

$$C = C_{nmв} + C_{ntв} + C_{inv} + C_{нв},$$

де $C_{nmв}$ – прямі матеріальні витрати; $C_{ntв}$ – прямі трудові витрати; C_{inv} – інші прямі витрати; $C_{нв}$ – накладні витрати.

Зібравши необхідні дані та виконавши їх підстановку у формулу (1), отримаємо величину, яка буде показувати величину поточних витрат, що припадає на одиницю вартості основних фондів (необоротних активів).

Що дасть розрахунок даного показника? По-перше, кількісну оцінку ефективності використання основних фондів (необоротних активів) підрозділу. По-друге, можливість порівняльного аналізу роботи різних підрозділів між собою, а також одного й того ж підрозділу за різні періоди часу. В свою чергу це дасть можливість:

- виявити реальний стан справ щодо ефективності використання фондів (активів);
- визначити напрямки та внутрішні резерви підвищення ефективності.

Висновки: знання щодо ефективності функціонування сил цивільного захисту мають базуватися на кількісних оцінках. За відсутності системи показників, за якими необхідно проводити економічний аналіз діяльності органів і підрозділів цивільного захисту, для кількісного оцінювання ефективності можна розраховувати показник фондівдачі, як відношення фактичних поточних витрат на операційну діяльність за період, що розглядається, до середньої вартості основних фондів (необоротних активів), переданих на баланс відповідного органу управління чи підрозділу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова КМ України від 25 лютого 2009 р. № 156 «Про затвердження Державної цільової соціальної програми розвитку цивільного захисту на 2009 - 2013 роки»

2. Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 16 “Витрати”, затверджене наказом Міністерства фінансів України від 31 грудня 1999 року № 318
3. Анализ хозяйственной деятельности бюджетных организаций: Учеб. пособие / Д.А. Панков, Е.А. Головкова, Л.В. Пашковская и др.; Под общ. ред. Д.А. Панкова, Е.А. Головковой. – 2-е изд., испр. – М.: Новое знание, 2003. – 409 с. – (Экономическое образование).
4. Болюх М. А., Заросило А. П. Аналіз фінансово-господарської діяльності бюджетних установ”: Навч. посіб.- К.: КНЕУ, 2005.- 570 с.

Альбошій А.В., Федцов А.А.

Оценивание эффективности работы органов управления и подразделений гражданской защиты

В статье рассматриваются вопросы, связанные с оцениванием экономической эффективности деятельности органов управления и подразделений гражданской защиты. В качестве показателя эффективности предлагается использовать модифицированный показатель фондоотдачи.

Ключевые слова: органы и подразделения гражданской защиты, эффективность, фондоотдача

Al'boschiy A.V., Fedtsov A.A.

Evaluation of efficiency of work of organs of management and subdivisions of civil defense

Questions, related to the evaluation of economic efficiency of activity of organs of management and subdivisions of civil defense, are examined in the article. As an index of efficiency it is suggested to utilize the modified index of capital productivity.

Keywords: organs and subdivisions of civil defense, efficiency, capital productivity

*Андронов В.А., д-р техн. наук, проректор, НУЦЗУ,
Бабков Ю.П., канд. техн. наук, пров. наук. співр., НУЦЗУ,
Тютюник В.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр., НУЦЗУ,
Шевченко Р.І., канд. техн. наук, нач. лаб., НУЦЗУ*

КОМПЛЕКСНІ ПОКАЗНИКИ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЇ НЕБЕЗПЕКИ АДМІНІСТРАТИВНО-ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ УКРАЇНИ

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

На підставі аналізу статистичних даних розроблені комплексні показники для кількісного оцінювання стану техногенно-природної небезпеки регіонів України. Представлені результати їх розподілу за комплексними показниками.

Ключові слова: інтенсивність надзвичайних ситуацій, співвідношення надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, комплексний показник

Постановка проблеми. Захист населення і території від надзвичайних ситуацій (НС) техногенного та природного характеру є одним з основних завдань системи цивільного захисту України. Забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях потребує надійного функціонування системи реагування на НС природного та техногенного характеру, адекватної рівням і характеру загроз. Визначна роль в системі реагування належить силам цивільного захисту МНС, які розподілені на території України в межах адміністративно-територіальних одиниць (областей, районів, міст, тощо). Кожній адміністративній одиниці властиві свої рівні техногенно-природного навантаження (ризик), що в свою чергу суттєво впливає на склад сил і засобів МНС, які потрібні для адекватного реагування на НС природного та техногенного характеру. Урахування особливостей регіонів потребує розробки наукових підходів щодо кількісного оцінювання стану техногенно-природної небезпеки та відповідного розподілу адміністративно-територіальних одиниць (АТО) за рівнями показників та їх порівняльного аналізу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукової літератури показав, що існують окремі підходи щодо кількісної оцінки рівня техногенно-природної небезпеки [1].

Так в [2] розроблені показники оцінки стану небезпеки населення регіонів України і зроблена спроба їх розподілу у відповідності трьом рівням небезпек. Однак дані показники розглядалися окремо для НС техногенного характеру і окремо для НС природного характеру.

У роботі [3] розглянуто методику побудови і використання інтегральних показників оцінки та аналізу рівня безпеки життєдіяльності регіонів України базового поділу, що розкривають причинно-наслідкові зв'язки управління людськими, матеріальними, інформаційними ресурсами та управлінськими діями, для забезпечення досягнення цілей проекту регіонального розвитку. Результатом роботи є розподіл АТО за чотирма рівнями небезпеки: умовно добрий; задовільний; незадовільний та маргінальний. Однак даний розподіл призначений для паспортизації регіонів без врахування інтенсивності виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

Використаний в [4–8] ризико-орієнтований підхід поряд з оцінкою рівня загроз потребує визначення збитків від наслідків надзвичайних ситуацій. Він застосовується, насамперед, для наукового обґрунтування прийнятного рівня безпеки життєдіяльності, функціонально-просторових природно-господарських зон, прийняття рішень щодо розміщення нових потенційно небезпечних промислових об'єктів і розширення діючих.

Аналіз відомих робіт [1–8] з даної проблематики показав, що розроблені показники безпосередньо не впливають на кількісний склад елементів оперативного реагування системи безпеки та їх функціональне призначення. Крім того, не розроблені критерії кількісного оцінювання відповідності структури МНС характеру і рівню загроз виникнення НС.

Постановка завдання та його вирішення. Механізм формування та удосконалення структури МНС може бути представлений в наступному вигляді – рис. 1.

Як видно, основою механізму розробки напрямків удосконалення організаційних структур є процес оцінювання рівня загроз виникнення НС та оцінка відповідних можливостей територіальних структур МНС з урахуванням факторів, що впливають на виконання завдань цивільного захисту.

Основні фактори, що впливають на виконання завдань цивільного захисту, можливо умовно розділити на дві групи, які, відповідно, характеризують стан небезпеки *i*-ої адміністративно-

територіальної одиниці (АТО) та можливості системи безпеки *i*-ої АТО (див. табл. 1).

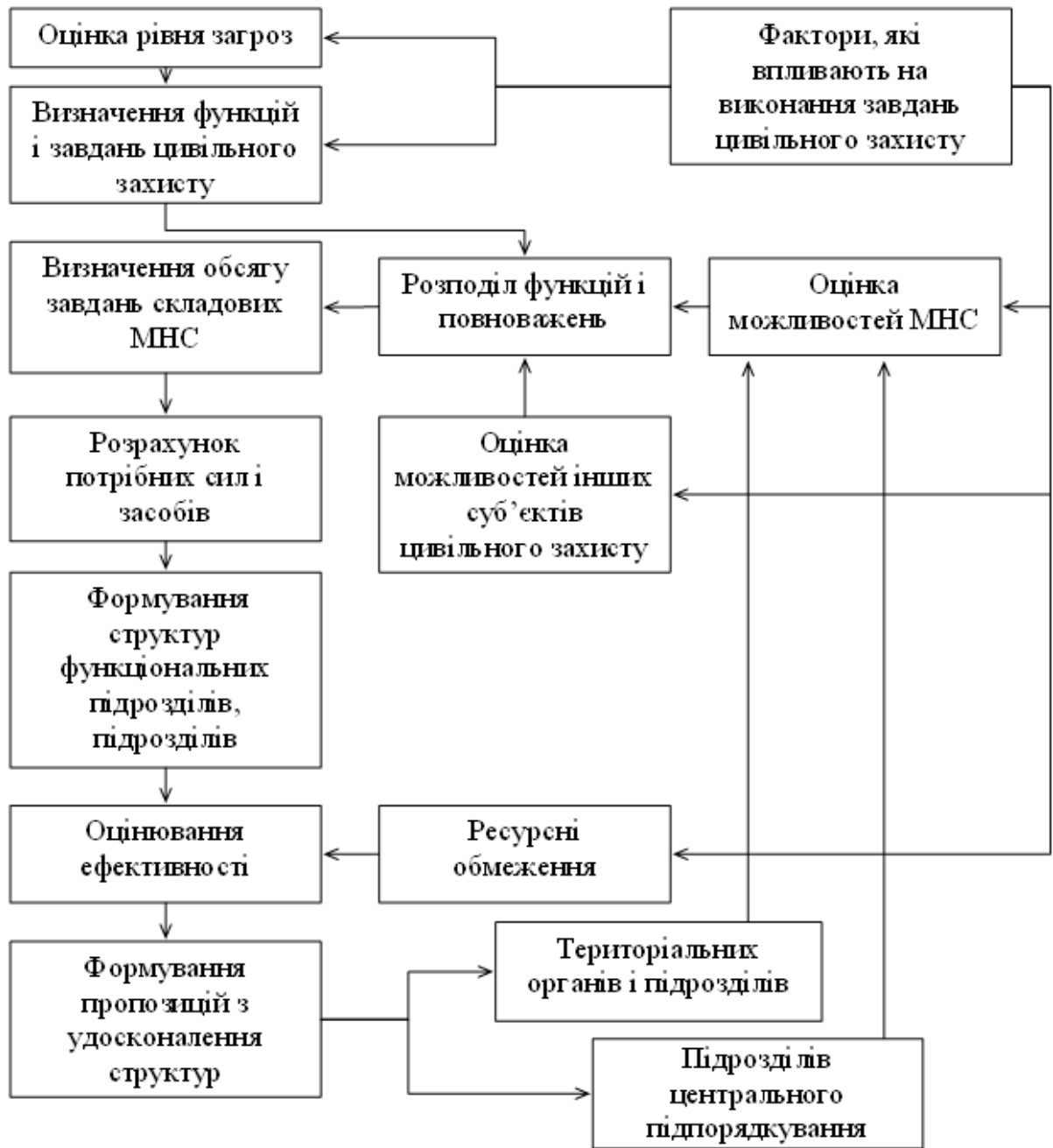


Рис. 1 – Механізм удосконалення організаційної структури МНС

Таблиця 1 – Основні фактори, що впливають на виконання завдань цивільного захисту

Фактори, які характеризують стан небезпеки в АТО	Фактори, які характеризують можливості системи безпеки АТО
Стан соціально-економічного розвитку регіону	
Площа території	Наявність елементів функціональних і територіальних систем (підсистем) ЦЗ
Характер місцевості (гірська, рівнинна, прибережна тощо).	Кількість і склад підрозділів цивільного захисту МНС
Можливі природні явища	Наявність спеціальної техніки та обладнання
Чисельність населення	Ресурсні можливості місцевої влади
Кількість та властивості потенційно-небезпечних об'єктів	Мобілізаційні можливості регіону
Будівлі підвищеної поверховості	Стан захисних споруд
Стан техногенної безпеки об'єктів життєзабезпечення населення	інше
Міжнародні транспортні коридори, газопроводи, енергосистеми тощо.	
Рівень загроз техногенного, природного, воєнного та соціально-політичного характеру.	
інше	

В якості показника щодо кількісного оцінювання рівня загроз виникнення НС доцільно вибрати коефіцієнт відносної інтенсивності виникнення НС в i -й АТО.

Таким чином, метою роботи є формування комплексних показників, що характеризують стан небезпеки (техногенно-природного навантаження) АТО та їх розподілу за рівнями небезпеки (зонами інтенсивності НС).

Вхідну емпіричну основу досліджень складають статистичні дані, представлені у Національній доповіді „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні” за 2002 – 2009 роки [9 – 16],

щодо кількості надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру по регіонах України.

За статистичними даними проведено оцінювання математичного очікування середньорічної кількості НС природного ($M(N_{\Pi})$) та техногенного ($M(N_T)$) характеру за АТО та в середньому по Україні ($M^{Ukr.}(N_{\Pi}); M^{Ukr.}(N_T)$), а також відповідні середньо квадратичні відхилення ($\sigma_{\Pi}; \sigma_T$). Результати розрахунків представлено на рис. 2.

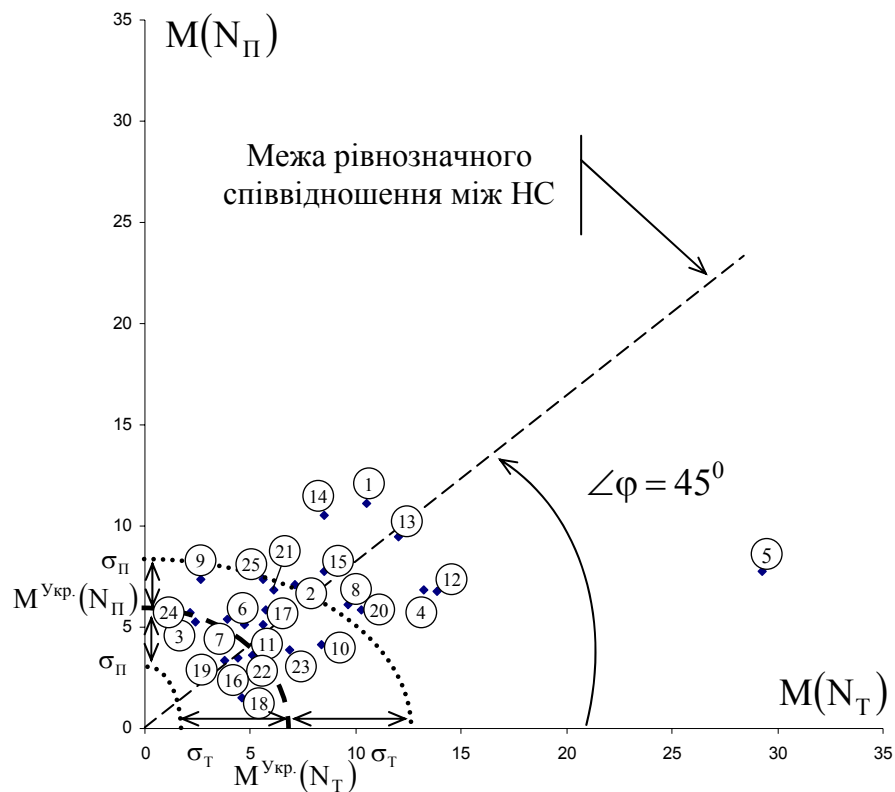


Рис. 2 – Розподіл областей України за середнім показником кількості надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру за статистичними даними 2002 – 2009 років (нумерація областей наведена у алфавітному порядку)

Однак, таке представлення результатів не дає можливості розподілити АТО за рівнями в області „техногенні-природні НС” і сформулювати критерії значень рівнів показників. Тому в якості комплексного показника був обраний вектор середньої інтенсивності суми надзвичайних ситуацій техногенного і природного ха-

рактів \vec{Z}_i (рис. 3). Довжина останнього $|\vec{Z}_i|$ характеризує інтенсивність НС техногенного і природного характеру в i -й АТО. Кут нахилу вектору $\varphi_i = \arctg(M(N_{\Pi_i})/M(N_{T_i}))$ характеризує співвідношення між середньою кількістю НС природного та техногенного характеру в i -й АТО.

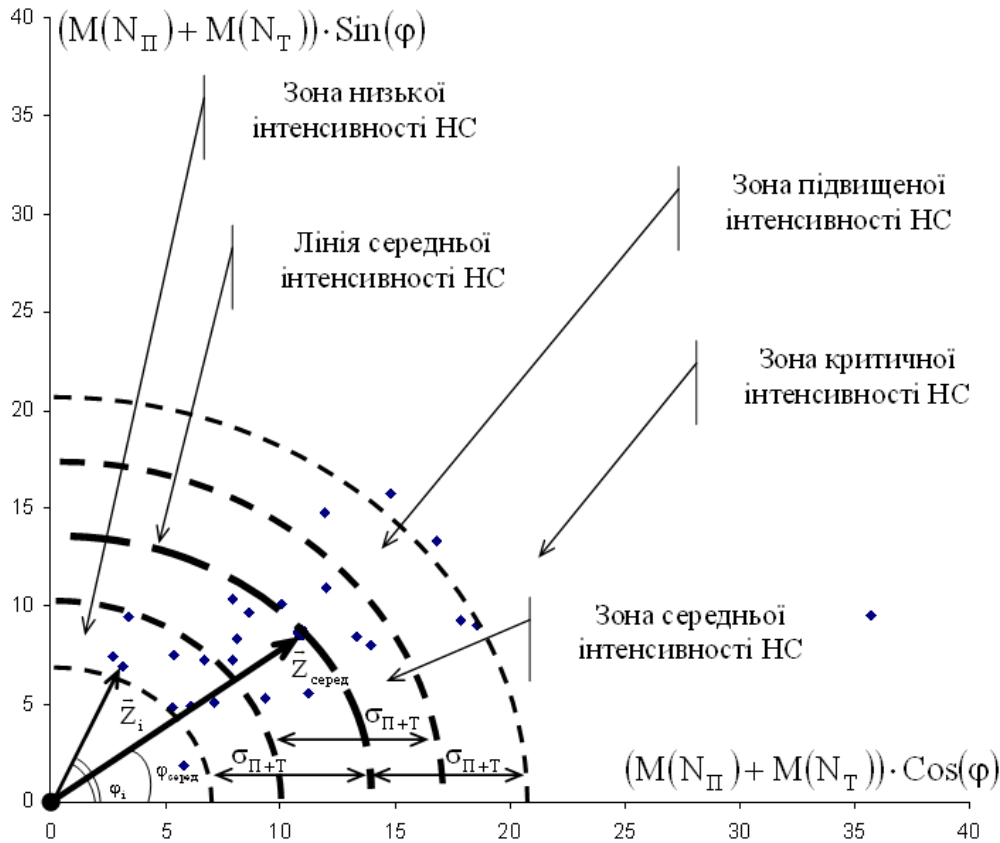


Рис. 3 – Розподіл областей України за показником \vec{Z}_i

Узагальненим комплексним показником, що характеризує стан техногенно-природної небезпеки в Україні доцільно визначити вектор математичного очікування середньої інтенсивності виникнення НС $\vec{Z}_{серед.}$ на одну АТО, де $|\vec{Z}_{серед.}| = M(N_{\Pi_{серед.}}) + M(N_{T_{серед.}})$, $\varphi_{серед.} = \arctg(M(N_{\Pi_{серед.}})/M(N_{T_{серед.}}))$ – рис. 3. Оцінювання середнього квадратичного відхилення ($\sigma_{\Pi+T}$) значень інтенсивності $|\vec{Z}_{серед.}|$ дозволив сформулювати критерії визначення меж зон інтенсивності.

Зона низької інтенсивності НС: $|\vec{Z}_{\text{серед.}}| - \sigma_{\Pi+T} < |\vec{Z}_i| < |\vec{Z}_{\text{серед.}}| - \frac{\sigma_{\Pi+T}}{2}$; зона середньої інтенсивності НС: $|\vec{Z}_{\text{серед.}}| - \frac{\sigma_{\Pi+T}}{2} < |\vec{Z}_i| < |\vec{Z}_{\text{серед.}}| + \frac{\sigma_{\Pi+T}}{2}$; зона підвищеної інтенсивності НС: $|\vec{Z}_{\text{серед.}}| + \frac{\sigma_{\Pi+T}}{2} < |\vec{Z}_i| < |\vec{Z}_{\text{серед.}}| + \sigma_{\Pi+T}$; зона критичної інтенсивності НС: $|\vec{Z}_i| > |\vec{Z}_{\text{серед.}}| + \sigma_{\Pi+T}$.

Нормування $|\vec{Z}_i|$ і меж зон інтенсивності на $|\vec{Z}_{\text{серед.}}|$ дозволяє ввести коефіцієнт інтенсивності НС АТО (k_{Z_i}), який відповідно має наступну градацію: $1 - \frac{\sigma_{\Pi+T}}{|\vec{Z}_{\text{серед.}}|} \leq k_{Z_i} < 1 - \frac{\sigma_{\Pi+T}}{2 \cdot |\vec{Z}_{\text{серед.}}|}$;

$$1 - \frac{\sigma_{\Pi+T}}{2 \cdot |\vec{Z}_{\text{серед.}}|} \leq k_{Z_i} \leq 1 + \frac{\sigma_{\Pi+T}}{2 \cdot |\vec{Z}_{\text{серед.}}|}; \quad 1 + \frac{\sigma_{\Pi+T}}{2 \cdot |\vec{Z}_{\text{серед.}}|} < k_{Z_i} \leq 1 + \frac{\sigma_{\Pi+T}}{|\vec{Z}_{\text{серед.}}|};$$

$$k_{Z_i} > 1 + \frac{\sigma_{\Pi+T}}{|\vec{Z}_{\text{серед.}}|}.$$

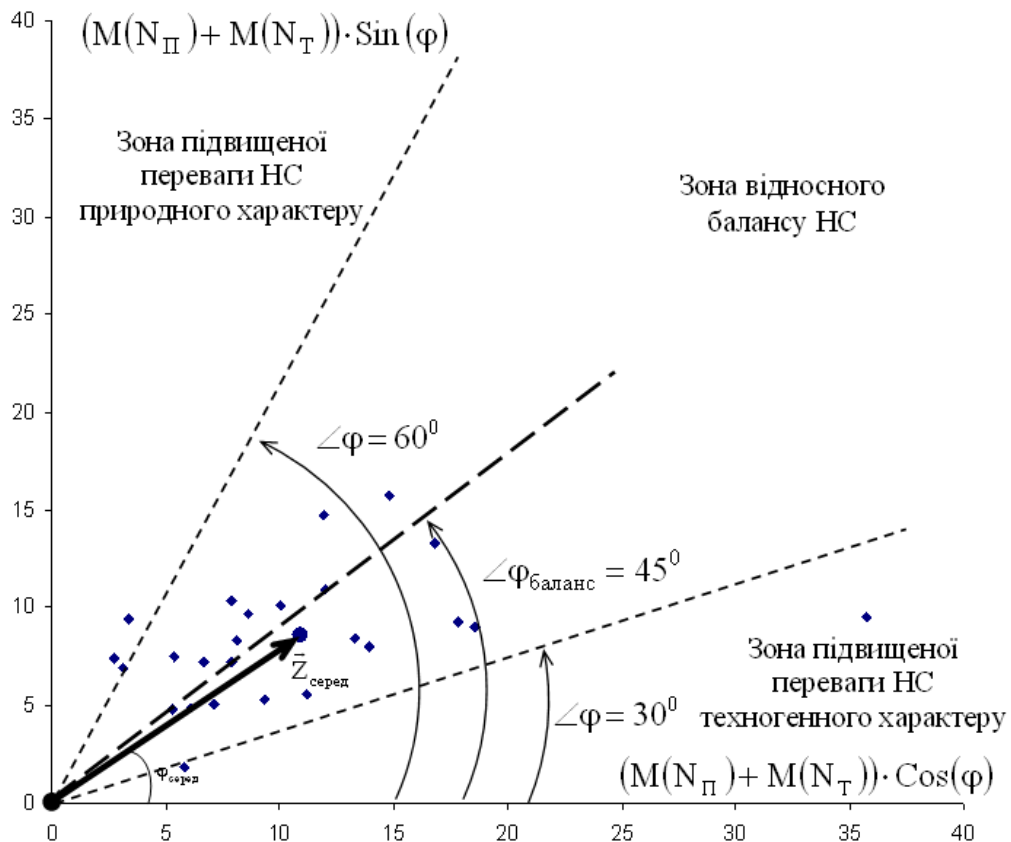


Рис. 4 – Розподіл областей України за показником φ_i

Комплексні показники оцінювання стану природно-техногенної небезпеки адміністративно-територіальних одиниць України

Позонний розподіл АТО за показником φ_i представлено на рис. 4. Область можливих значень $0 < \varphi_i < 90^\circ$ розділена на три рівнозначні зони, які характеризуються співвідношенням НС природного та техногенного характеру. Коефіцієнт відносної переваги має вигляд $k_{\varphi_i} = \frac{\varphi_i}{\varphi_{\text{баланс}}}$.

Результати зонального розподілу АТО в Україні за коефіцієнтами інтенсивності НС та відносної переваги представлено в таблиці 2.

Відносними показниками, що характеризують можливості територіальних структур МНС, можуть бути запропоновані наступні:

- коефіцієнт відносної чисельності територіальних структур МНС: $k_{\text{чисельність}_i}^{\text{МНС}} = S_i^{\text{МНС}} / S_{\text{типов.}}^{\text{МНС}}$, де $S_i^{\text{МНС}}$ – чисельність сертифікованих сил МНС в i -й АТО, $S_{\text{типов.}}^{\text{МНС}}$ – чисельність типової територіальної структури МНС;

- коефіцієнт відносних середньорічних витрат на територіальну структуру МНС: $k_{\text{витрат}_i}^{\text{МНС}} = V_i^{\text{МНС}} / V_{\text{типов.}}^{\text{МНС}}$, де $V_i^{\text{МНС}}$ – розмір середньорічних витрат на територіальну структуру МНС в i -й АТО; $V_{\text{типов.}}^{\text{МНС}}$ – розмір середньорічних витрат на типову територіальну структуру МНС.

Під типовою структурою МНС можливо розглядати структуру МНС АТО (АРЗ спеціального призначення АТО) організаційно-штатна структура яких розрахована на типову (середньостатистичну по Україні) інтенсивність виникнення НС (пожеж, ДТП тощо) та виконання типових функцій, визначених нормативно-правовими документами з питань цивільного захисту.

Відповідність територіальних структур МНС рівням загроз можна охарактеризувати комплексними відносними показниками:

$$J_i^{\text{чисельність}} = \frac{k_i^{\text{НС}}}{k_{\text{чисельність}_i}^{\text{МНС}}} - \text{коефіцієнт відносної відповідності сертифікованої чисельності структури МНС в } i\text{-й АТО};$$

$$J_i^{\text{витрат}} = \frac{k_i^{\text{НС}}}{k_{\text{витрат}_i}^{\text{МНС}}} - \text{коефіцієнт відносної відповідності витрат на}$$

структуру МНС в i -й АТО.

Таблиця 2 – Розподіл областей України за показниками k_{z_i} та k_{ϕ_i}

	Зона низької інтенсивності НС $0,51 \leq k_{z_i} < 0,75$	Зона середньої інтенсивності НС $0,75 \leq k_{z_i} \leq 1,24$	Зона підвищеної інтенсивності НС $1,24 \leq k_{z_i} < 1,48$	Зона критичної інтенсивності НС $k_{z_i} \geq 1,48$
Зона підвищеної переваги НС природного характеру $1,33 < k_{\phi_i} < 2$	Івано-Франківська обл. $k_{z_i} = 0,72; k_{\phi_i} = 1,57$			
	Чернівецька обл. $k_{z_i} = 0,57; k_{\phi_i} = 1,55$			
	Волинська обл. $k_{z_i} = 0,55; k_{\phi_i} = 1,46$			
Зона відносного балансу НС $0,67 \leq k_{\phi_i} \leq 1,33$	Закарпатська обл. $k_{z_i} = 0,66; k_{\phi_i} = 1,21$	Чернігівська обл. $k_{z_i} = 0,93; k_{\phi_i} = 1,17$	Миколаївська обл. $k_{z_i} = 1,36; k_{\phi_i} = 1,13$	АР Крим $k_{z_i} = 1,55; k_{\phi_i} = 1,22$
	Житомирська обл. $k_{z_i} = 0,71; k_{\phi_i} = 1,05$	Херсонська обл. $k_{z_i} = 0,93; k_{\phi_i} = 1,07$		
		Рівненська обл. $k_{z_i} = 0,83; k_{\phi_i} = 1,01$		
		Вінницька обл. $k_{z_i} = 1,02; k_{\phi_i} = 1,00$		
	Тернопільська обл. $k_{z_i} = 0,51; k_{\phi_i} = 0,93$	Одеська обл. $k_{z_i} = 1,17; k_{\phi_i} = 0,94$		
	Полтавська обл. $k_{z_i} = 0,57; k_{\phi_i} = 0,86$	Кіровоградська обл. $k_{z_i} = 0,77; k_{\phi_i} = 0,94$		Львівська обл. $k_{z_i} = 1,54; k_{\phi_i} = 0,85$
	Хмельницька обл. $k_{z_i} = 0,63; k_{\phi_i} = 0,78$	Запорізька обл. $k_{z_i} = 1,13; k_{\phi_i} = 0,72$		
Зона підвищеної переваги НС техногенного характеру $0 < k_{\phi_i} < 0,67$		Харківська обл. $k_{z_i} = 1,16; k_{\phi_i} = 0,66$		
		Черкаська обл. $k_{z_i} = 0,77; k_{\phi_i} = 0,65$	Дніпропетровська обл. $k_{z_i} = 1,44; k_{\phi_i} = 0,61$	
	Сумська обл. $k_{z_i} = 0,44; k_{\phi_i} = 0,4$	Київська обл. $k_{z_i} = 0,89; k_{\phi_i} = 0,58$	Луганська обл. $k_{z_i} = 1,48; k_{\phi_i} = 0,58$	Донецька обл. $k_{z_i} = 2,66; k_{\phi_i} = 0,33$

Для проведення аналізу відповідності структури МНС (витрат на структуру МНС) доцільно сформулювати наступні критерії оцінки:

Комплексні показники оцінювання стану природно-техногенної небезпеки адміністративно-територіальних одиниць України

$J_i = 1 \pm \delta_j$ – чисельність структури МНС (витрати на структуру МНС) відповідають рівню загроз;

$0 < J_i < 1 - \delta_j$ – чисельність (витрати) перевищують рівень, необхідний для адекватного реагування;

$J_i > 1 + \delta_j$ – чисельність (витрати) недостатні для адекватного реагування системи безпеки на рівень небезпеки.

При цьому, значення δ_j визначає зону прийнятної відповідності реагування системи безпеки на рівень небезпеки та визначається розрахунковим або командним методом. Показник δ_j може застосовуватись при формуванні критеріїв оптимізації територіальних структур МНС ($\delta_j \rightarrow \delta_{j_{\text{порог}}}$ при відповідних обмеженнях).

Висновки.

1. Запропонований підхід дозволив сформувати комплексні показники \vec{Z}_i та $\vec{Z}_{\text{серед.}}$, за якими можливо проводити розподіл АТО за зонами різної інтенсивності НС та зонами різного співвідношення НС техногенного та природного характеру.

2. Введення нормативних коефіцієнтів інтенсивності k_{z_i} та відносної переваги k_{ϕ_i} дозволяє провести порівняльне оцінювання окремих АТО та використовувати дані коефіцієнти при типізації, групуванні, районуванні АТО, а також при проведенні розрахунків щодо чисельності сил окремих підрозділів системи безпеки. У даному підході не враховуються масштаби НС, що є предметом подальших досліджень.

3. Розроблені показники та критерії дозволяють здійснювати порівняльний аналіз структур МНС АТО та розробляти напрямки їх удосконалення у відповідності до рівнів загроз виникнення НС.

4. Напрямки подальших досліджень спрямовані на врахування у даному підході наявності додаткових сил МНС (мобільних загонів, загонів та підрозділів функціонального призначення тощо), масштабу НС та рівня техногенно-природного навантаження.

5. Запропонований підхід може бути застосований при оцінюванні структур систем безпеки міст, районів, об'єктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Биченок М.М. Проблеми природно-техногенної безпеки в Україні / М.М. Биченок, О.М. Трофимчук – К.: РНБОУ, 2002. – 153 с.

2. Інтегральна система безпеки регіонів України, як складових державної територіально-часової параметричної системи. Принцип комплексної оцінки небезпеки / Є.М. Грінченко, О.Ю. Кіроцький, В.В. Тютюник [та ін.] // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: УЦЗУ, 2008. – Вип. 7. – С. 58 – 71.
3. Оцінка стану життєдіяльності регіонів України: інтегральний підхід / Ю.П. Рак, О.Б. Зачко // Пожежна безпека. Збірник наукових праць. – Львів: ЛДУБЖД, УкрНДІ МНС України, 2008. – № 13. – С. 86 – 90.
4. Концепція управління ризиками надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру (проект) [Електронний ресурс] – Режим доступу:
http://www.mns.gov.ua/content/education_kurns.html
5. Хенли Э.Дж. Надежность технических систем и оценка риска / Э.Дж. Хенли, Х. Кумамото – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
6. Теория и методы управления риском ЧС: проблемы и перспективы / А.А. Быков // ВИНТИ. Проблемы безоп. при ЧС, 2001. – Вып. 3. – С. 72 – 91.
7. Структурно-функціональне забезпечення територіального управління запобіганням та ліквідацією надзвичайних ситуацій (на прикладі Управління пожежної безпеки в Харківській області) // Автореф. дис... канд. наук з держ. управління: 25.00.02/ О.О. Труш; Нац. акад. держ. упр. при Президентові України, Харк. регіон. ін-т. – Х., 2003. – 19 с
8. Альбощій О.В. Показники результатів роботи підрозділів цивільного захисту як функція динаміки техногенних ризиків / О.В. Альбощій, А.А. Лазарев // Проблеми надзвичайних ситуацій: зб. наук. пр. / НУЦЗ України. – Вип. 11. – 2010. – С. 8 – 13
9. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2002 році” – К.:Чорнобильінтерінформ, 2003. – 291 с.
10. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2003 році” – К.:Чорнобильінтерінформ, 2004. – 435 с.
11. 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

12. 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
13. 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
14. 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
15. 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
16. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2009 році – К.:Чорнобильінтерінформ, 2010. – 252 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2009.html

Андронов В.А., Бабков Ю.П., Тютюник В.В., Шевченко Р.И.

Комплексные показатели оценивания состояния природно-техногенной опасности административно-территориальных единиц Украины

На основании анализа статистических данных разработаны комплексные показатели для количественного оценивания состояния техногенно-природной опасности регионов Украины. Представлены результаты их распределения по комплексным показателям.

Ключевые слова: интенсивность чрезвычайных ситуаций, соотношение чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, комплексный показатель

Andronov V.A., Babkov Yu.P., Tyutyunik V.V., Shevchenko R.I.

State assessment complex indexes of natural-technological danger of Ukraine administrative-territorial units

On the basis of analysis of statistical data complex indexes are developed for the quantitative assessment of the state of technological-natural danger of regions of Ukraine. The results of their distributing on complex indexes are presented.

Key words: intensity of emergency situations, ratio of emergency situations of natural and technological character, complex index

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

ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИИ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ АКТИВНОСТИ ИСТОЧНИКА (представлено д-ром техн. наук Абрамовым Ю.А.)

Построена математическая модель определения концентрации опасных химических веществ в воздухе при непрерывно действующем источнике выброса этих веществ. Модель позволяет дать оценку опасности, которую представляет выброс опасных химических веществ для личного состава подразделений МЧС, технического персонала предприятия и населения.

Ключевые слова: авария, чрезвычайная ситуация, опасные химические вещества.

Постановка проблемы. При авариях на объектах, использующих опасные химические вещества (ОХВ), необходимо знать концентрацию этих веществ в месте аварии. Однако на практике эта величина не известна 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 интенсивности ОХВ в воздухе при его медленном ис-

течения и позволяющая определять необходимые средства защиты для личного состава подразделений МЧС при ликвидации таких аварий.

Постановка задачи и ее решение. Из физических соображений ясно, что концентрация ОХВ (в стохастической постановке – математическое ожидание концентрации) в воздухе в любой точке пространства будет представлять собой неубывающую функцию времени, стремящуюся к некоторому конечному пределу (своему для каждой точки пространства [5]). При этом в точках, расположенных ближе к источнику ОХВ предельное значение будет достигнуто раньше.

Для выбросов, длящихся несколько часов, имеет смысл в качестве верхней оценки концентрации ОХВ в воздухе найти предельное значение концентрации при бесконечно долгом выбросе. Такие продолжительные выбросы имеют место в случае аварий на магистральных трубопроводах, когда большое избыточное давление и запас вещества обеспечивают возможность длительного выброса. Примером может служить авария на аммиакопроводе «Тольятти-Одесса», произошедшая в мае 2004 в Днепропетровской области, – ликвидация аварии заняла более 8 часов. Другой пример – разрыв трубы на трубопроводе «Западная Сибирь – Урал – Поволжье», произошедший в Башкортостане в 1989, повлекший утечку жидкого газа, образование и взрыв паровоздушного облака. При этом источником зажигания послужила искра электровоза, проходившего на расстоянии 900-1000 м от места разрыва.

Оценим предельное значение математического ожидания, соответствующее бесконечно продолжающемуся выбросу ОХВ. Учитывая асимптотически линейную зависимость дисперсий $D_\theta(t)$ и $D_\rho(t)$ от времени запишем

$$D_\theta(t) \approx At, \quad D_\rho(t) \approx Bt, \quad (1)$$

где $A = 2\sigma_\xi^2 / \alpha_\xi$; $B = 2\sigma_\eta^2 / \alpha_\eta$.

Аппроксимация (1) дает завышенную оценку дисперсии и, следовательно, вносит погрешность в оценку концентрации. При этом погрешность аппроксимации (1) определяется величинами α и t , входящими выражение для дисперсии – рис. 1.

Анализ рисунка 1 показывает, что аппроксимацию (1) имеет смысл проводить для оценки предельной концентрации ОХВ в то-

чках, розположених на такому відстані від місця виброса, щоб характерне час досягнення речовиною цієї точки (т.е. відношення відстані до швидкості вітра) забезпечувало достаточну точність.

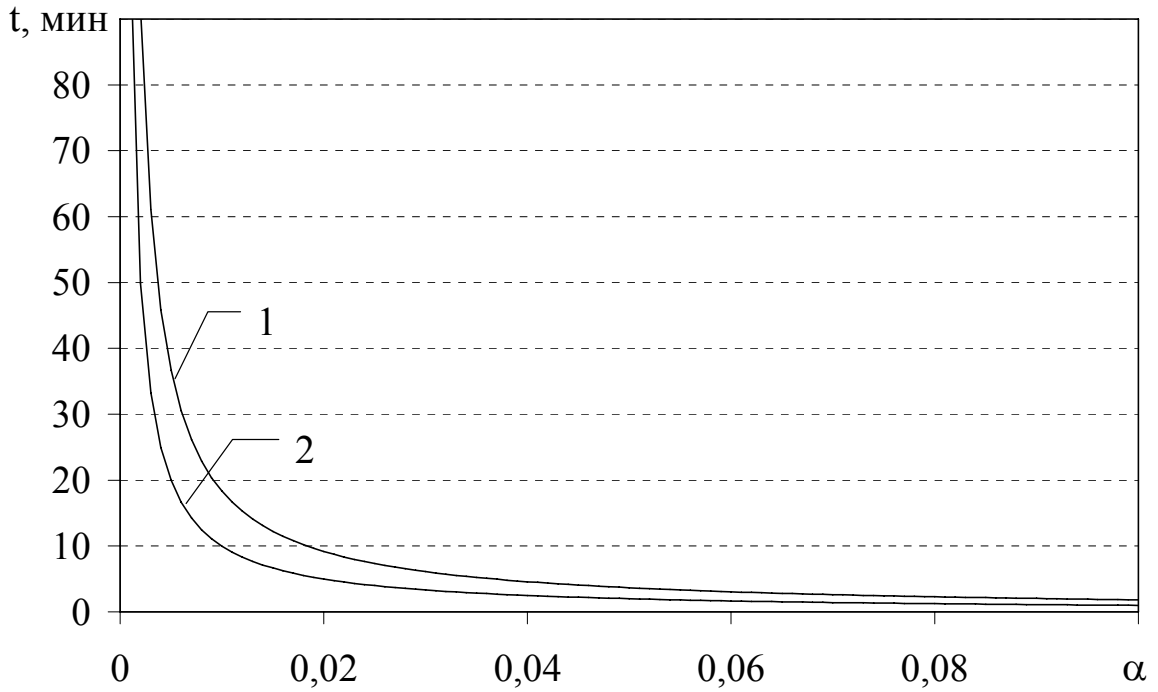


Рис. 1 – Час досягнення заданого рівня погрешності $\delta = |D(t) - At|/D(t)$ в залежності від параметра α : 1 – $\delta = 10\%$; 2 – $\delta = 20\%$

Учитывая, что коэффициент корреляции $r_{\theta\rho}(t)$ имеет предельное значение при $t \rightarrow \infty$, приближенно запишем

$$r_{\theta\rho}(t) \cong r = \frac{s_{\xi\eta}}{\sigma_{\xi}\sigma_{\eta}} \frac{\sqrt{\alpha_{\xi}\alpha_{\eta}}}{\alpha_{\xi\eta}}. \quad (2)$$

Полагая источник выброса расположенным вблизи поверхности земли, будем считать, что $z_0 \approx 0$. Тогда, подставляя (1) и (2) в выражение (7) полученное в [6] и переходя к пределу при $t \rightarrow \infty$, получим

$$\begin{aligned} \bar{\mu}_\infty(x, y, z) = & \frac{E}{2\pi^{3/2} \sqrt{a_z AB}} \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{s^3}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-r^2}} \times \\ & \times \exp \left[-\frac{\left(\frac{x - \bar{v}_x s}{\sqrt{As}} \right)^2 + \left(\frac{y - \bar{v}_y s}{\sqrt{Bs}} \right)^2 - 2r \left(\frac{x - \bar{v}_x s}{\sqrt{As}} \right) \left(\frac{y - \bar{v}_y s}{\sqrt{Bs}} \right)}{2(1-r^2)} \right] \times \\ & \times \exp \left[-\left(\frac{z - v_z s}{2\sqrt{a_z s}} \right)^2 \right] ds. \end{aligned}$$

В подинтегральном выражении сделаем замену переменных $t = 1/\sqrt{s}$. Тогда

$$\begin{aligned} \bar{\mu}_\infty(x, y, z) = & \frac{E}{\pi^{3/2} \sqrt{a_z AB}} \frac{1}{\sqrt{1-r^2}} \times \\ & \times \int_0^\infty \exp \left[-\frac{\left(\frac{x - \bar{v}_x/t^2}{\sqrt{A}} t \right)^2 + \left(\frac{y - \bar{v}_y/t^2}{\sqrt{B}} t \right)^2 - 2r \left(\frac{x - \bar{v}_x/t^2}{\sqrt{A}} t \right) \left(\frac{y - \bar{v}_y/t^2}{\sqrt{B}} t \right)}{2(1-r^2)} \right] \times \\ & \times \exp \left[-\left(\frac{z - v_z/t^2}{2\sqrt{a_z}} t \right)^2 \right] dt \end{aligned}$$

и после преобразований

$$\begin{aligned} \bar{\mu}_\infty(x, y, z) = & \frac{2E\sqrt{1-r^2}}{\pi^{3/2} \sqrt{a_z A_1 B_1}} \times \\ & \times \int_0^\infty \exp \left[-\left(\frac{xt^2 - \bar{v}_x}{t\sqrt{A_1}} \right)^2 - \left(\frac{yt^2 - \bar{v}_y}{t\sqrt{B_1}} \right)^2 + 2r \left(\frac{xt^2 - \bar{v}_x}{t\sqrt{A_1}} \right) \left(\frac{yt^2 - \bar{v}_y}{t\sqrt{B_1}} \right) \right] \times \\ & \times \exp \left[-\left(\frac{zt^2 - v_z}{2t\sqrt{a_z}} \right)^2 \right] dt, \end{aligned} \quad (3)$$

где $A_1 = 2A(1-r^2)$, $B_1 = 2B(1-r^2)$.

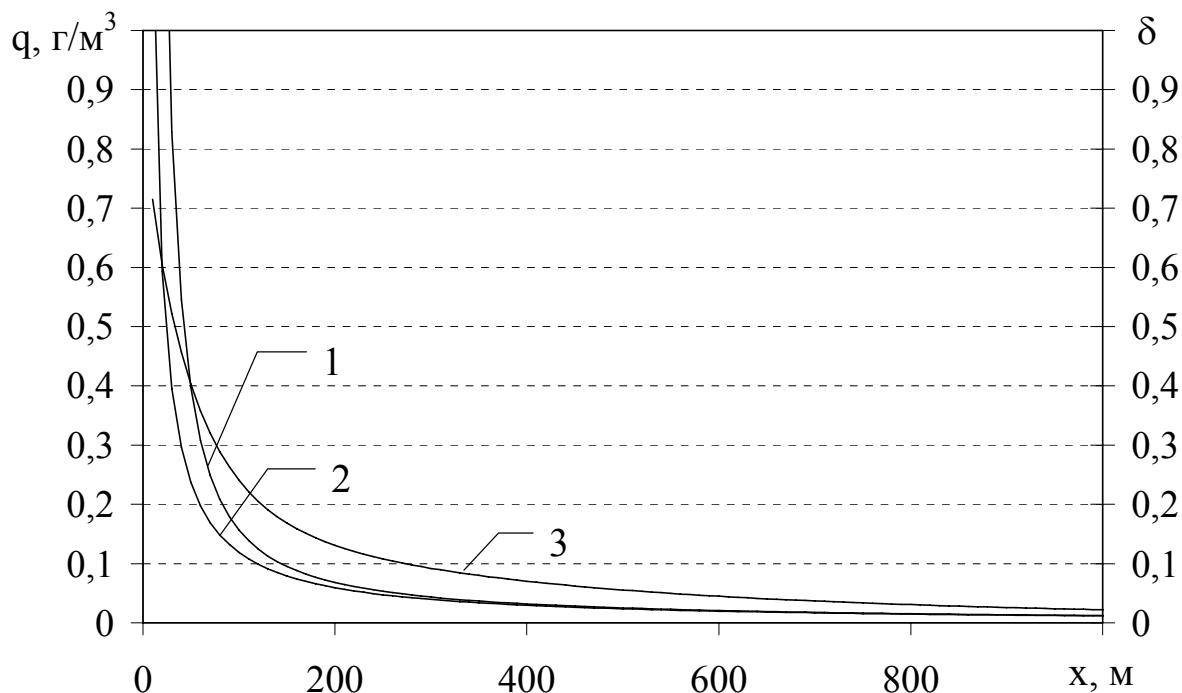


Рис. 2 – Изменение концентрации в направлении ветра в зависимости от расстояния до источника ОХВ: 1 – расчет по формуле (7) [6]; 2 – предельная концентрация по (4)-(6); 3 – относительная погрешность δ (по правой оси)

Интегрируя (3) с помощью математического пакета Maple, получим следующее выражение

$$\begin{aligned} \bar{\mu}_{\infty}(x, y, z) = & \frac{2E\sqrt{1-r^2}}{\pi\sqrt{a_z A_1 B_1}} \frac{1}{\sqrt{X^2 + Y^2 - 2rXY + Z^2}} \times \\ & \times \exp \left[\frac{1}{2} \left(XV_x + YV_y - rXV_y - rYV_x + ZV_z - \right. \right. \\ & \left. \left. - \sqrt{X^2 + Y^2 - 2rXY + Z^2} \sqrt{V_x^2 + V_y^2 - 2rV_x V_y + V_z^2} \right) \right], \end{aligned} \quad (4)$$

где

$$X = \frac{2x}{\sqrt{A_1}} = \frac{x\sqrt{2}}{\sqrt{A(1-r^2)}}; \quad Y = \frac{2y}{\sqrt{B_1}} = \frac{y\sqrt{2}}{\sqrt{B(1-r^2)}}; \quad Z = \frac{z}{\sqrt{a_z}}; \quad (5)$$

$$V_x = \frac{2\bar{v}_x}{\sqrt{A_1}} = \frac{\bar{v}_x \sqrt{2}}{\sqrt{A(1-r^2)}}; V_y = \frac{2\bar{v}_y}{\sqrt{A_1}} = \frac{\bar{v}_y \sqrt{2}}{\sqrt{A(1-r^2)}}; V_z = \frac{v_z}{\sqrt{a_z}}. \quad (6)$$

Выражения (4)-(6), позволяют оценить максимально возможную концентрацию ОХВ в воздухе в точке (x, y, z) при бесконечно действующем источнике ОХВ заданной интенсивности. В качестве примера на рис. 2 приведено сравнение математических ожиданий концентрации ОХВ через 1 час, вычисленное по формуле (7) полученное в [6], и оценки (4)-(6), где $\bar{v}_x = 1 \text{ м/с}$, $\bar{v}_y = 0$, $v_z = 0$, $\sigma_\xi^2 = 0,3 \text{ м}^2/\text{с}^2$, $\sigma_\eta^2 = 0,1 \text{ м}^2/\text{с}^2$, $a_z = 0,0162 \text{ м}^2/\text{с}$, $E = 0,05 \text{ кг/с}$.

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 (4)-(6) позволяет дать оценку опасности, которую представляет выброс ОХВ для личного состава подразделений МЧС, технического персонала предприятия и населения.

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 концентрации вещества в воздухе допустимого значения. / А.Е. Басманов, С.С. Говаленков, Е.А. Панина // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2008. – № 8. – С. 39-45.
5. Говаленков С.С. Оценка интенсивности истечения опасных химических веществ из источника выброса. / С.С. Говаленков, А.Е. Басманов // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2010. – № 11. – С. 39-44.
6. Басманов А.Е. Определение безопасных зон при ликвидации аварии, связанной с выбросом опасных химических веществ. / С.С. Говаленков, А.Е. Басманов // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2010. – № 10. – С. 44-51.

Басманов О.Є., Говаленков С.С.

Оцінка концентрації небезпечних хімічних речовин у повітрі при неперервній активності джерела

Побудована математична модель визначення концентрації небезпечних хімічних речовин у повітрі при неперервно діючому джерелі викиду цих речовин. Модель дозволяє дати оцінку небезпеки, яку представляє викид небезпечних хімічних речовин для особового складу підрозділів МНС, технічного персоналу підприємства та населення.

Ключові слова: аварія, надзвичайна ситуація, небезпечні хімічні речовини

Basmanov A.Ye., Govalenkov S.S.

The concentration of hazardous chemicals in the air at a continuous activity of the source

A mathematical model for determining the concentration of hazardous chemicals in the air is continuously acting source of emissions of these substances. The model allows to assess the danger posed by the release of hazardous chemicals for the personnel of MoES departments, technical staff of enterprises and households.

Key words: accident, emergency, hazardous chemicals.

УДК 351.861

*Білецький С.В., канд. техн. наук,
нач. ад'юнктури та докторантури, 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 ОБ'ЄКТІВ МІСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В РАМКАХ ПІДХОДІВ СИСТЕМИ ІНТЕГРАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

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

В роботі проведено експертний аналіз найбільш поширених видів небезпек за рівнем негативного впливу на функціонування об'єктів міської інфраструктури з метою подальшого удосконалення системи інтегральної безпеки території України

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

Постановка проблеми. Сучасні міста, як елементи державної системи управління, є складними та багатогалузевими системами управління з територіально-часовим імовірнісним розподілом технічно-технологічних, соціально-політичних та економічних параметрів – рис. 1, внаслідок розміщення на території міст великої кількості об'єктів різного функціонального призначення, у тому числі і об'єктів з підвищеним ризиком небезпеки [1 – 8].



Рис. 1 – Класифікація функцій міста

Аналіз наявності та сконцентрованості даних об'єктів в міській інфраструктурі призведе до відповідно підвищеного рівня ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій в містах [9, 10]. Отримання достовірності оцінки стану небезпеки об'єктів міської інфраструктури з метою організації профілактичних та технічних

заходів з попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій є актуальною задачею як на рівні об'єкту так і на рівнях міст, регіонів та держави.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанням безпеки території України [11, 12], окремих типів об'єктів [13, 14] або окремих їх рівнів [15] приділено досить багато уваги в науковій літературі. Це розробка математичних моделей, що досить повно описують процеси виникнення окремих НС [16], моделей з їх ліквідації [17], тощо. Це удосконалення системи з прийняття управлінських рішень [18], розробка практичних рекомендацій з технічних [19], психологічних [20], організаційних [21] 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 [12, 22], що базується на цілому ряді принципів [23] 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 оцінка небезпеки об'єктів міської інфраструктури як складових міської системи життєдіяльності з метою подальшого удосконалення системи безпеки території України та об'єднання, відповідно, підсистеми виявлення надзвичайних ситуацій (моніторингу), прогнозування їх розвитку та реагування на них.

На рис. 2 проілюстровані умови функціонування місцевої територіально-часової параметричної системи, яку умовно розділено на територіальні підобласті зі своїми властивостями ($S_{1...n}$) та розташовані в них об'єкти підвищеної небезпеки ($\Omega_{1...m}$), що дозволяє сформулювати комплексний підхід до проблеми моніторингу та прогнозування динаміки виникнення НС в місті та розкрити механізм процесу запобігання проявам внутрішніх та зовнішніх небезпек.

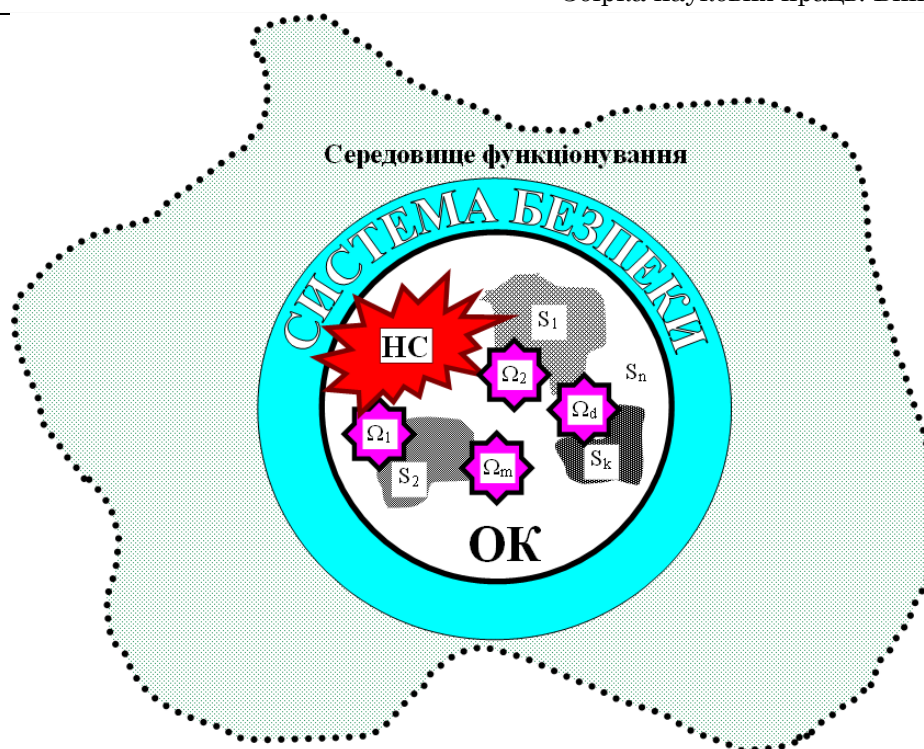


Рис. 2 – Концептуальна схема функціонування інтегральної системи безпеки міста (ОК – об’єкт контролю) від надзвичайних ситуацій при умові розбиття міста на підобласті (райони) ($S_{1...n}$ – властивості підобластей об’єкту контролю) та розташування об’єктів підвищеної небезпеки ($\Omega_{1...m}$ – властивості об’єктів)

Одним з підходів багатofакторної оцінки впливу небезпек об’єктів міської інфраструктури на функціонування міста як територіально-часової параметричної системи в умовах обмеженості інформації є використання комплексного експертного оцінювання.

Для вирішення поставленої задачі було проведено узагальнення основних можливих небезпек міста, розроблено експертну анкету, сформовано групу експертів та проведено експертне дослідження [24]. 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. 1).

Таблиця 1 – Шкала компетентності експерту в залежності від стажу його роботи у сфері „безпека”

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

Визначення мінімальної чисельності експертної групи встановлюється за умов стабілізації середньої оцінки прогнозуємої характеристики, яка формується наступним чином: включення або виключення експерта 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 експерта; B_{\max} – максимально можлива оцінка прогнозуємої величини у рамках прийнятої шкали оцінок; ε – величина зміни середньої похибки при включенні або виключенні експерта.

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.

Таблиця 3 – Експертні оцінки небезпек ($A = B \pm 0,5$) об'єктів міської інфраструктури

	Пожежі		Вибух газу		Аварії в системі життєзабезпечення		Аварії в системі зв'язку та передачі даних		Вплив на екологічний стан навколишнього середовища		Зовнішніс промислення та пограбування		Терористичні дії
	соп. фактор	техн. фактор	соп. фактор	техн. фактор	соп. фактор	техн. фактор	соп. фактор	техн. фактор	соп. фактор	техн. фактор	соп. фактор	техн. фактор	
Адміністративно-громадські заклади	4	5	2	3	3	5	2	5	2	4	2	2	1
	4,5		2,5		4		3,5		3		2		
Медично-профілактичні заклади	3	4	3	3	3	5	2	5	2	3	3	2	2
	3,5		3		4		3,5		2,5		2,5		
Дитячі та навчальні заклади	3	4	2	3	2	4	2	4	1	4	2	2	1
	3,5		2,5		3		3		2,5		2		
Ринки та відкриті торговельні майданчики	4	4	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	2
	4		3		2,5		2,5		3		3		
Торговельні заклади	3	3	2	2	3	4	4	4	3	3	4	4	2
	3		2		3,5		4		3		4		
Спортивні заклади	2	2	2	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1
	2		1,5		1,5		1,5		1,5		1		
Заклади культури	2	3	1	2	3	3	2	2	1	2	1	1	1
	2,5		1,5		3		2		1,5		1		
Залізничні вокзали	3	2	1	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2
	2,5		1,5		2		2		2,5		2		
Автовокзали	2	2	2	3	2	3	2	2	2	3	2	2	2
	2		2,5		2,5		2		2,5		2		
Морські та річні вокзали	3	2	2,5	2	4	3	2	3	3	3	2,5	3	1
	2,5		2,25		3,5		2,5		3		2,75		
Аеропорти	3,5	3	1,5	2	2,5	3	3,5	3	2	2	2	2	3,5
	3,25		1,75		2,75		3,25		2		2		
Станції метрополітену	2	2,5	2,5	2	2	2,5	1,5	2,5	2	2	1	1	1
	2,25		2,25		2,25		2		2		1		
Ресторани та кафе	4	4	3	4	4	3	3	2	2	3	3	4	2
	4		3,5		3,5		2,5		2,5		3,5		
Готелі	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1
	2,5		2,5		2		2		2		2		
АЗС	3	5	3	4	2	3	2	4	4	6	2	2	1
	4		3,5		2,5		3		5		2		
Релігійні заклади	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
	2		2		2		2		2		2		

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 Стюдента для заданого рівня довірчої ймовірності та числа ступенів свободи $k = (n - 2)$.

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

Застосовуючи запропонований підхід була проведена процедура експертної оцінки небезпек міської інфраструктури інтегрованого міста України.

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

Висновки. Наведені результати мають загальнодержавну тенденцію, щодо розподілу ваги небезпек та добре узгоджуються з прогностичною оцінкою, наведеною в [12, 14, 24]. З іншого боку отриману експертну оцінку слід розглядати як рівень інформаційного очікування населення щодо виникнення небезпеки, та при розгляді безпосередньо об'єктів міської інфраструктури приймати за загально середній рівень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2002 році” – К.:Чорнобильінтерінформ, 2003. – 291 с.
2. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2003 році” – К.:Чорнобильінтерінформ, 2004. – 435 с.
3. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2004 році – К.:Чорнобильінтерінформ, 2005. – 360 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2004.html

4. 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
5. 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
6. 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
7. 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
8. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2009 році – К.:Чорнобильінтерінформ, 2010. – 252 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2009.html
9. 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.
10. 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.
11. Моніторинг надзвичайних ситуацій / Ю.О. Абрамов, Є.М. Грінченко, О.Ю. Кірючкін [та ін.] – Харків: АЦЗУ, 2005. – 530 с.
12. 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, Р.І. Шевченко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: УЦЗУ, 2008. – Вип. 7. – С. 58 – 71.
13. 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.
14. Оцінка багатокритеріальної методики аналізу хімічно небезпечного стану об'єктів та регіонів України / О.Ю. Кірючкін, М.М. Мурін, В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2007. – № 6. – С. 62 – 73.
15. Столяренко А. Система управління дорожнім движением / А. Столяренко // Будівництво та безпека. – 2008. – № 1(5). – С. 28 – 31.
16. 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.
17. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени / Под общ. ред. С.А. Смирнова. – Звенигород: Изд. ГУ МО «СЦ «Звенигород», 2006. – 296 с.
18. Основи управління в органах і підрозділах МНС України / О.В. Альбошій, М.М. Кулешов, О.О. Калашніков [та ін.] – Харків, 2007. – 310 с.
19. 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.
20. 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.
21. Предупреждение и ликвидация ЧС, обусловленных террористическими акциями, взрывами, пожарами: Методическое пособие / М.И. Фолеев – М.: Изд. Ин-та риска и безопасн., 2001. – 400 с.
22. Формування інтегральної системи безпеки – запорука добробуту України / О.Ю. Кірючкін, О.А. Левтеров, В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // F+S: технологии безопасности и противопожарной защиты. – 2008. - № 6(36). – С. 60 – 63.
23. Підсистема моніторингу надзвичайних ситуацій в містах України, як складова інтегральної системи безпеки / О.Ю. Кірючкін, О.А. Левтеров, В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: УЦЗУ, 2008. – Вип. 8. – С. 81 – 91

24. Оцінка небезпеки міської інфраструктури в рамках понятивного апарату системи інтегральної безпеки / С.В. Білецький, О.Ю. Кірочкін, В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: НУЦЗУ, 2010. – Вип. 11. – С. 21 – 28

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

Оценка опасности объектов городской инфраструктуры в рамках подходов системы интегральной безопасности

В работе проведен экспертный анализ наиболее распространенных видов опасностей по уровню негативного влияния на функционирование объектов городской инфраструктуры с целью дальнейшего усовершенствования системы интегральной безопасности территории Украины

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

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

City infrastructure objects danger estimation within the framework of the integral safety system approaches

The expert examination of the most widespread types of dangers on the negative influence level on functioning of city infrastructure objects with the purpose of further improvement of the integral safety system of territory of Ukraine is conducted

Key words: danger estimation, city infrastructure, system of integral safety, expert evaluation

Беляев В.Ю., ад'юнкт, НУЦЗУ

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАЗЕМНОЇ ЕВАКУАЦІЇ НАСЕЛЕННЯ ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

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

Формалізовано задачу відшукування оптимальних наземних маршрутів евакуації населення у разі поширення області ураження НС природного та природно-техногенного характеру. Визначено етапи розв'язання вказаної задачі.

Ключові слова: динамічна область надзвичайної ситуації, евакуація населення, маршрути евакуації.

Постановка проблеми. Загальне зростання чисельності населення та щільності його мешкання, підвищення антропогенного тиску на навколишнє середовище, ускладнення самої техногенної сфери і підвищення її потенційної небезпеки, а також вплив глобальних кліматичних змін призводять до зростання ризиків значних людських втрат внаслідок виникнення масштабних природних і техногенних надзвичайних ситуацій (НС) та катастроф.

На території СНД дані фактори поглиблюються падінням рівня технологічної та виробничої дисципліни, зношеністю основних фондів, зменшенням регуляторних функцій інституту держави та фінансовою неспроможністю країн забезпечити прийнятний рівень цивільного захисту населення у разі виникнення загроз.

Одним зі шляхів зменшення людських втрат є евакуація населення із зон можливого впливу вражаючих факторів природних та техногенних надзвичайних ситуацій [1-2].

Нормативні документи [3] встановлюють часові обмеження на проведення повної евакуації населення із зони ураження залежно від типу НС та віддаленості населеного пункту (НП), що евакуюється, від осередку НС. Тому одним з показників ефективності евакуаційних заходів є часовий термін (інтервал) проведення повної евакуації населення. Даний показник є інтегральним, оскільки формується під впливом багатьох чинників, що пов'язані з перебігом розвитку НС, з географічними, демографічними та іншими особливостями НП, транспортною мережею, ресурсними

можливостями (в першу чергу – забезпечення транспортом), організацією управління процесом евакуації, і тому є специфічним для кожного окремого випадку.

В той же час деякі типи НС (масштабні лісові пожежі зі значним задимленням, аварії з викидами небезпечних хімічних або радіоактивних речовин) супроводжуються шкідливими чинниками, що здатні завдати шкоди здоров'ю осіб вже під час проведення евакуації.

Тому зниження часу повної евакуації населення (при виключенні людських втрат) з одночасним зниженням можливої шкоди здоров'ю з боку шкідливих чинників НС є першочерговим завданням при проведенні процесу евакуації.

Успішність виконання цього завдання (ефективність евакуації) залежить від багатьох чинників. Їх врахування можливо за умов побудови відповідних моделей, що описують окремі складові процесу евакуації. Зокрема ефективність евакуації значною мірою визначається обранням маршрутів евакуації (які є складовою частиною плану евакуації).

В той же час для природно-техногенних НС (хімічних, радіаційних, бактеріологічних викидів) заздалегідь визначити шляхи евакуації можливо лише у деяких метеорологічних умовах за додаткових припущень про об'єм викиду [4-5], а у випадку загрози для НП з боку лісової пожежі це зробити взагалі неможливо, оскільки заздалегідь не відома конфігурація осередку і, у зв'язку з цим, – конфігурація і зв'язність транспортної мережі (переміщення по частині доріг може стати неможливим). В таких випадках альтернативою плану евакуації може стати оперативний план евакуації населення, який має розроблятися в режимі реального часу на основі поточної інформації про перебіг розвитку НС. Розробка такого плану можлива лише при створенні відповідного програмного забезпечення, в основі якого повинен лежати прогноз розвитку динамічної НС та математичні моделі знаходження оптимальних маршрутів. Наявність такого плану повинна значно підвищити ефективність процесу евакуації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі [6] розглянуто модель зони безпеки населеного пункту у випадку поширення області ураження НС природного характеру. Модель може виявитися корисною для отримання критерію прийняття рішення про початок проведення евакуації.

В роботі [7] розглядається оптимізація процесу евакуації населення із зони ураження після радіаційної аварії. При цьому об'єкти забруднення та мережа автодоріг є незмінними на час проведення евакуації, тобто розрахунок відбувається на основні ретроспективної, а не прогностичної інформації.

В роботі [8] побудовано розвинену модель, що забезпечує планування евакуації населення міста, але так само не враховує динаміки НС та можливих змін в мережі доріг.

В літературі відсутні моделі евакуації населення при загрозі з боку динамічної області дії небезпечних чинників НС, тому актуальною є задача відшукування оптимальних маршрутів евакуації населення по мережі доріг з динамічною топологією.

Постановка завдання та його вирішення. Метою роботи є формалізація задачі знаходження оптимальних наземних маршрутів евакуації населення з динамічної зони ураження НС та визначення передумов її розв'язання.

Евакуація населення може відбуватися двома шляхами – спонтанно (із залученням власного автотранспорту громадян або пішки) та організовано (із залученням громадського автотранспорту або пішими колонами).

Підвищення ефективності процесу організованої евакуації можливо, якщо план евакуації буде містити в собі маршрути, які можуть бути знайдені на підставі розв'язання оптимізаційної задачі

$$w^* = \arg \left(\min_{w \in W(t)} (T(w), U(w)) \right), \quad (1)$$

де w^* - оптимальний маршрут; $T(w) = \max(\{t(w_i)\}_{i=1..I})$ - термін евакуації (визначається по завершенні останнього рейсу або виходу із зони ураження останньої колони); $U(w) = \max(\{u(w_i; t(w_i))\}_{i=1..I})$ - максимальний з рівнів зараження (опромінення) при прямованні i -им маршрутом; $W(t) = \{w_i\}_{i=1..I(t)}$ - множина всіх можливих маршрутів евакуації, що змінюється в часі за рахунок динаміки області НС; $t(w_i)$ - термін прямовання i -им маршрутом; $u(w_i; t(w_i))$ - індивідуальна доза зараження, отримання якої є наслідком евакуації i -им маршрутом; $I(t)$ - кількість маршрутів (залежить від динаміки області НС).

Складання плану евакуації відбувається з урахуванням нормативних обмежень на термін проведення евакуації та на прийнятний рівень ураження (отримання дози радіації, хімічної речовини) кожної особи, що підлягає евакуації та кожною особою особового складу, що проводить евакуацію, тому необхідно врахувати ряд обмежень

$$T(w) \leq T_n; \quad (2)$$

$$u(w_i; t(w_i)) \leq U_n, \quad \forall i = 1..I, \quad (3)$$

де T_n - нормативний час евакуації; U_n - прийнятний рівень зараження (опромінення).

Зрозуміло, що вимога до виконання цих обмежень залежно від динаміки $W(t)$ може зробити розв'язок задачі (1) неможливим. В цьому випадку пріоритетним є обмеження (3).

В разі евакуації НП у випадку загрози з боку лісової пожежі або катастрофічного підтоплення задача спрощується до

$$w^* = \arg \left(\min_{w \in W(t)} (T(w)) \right), \quad (4)$$

при обмеженні (2).

Вхідними даними для конкретизації задачі (1)-(3) та (2), (4) мусять бути:

- місцезорозташування населених пунктів у зоні НС;
- розподіл населення, що підлягає евакуації, по населених пунктах;
- мережа доріг у зоні НС, по якій прокладаються маршрути евакуації, та її властивості (пропускна спроможність, якість покриття, крутизна, звивистість тощо);
- залежності швидкості руху від властивостей доріг;
- наявні транспортні ресурси для проведення організованої евакуації;
- прогноз динаміки області НС – просторово-часової залежності концентрації $C = f(x; y; t)$ радіоактивних (хімічно небезпечних речовин) у випадку викиду (задача (1)-(3)) або контуру $L(x; y; t) = 0$ області НС у випадку розповсюдження лісової пожежі, катастрофічного підтоплення при руйнуванні гідрологічних споруд тощо (задача (2), (4));

- нормативні значення T_n і U_n .

Більшість вхідних даних містить у собі інформацію про просторове розташування, і тому для її опису зручно застосовувати можливості геоінформаційних систем (ГІС) [9].

Деякі з вхідних даних, у свою чергу, вимагають побудови допоміжних моделей, тому розв'язання задачі відшукування оптимальних маршрутів евакуації передбачає декілька етапів:

- розробку критерію прийняття рішення про початок проведення евакуації;
- розробку моделі динаміки доступної мережі доріг з урахуванням існуючих моделей динаміки області НС;
- розробку моделей маршрутів евакуації по доступній мережі доріг;
- розробку моделей швидкості руху по маршрутах;
- розробку моделі отримання радіаційної або хімічної дози при русі вздовж маршруту.

Математичний апарат, за допомогою якого планується розв'язання задачі, - дослідження операцій [10] та оптимізація на мережевих графах [11].

Ефективність евакуації по оптимальних маршрутах може бути оцінена в випадку розв'язку задачі (1)-(3) як

$$K_T = T(w^*)/T(w_p); \quad (5)$$

$$K_U = U(w^*)/U(w_p), \quad (6)$$

де w_p - маршрути евакуації, що містяться в існуючих планах евакуації.

Відповідно при розв'язку задачі (4), (2) ефективність може бути оцінена лише за допомогою (5).

Висновки. Питання підвищення ефективності евакуації населення в надзвичайних ситуаціях потребує подальшого вдосконалення і розвитку. Підвищення ефективності евакуації можливо за рахунок розробки науково – обґрунтованих планів евакуації, а саме – відшукування оптимальних маршрутів евакуації. Огляд літератури продемонстрував відсутність моделей, що дозволяють знайти оптимальні наземні маршрути евакуації у разі поширення області НС; у зв'язку з цим проблема є актуальною та потребує вирішення. Формалізовано задачу отримання оптимальних назем-

них маршрутів евакуації за критерієм мінімуму часу та мінімуму отриманого ураження з боку небезпечних чинників НС й намічено етапи розв'язання цієї задачі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про єдину державну систему запобігання і реагування на НС техногенного та природного характеру. Постанова КМУ № 1198, 1998 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1198-98-%EF>
2. Концепція захисту населення і територій у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій. Указ Президента України, 1999 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/txt/?doc=laws/laws/law284_99.
3. Про затвердження Положення про порядок проведення евакуації населення у разі загрози або виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. Постанова КМ України N 1432, 2001 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/КР011432.html
4. Рудаков А.П. Гражданская оборона области./ А.П. Рудаков// - М.: Воениздат, 1986. – 167 с.
5. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. Учебное пособие / Под ред. Фалеева М.И. - Калуга: ГУП «Облиздат», 2001. – 259 с.
6. Абрамов Ю.А. Математическая модель зоны уязвимости объекта «заботы» поражающими факторами чрезвычайной ситуации. / Ю.А. Абрамов, О.А. Тарасенко // Пожежна безпека. Вип. 14. – Львів: АБЖ, 2009. – С. 67-73.
7. Глушкова В.В. Оптимизация процесса эвакуации населения в случае радиационной аварии / В.В. Глушкова, А.А. Седлецкий, Д.А. Седлецкий // Математические машины и системы. – 1998. - №1.– С. 89-94.
8. Косоруков О.А. Управляющая система проведения эвакуации из крупных городов на основе комплекса оптимизационных математических моделей / О.А. Косоруков, А.И. Овсяник, О.В. Виноградов // Вестник Казанского технологического университета. – Казань: КГТУ. – 2006. - №6. – С. 163-169.
9. Кошкарев А.В. Геоинформатика / А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов. - М.: Картгеоцентр-Геоиздат, 1993. - 213 с.

10. Таха Х. Введение в исследование операций. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2001. - 912 с.
11. Алексеев В.Е. Графы. Модели вычислений. Структуры данных / В.Е. Алексеев, В.А. Таланов – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2005. - 307 с.

Беляев В.Ю.

Пути повышения эффективности эвакуации населения при чрезвычайных ситуациях

Формализована задача нахождения оптимальных наземных маршрутов эвакуации населения в случае расширения области поражения ЧС природного та природно-техногенного характера. Обозначены этапы решения указанной задачи.

Ключевые слова: динамическая область чрезвычайной ситуации, эвакуация населения, маршруты эвакуации

Belyaev V.U.

The ways to increasing the efficiency evacuation people in emergencies

Formalized the problem of finding optimal land routes of evacuation people in cases of extension the area of lesion natural and natural-technological emergencies. The stages of posed problem identified.

Key words: dynamic area of emergencies, evacuation people, evacuation routes

УДК 331.101

*Бородич П.Ю., канд. техн. наук, викл., НУЦЗУ,
Росоха С.В., д-р техн. наук, нач. фак., НУЦЗУ,
Стрілець В.М., канд. техн. наук, нач. лаб., НУЦЗУ*

**ВДОСКОНАЛЕННЯ РОЗРАХУНКІВ НА ПОСТУ БЕЗПЕКИ
ПІД ЧАС РОБОТИ В АСП ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ В МЕТРОПОЛІТЕНІ**
(представлено д-ром техн. наук Прохачем Е.Ю.)

За результатами аналізу отриманих закономірностей роботи рятувальників в ізолюючих апаратах запропоновано розрахункові співвідношення, якими доцільно користуватись для визначення часу роботи в апаратах на стисненому повітрі під час ліквідації надзвичайних ситуацій в метрополітені

Ключові слова: АСП, метрополітен, рятувальні роботи, пост безпеки, контрольний тиск, спрощені розрахунки

Постановка проблеми. Керівні документи щодо проведення аварійно-рятувальних робіт в метрополітені [1,2] вимагають, щоб рятувальники працювали в регенеративних дихальних апаратах (РДА). У відповідності до них визначено і порядок розрахунків, які виконуються на посту безпеки [3]. Проте, практично всі пожежно-рятувальні підрозділи МНС, які першими прибувають до місця надзвичайної ситуації, про що свідчить як аналіз реальних аварійно-рятувальних робіт, які мали місце під час ліквідації надзвичайних ситуацій (НС) в метрополітені [4,5], так і практика тактико-спеціальних навчань, наприклад на станціях Харківського метрополітену [6], озброєні апаратами на стисненому повітрі (АСП). Час захисної дії останніх значно менше часу захисної дії РДА.

Аналіз останніх досліджень та публікацій показав, що в більшості робіт [3,7], де розглядаються питання розрахунків на посту безпеки під час роботи в РДА, в їх основу покладено резервування на непередбачені обставини такої кількості газоповітряної суміші в балоні апарату, яка була витрачена за час входу. Аналогічний підхід має місце і в [8], де наведені пропозиції щодо розрахунків у разі проведення аварійно-рятувальних робіт в АСП в будівлях, які мають складні конструктивно-планувальні рішення та

значні розміри. При цьому при визначенні конкретних часових характеристик використовують показник легеневої вентиляції $\omega_{л}=30$ л/хв., який відповідає роботі середнього ступеня важкості. В той же час в [9] відмічено, що під час розрахунків доцільно користуватись показником розходу повітря (в звичайному випадку $\omega \approx 40$ л/хв.), який в цілому відповідає показнику легеневої вентиляції, який рекомендує фірма Drager [10]. Це дозволило в [9] обґрунтувати спрощені розрахункові співвідношення. Проте вони не враховують специфічні особливості, які є характерними для рятувальних робіт в АСП в метрополітені. Так, рекомендований в [9,10] показник $\omega \approx 40$ л/хв. суттєво відрізняється від результатів експериментальних досліджень розходу повітря, які були отримані під час тактико-спеціальних навчань на станціях метрополітену глибокого залягання [11].

Постановка завдання та його вирішення. Таким чином, вдосконалення існуючих підходів до розрахунку часу роботи в ізолюючих апаратах під час проведення аварійно-рятувальних робіт на станціях метрополітену вимагає врахування закономірностей роботи рятувальників, які озброєні апаратами на стисненому повітрі.

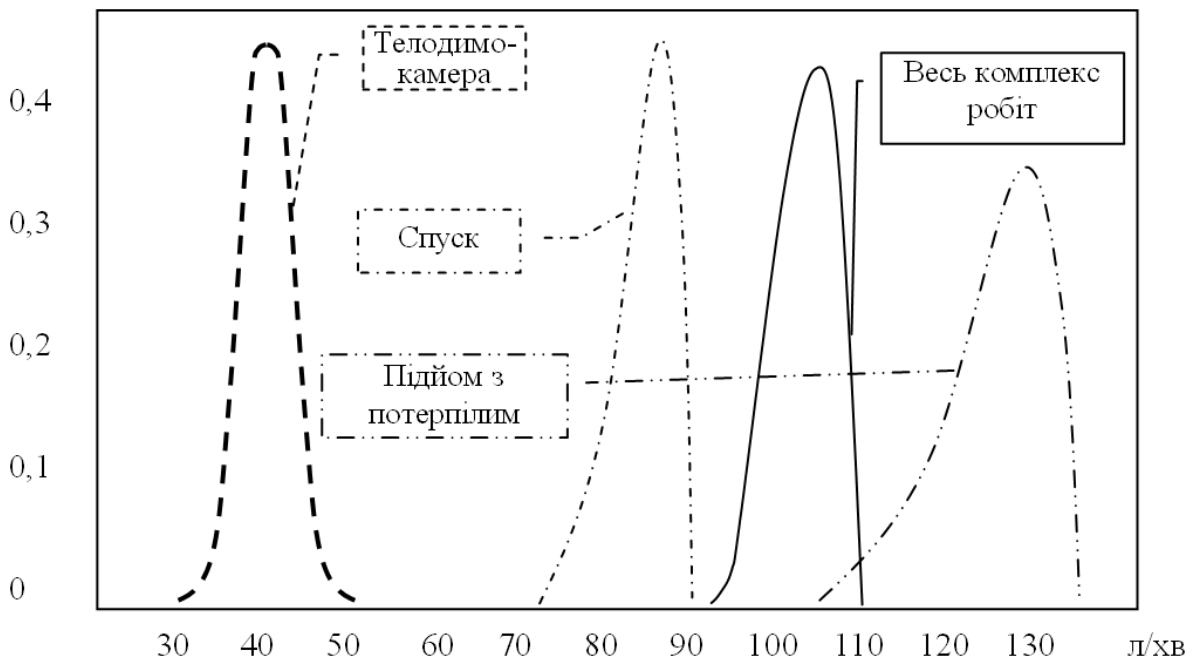


Рис. 1 – Розподіл розходу повітря під час роботи в АСП

Для розв'язання поставленої задачі закономірності розходу повітря, які були отримані за результатами тактико-спеціальних навчань на станціях глибокого залягання Харківського метрополітену [11], представлені у вигляді, який наведено на рисунку 1.

Крім того, необхідно врахувати, що швидкість руху відділення ГДЗС суттєво міняється в залежності від того, спуск чи підйом здійснюють газодимозахисник, яким чином здійснюється евакуація потерпілих (супровід чи винесення), тощо. Для цього експериментальні результати, які дозволяють проаналізувати швидкість руху рятувальників, що озброєні АСП, представлені у вигляді, який наведено на рисунку 2.

В [3] відзначено, що при роботі в АСП мінімальний тиск у балонах на момент початку виходу $P_{вих}$ розраховується як

$$P_{вих} = P_{вх} + P_{рез}, \quad (1)$$

де $P_{вх}$ - величина, на яку зменшився тиск під час руху до місця роботи, МПа; $P_{рез}$ - деякий рівень показника тиску повітря, яке необхідно резервувати на непередбачені обставини, МПа.

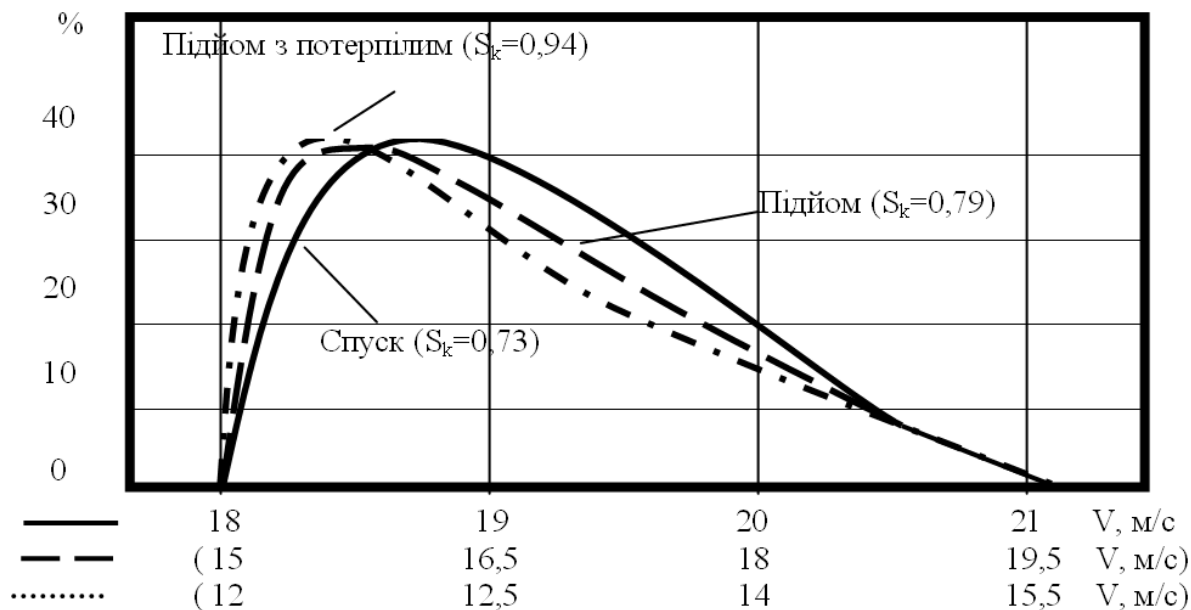


Рис. 2 – Розподіл швидкості руху рятувальників в АСП по нерухомому ескалатору

В той же час, якщо врахувати різницю у витраті повітря при спуску рятувальників $\bar{\omega}_{лвх}$ і підйомі по нерухомому ескалатору з

потерпілим без свідомості $\bar{\omega}_{лвих}$ (див. рис.2), що при однаковій відстані S до місця роботи визначає час входу $t_{вх}$ й виходу $t_{вих}$ ланки або відділення ГДЗС, можна побачити, що без урахування тиску повітря, яке резервується, має місце відношення

$$\begin{aligned} \frac{P_{вих}}{P_{вх}} &= \frac{Q_{вих} \cdot \frac{P_a}{V_б}}{Q_{вх} \cdot \frac{P_a}{V_б}} = \frac{\bar{\omega}_{лвих} \cdot t_{вих}}{\bar{\omega}_{лвх} \cdot t_{вх}} = \frac{\bar{\omega}_{лвих} \cdot \frac{S}{\bar{v}_{вих}}}{\bar{\omega}_{лвх} \cdot \frac{S}{\bar{v}_{вх}}} = \\ &= \frac{\bar{\omega}_{вих} \cdot \bar{v}_{вх}}{\bar{\omega}_{вх} \cdot \bar{v}_{вих}} \approx \frac{120 \cdot 19}{79 \cdot 12,5} \approx 2,3, \end{aligned} \quad (2)$$

де $\bar{v}_{вх} \approx 19$ м/хв., $\bar{v}_{вих} \approx 12,5$ м/хв. – середня швидкість руху рятувальників при спуску й підйомі по ескалатору з постраждалим, відповідно (див. рис.2).

Тобто, з обліком $P_{рез}$ і того, що тиск в АСП-2 (розрахунковий тиск 20,0 МПа), при якому апарат може стояти на чергуванні, повинен бути більше 18,0 МПа, а в інших АСП (розрахунковий тиск 30,0 МПа) – більше 27,0 МПа, мінімальний тиск $P_{вих}$ повітря в балонах АСП, при якому треба починати повернення на свіже повітря, повинен бути практично у три рази більше тієї величини $P_{вх}$, на яку впав тиск за час руху до місця бойової роботи. Одночасно це співвідношення дає важливу практичну рекомендацію з визначення моменту, коли ланці (відділенню) ГДЗС необхідно припинити розвідку, – рятувальники повинні почати повернення до поста безпеки при зменшенні тиску в АСП у любого з рятувальників на одну четверту початкового $P_{поч}$ тиску.

Крім цього, якщо врахувати те, що більшість АСП, які використовуються в оперативно-рятувальних підрозділах, мають восьмилітрові (або два чотирилітрові) балони, постовий на посту безпеки може використовувати для розрахунку часу роботи рятувальників не величину витрати повітря й відповідні співвідношення, які зв'язують кількість повітря, тиск і час, а швидкість падіння тиску $\frac{\Delta P}{\Delta t}$.

Так, при спуску рятувальників по нерухомому ескалатору тиск зменщується зі швидкістю

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{\Delta Q \cdot P_a}{\Delta t \cdot V_6} = \left| \begin{array}{l} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \omega \approx 80 \text{ л/хв.}; \\ V_6 = 8 \text{ л}; P_a \approx 0,1 \text{ МПа} \end{array} \right| \approx 1 \text{ МПа/хв.}, \quad (3)$$

а при підйомі потерпілого по нерухомому ескалатору

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} \approx 1,5 \text{ МПа/хв.} \quad (4)$$

Практика використання запропонованих рекомендацій показала, що скорочення часу розрахунків на посту безпеки дає можливість постовому приділити більше уваги підготовці ланки (відділення) ГДЗС та контролю їх роботи.

Висновки. Напрямки подальших досліджень. Таким чином, врахування закономірностей проведення аварійно-рятувальних робіт на станціях метрополітену в АСП дозволило уточнити розрахункові співвідношення, які повинен виконувати постовий на посту безпеки:

- при проведенні розвідки в ході рятувальних робіт в АСП ланка (відділення) ГДЗС повинна почати повернення до поста безпеки при зменшенні тиску в балонах у любого з рятувальників на одну четверту початкового;

- постовий на пості безпеки може збільшити час для підготовки ланки до проведення робіт у непридатному для дихання середовищі за рахунок скорочення часу виконання обов'язкових розрахунків (розрахункових часів припинення розвідки й повернення, контрольного тиску, при якому необхідно починати повернення) шляхом використання спрощених співвідношень. Так, у випадку роботи в АСП, які мають восьмилітровий балон, можна використовувати для розрахунку швидкість падіння тиску від 1 МПа/хв. для ситуації спуска ланки по нерухомому ескалатору до 1,5 МПа/хв. при підйомі потерпілого без свідомості по нерухомому ескалатору.

Подальші дослідження доцільно направити на визначення тих особливостей, які необхідно враховувати постовому на посту безпеки, що пов'язані з оснащенням ланки (відділення), маркою ізолюючого апарату, характеристиками конкретної станції метрополітену, а також ступінню виконання нормативних вимог на ній.

ЛІТЕРАТУРА

1. НАПБ 04.002-95 Бойовий статут пожежної охорони України/ Затверджено: МВС України, 29.03.95 Наказ №188 діє з: 29.03.1995 - К.: Десна, 1995. – 126 с.
2. В.П. Беляцкий, Г.П. Павлов Методическое пособие по организации и тактике тушения пожаров на объектах метрополитена.– Москва, 1986.– 156 с.
3. Настанова по газодимозахисній службі пожежної охорони МВС України. Наказ № 657 МВС України від 2 грудня 1994 р. – Київ, 1994.– 128 с.
4. Бородич П.Ю., Стрілець В.В. Особливості застосування ізолюючих апаратів при ліквідації надзвичайних ситуацій в метрополітені // Технічні засоби для профілактики надзвичайних ситуацій і ліквідації їх наслідків. Матеріали науково-практичної конференції. – Харків: АЦЗУ, 2004. – С.11-14.
5. Форум: Пожар в метрополитене. – 2008. - Режим доступа: www.emercomrb.bashnet.ru
6. Стрілець В.М. Перспективи вдосконалення дослідницького характеру командно-штабних навчань / Матеріали науково-практичної конференції «МНС України: сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку» - Харків, УЦЗУ, 2007. – С.332-334
7. Перепечаев В.Д., Береза В.Ю. Газодымозащитная служба пожарной охраны // Учебник. – Чернигов, РИК «Деснянська правда», 2000. – 468 с.
8. Бондаренко М.В., Долматов С.Н. ГДЗС в примерах: Учебное пособие.– М.: Академия ГПС МЧС России, 2006. – 53 с.
9. Ковальов П.А., Стрілець В.М. Вдосконалення методики розрахунку часу роботи в ізолюючих апаратах / Проблемы пожарной безопасности - № 22 – Харьков, УГЗУ, 2007. – С.101-105
10. Рекомендації для вивчення повітряних протигазів “Drager” PA 90 SERIES {PA 92} у підрозділах гарнізонів пожежної охорони. – К.: УДПО МВС України, 1995. – 19 с.
11. Стрілець В.М., Бородич П.Ю. Закономерности работы спасателей в изолирующих аппаратах при проведении работ на станциях метрополитена./ Проблемы надзвичайних ситуацій - № 3 – Харків, Фоліо, 2006. – С. 48-57

Бородич П.Ю., Росоха С.В., Стрелец В.М.

Совершенствование расчетов на посту безопасности во время работы в АСВ при ликвидации чрезвычайных ситуаций в метрополитене

В результате анализа полученных закономерностей работы спасателей в изолирующих аппаратах предложены расчетные соотношения, которыми целесообразно пользоваться для определения времени работы в аппаратах на сжатом воздухе при ликвидации чрезвычайных ситуаций в метрополитене

Ключевые слова: АСВ, метрополитен, спасательные работы, пост безопасности, контрольное давление, упрощенные расчеты

Borodych P.Y., Rosoha S.V., Strelec V.M.

Improving the safety of settlements in the post while working at the DIA at disaster management in Metro

As a result, the analysis of the laws of the rescuers in the SCBA proposed settlement ratio, which is expedient to use to determine when to work in devices with compressed air at the disaster management in Metro

Key words: CABA, underground, rescue, post security, the reference pressure, the simplified calculation

УДК 355.58

*Вальченко А.И., канд. тех. наук, доц., НУГЗУ,
Метелев В.А., студент, НТУ «ХПИ»,
Халыпа В.М., канд. тех. наук, доц., НУГЗУ*

**РАСЧЁТ НА ПРОЧНОСТЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕЗЕРВУАРА
ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ**

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

Предложена методика расчёта на прочность вертикальных цилиндрических резервуаров при осесимметричном нагружении гидростатическим давлением, действием собственного веса и распределённой по окружности верхнего края осевой силой N

Ключевые слова: длинная цилиндрическая оболочка, гидростатическое давление, функция радиальных прогибов, осевые изгибные напряжения, краевой эффект

Постановка проблемы. В настоящее время большое по объёму количество токсичных жидкостей содержится на складах в стандартных ёмкостях, среди которых наиболее распространены

вертикально расположенные цилиндрические резервуары. Повреждение данных резервуаров приводят к истечению из них токсических жидкостей и возникновению чрезвычайных ситуаций класса 10400 (наличие в природной среде вредных (загрязняющих) веществ свыше предельно допустимых концентраций). Очевидно, что к прочности оболочек таких резервуаров предъявляются достаточно высокие требования. В связи с этим актуальной является задача расчёта напряжённо-деформированного состояния (НДС) цилиндрического резервуара под действием гидростатического давления и осевой нагрузки действующей на его стенки.

Анализ последних исследований и публикаций. Методы расчёта на прочность и жёсткость длинных цилиндрических оболочек при осесимметричном нагружении с учётом краевого эффекта изложены в работах [2,3]. В них приведены расчётные зависимости при постоянном давлении в резервуаре и краевыми нагрузками, обусловленными условиями закрепления краёв оболочки.

Постановка задачи и её решение. Осесимметричное деформирование цилиндрического резервуара происходит под действием гидростатического давления, а также собственного веса самой оболочки и распределённой осевой силы, приложенной к верхнему краю (Рис. 1). С точки зрения прочности, наиболее нагруженными является часть стенки оболочки, у дна. В месте соединения оболочки с дном отсутствуют радиальные перемещения и угол поворота края оболочки. Цилиндрическая оболочка предполагается длинной, что исключает взаимное влияние нагрузок приложенных к верхнему и нижнему краям.

Дифференциальное уравнение относительно функции $W(x)$ радиальных прогибов оболочки имеет вид

$$W^{IV} + 4\beta^4 W = \frac{1}{D} \left[- \left(\gamma + \gamma_m \nu \frac{h}{R} \right) x + \gamma L + \gamma_m \nu \frac{h}{R} L + \frac{\nu N}{2\pi R^2} \right], \quad (1)$$

где R – радиус оболочки [м], h – толщина [м], L – длина [м], γ – удельный вес жидкости [$\text{Н} \cdot \text{м}^{-3}$], γ_m – удельный вес материала оболочки [$\text{Н} \cdot \text{м}^{-3}$], ν – коэффициент Пуассона, N – вес крышки, действующий на верхний край [Н], E – модуль упругости материала

оболочки [Па], $D = Eh^3 / (12(1 - \nu^2))$ – цилиндрическая жёсткость [Н·м], $\beta = \sqrt[4]{3(1 - \nu^2)} / \sqrt{Rh}$ – характерный параметр оболочки [м⁻¹].

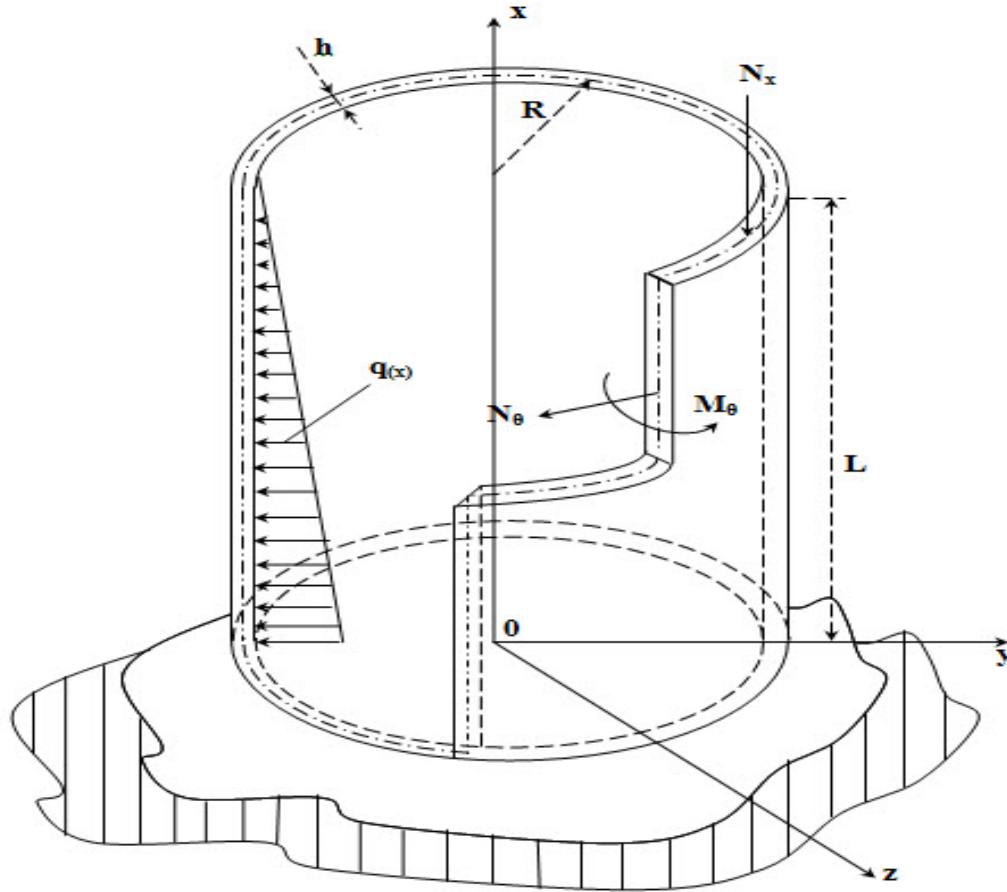


Рис. 1 – Внешние нагрузки и внутренние силовые факторы в сечении оболочки

Его общее решение, описывающее деформированное состояние у нижнего заземлённого края определяется выражением

$$W = \frac{1}{4\beta^4 D} \left[e^{-\beta x} \left\{ - \left(\gamma L + \gamma_m \nu \frac{h}{R} L + \frac{\nu N}{2\pi R^2} \right) \cos \beta x - \left[\gamma L + \gamma_m \nu \frac{h}{R} L + \frac{\nu N}{2\pi R^2} - \frac{1}{\beta} \left(\gamma + \gamma_m \nu \frac{h}{R} \right) \right] \sin \beta x - \left(\gamma + \gamma_m \nu \frac{h}{R} \right) x + \gamma L + \gamma_m \nu \frac{h}{R} L + \frac{\nu N}{2\pi R^2} \right\} \right]. \quad (2)$$

С помощью полученного решения запишем выражения для основных внутренних силовых факторов в сечении оболочки под действием заданной внешней нагрузки.

Погонный осевой изгибающий момент

$$M_x = D \frac{d^2 W}{dx^2} = -\frac{1}{2\beta^2} e^{-\beta x} \left\{ \left(\gamma L + \gamma_m \nu \frac{h}{R} L + \frac{\nu N}{2\pi R^2} \right) \sin \beta x + \left[\gamma L + \gamma_m \nu \frac{h}{R} L + \frac{\nu N}{2\pi R^2} - \frac{1}{\beta} \left(\gamma + \gamma_m \nu \frac{h}{R} \right) \right] \cos \beta x \right\}. \quad (3)$$

Погонная осевая сила

$$N_x = -\frac{N}{2\pi R} - \gamma_m h (L - x). \quad (4)$$

Погонный окружной изгибающий момент

$$M_\theta = \nu M_x. \quad (5)$$

Погонная окружная сила

$$N_\theta = Eh \frac{W}{R} + \nu N_x. \quad (6)$$

Максимальные напряжения в резервуаре действуют на нижнем крае: растягивающие на внутренней и сжимающие на внешней поверхностях стенки

$$\sigma_{x_{\max}}^\pm = \pm \frac{6M_x}{h^2} + \frac{N_x}{h}. \quad (7)$$

Вычисление радиальных прогибов и максимальных напряжений по приведенным формулам требует проведения большой вычислительной работы, поэтому расчёт напряжённо-деформированного состояния осуществляется в программной среде Maple.

Рассмотрим характер распределения радиальных прогибов и внутренних силовых факторов на конкретном примере. Исходные данные для расчёта

$$R = 2.3 \text{ м}, L = 7 \text{ м}, h = 0.0025 \text{ м}, \gamma = 9.81 \cdot 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3}, \gamma_m = 76.5 \cdot 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3},$$

$$\nu = 0.3, N = 2.9 \cdot 10^3 \text{ Н}, E = 2.1 \cdot 10^{11} \text{ Па}, [\sigma] = 160 \text{ МПа}.$$

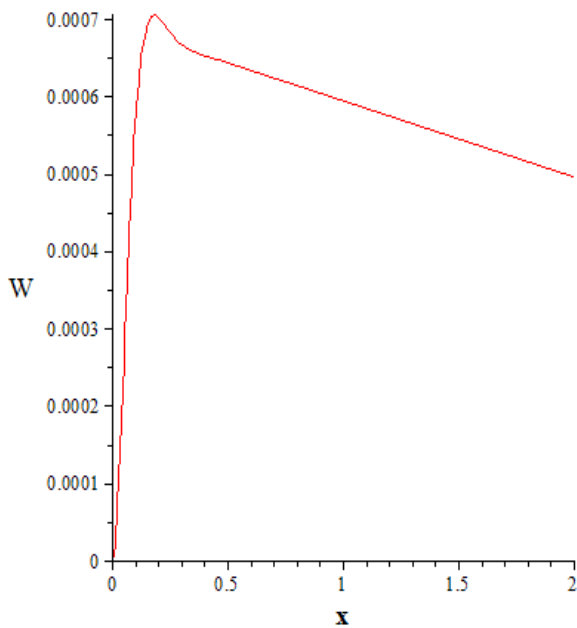


Рис. 2 – График функции радиальных прогибов

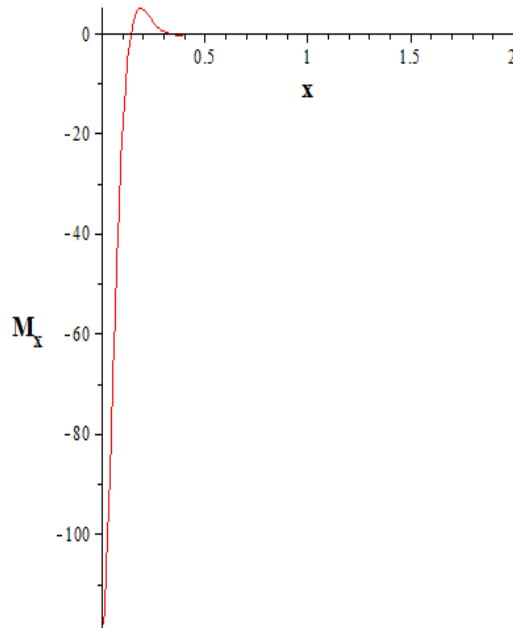


Рис. 3 – График осевого изгибающего момента

Из рис. 2 следует, что наибольший радиальный прогиб оболочки $W_{\max} = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ достигается на расстоянии $x = 0.1825 \text{ м}$ от днища. Максимальный осевой изгибающий момент действует на нижнем крае оболочки и его величина составляет $M_{x_{\max}} = -117.85 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-1}$.

Максимальные сжимающие напряжения действуют на внешней поверхности нижнего края и согласно формуле (7) равны $\sigma_{x_{\max}} = -114 \text{ МПа}$. Т.о. коэффициент запаса по допускаемым напряжениям составляет $n = [\sigma] / |\sigma_{x_{\max}}| = 1.4 \text{ МПа}$.

Выводы. Предложена схема расчёта на прочность вертикальных цилиндрических резервуаров при осесимметричном нагружении на основе моментной теории изгиба. Определены сечения, в которых достигается наибольший радиальный изгиб и действуют максимальные осевые напряжения изгиба для резервуара с жёстким днищем, приведен конкретный пример расчёта. Полученные в работе результаты целесообразно использовать при разработке предложений по повышению прочности оболочек цилиндрических резервуаров для хранения токсических жидкостей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Державний класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 019-2001. (Затверджений наказом Держстандарту України від 19.10.2001 р. № 552) [Електронний ресурс]. - (Нормативний документ Держстандарту України. Коасифікатор).- Режим доступу: http://www.lnu.edu.ua/faculty/bzhd/ZO/DK_019-2001.pdf.
2. Кан С. Н. Строительная механика оболочек / Кан С. Н. – М.: Машиностроение, 1966. - 508 с.
3. Шутенко Л.М. Механіка споруд / Шутенко Л. М., Пустовойтов В. П., Засядько М. А. – Харьков: ХДАМГ, 2001. – 239 с.

Вальченко О.І., Метельов В.О., Халипа В.М.

Розрахунок на міцність циліндричного резервуара для зберігання токсичних рідин

Запропоновано методику розрахунку на міцність вертикальних циліндричних резервуарів при осесиметричному навантаженні гідростатичним тиском, дією власної ваги і розподіленої по колу верхнього краю осьовою силою N

Ключові слова: довга циліндрична оболонка, гідростатичний тиск, функція радіальних прогинів, осьові згинні напруги, крайовий ефект

Valchenko O.I., Mielielov V.O., Chalypa V.M.

Calculation of the strength of cylindrical tank for storage toxic liquids

The method of calculation the strength of vertical cylindrical tanks under axisymmetric loading by hydrostatic pressure, its own weight and distributed on a circle of the upper edge axial force N is offered

Key words: a long cylindrical shell, the hydrostatic pressure, a function of radial deflection, axial bending stresses, edge effect

УДК 641.8

*Вамболь С.А., канд. техн. наук, нач. каф., НУГЗУ,
Халыпа В.М., канд. техн. наук, доц., НУГЗУ*

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПЕРЕКРЕСТНЫХ БАЛОК ПОДПОРНЫХ СТЕНОК ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО ЗАЩИТНОГО СООРУЖЕНИЯ

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

Предложена методика расчета на прочность и жесткость балок подпорной стенки защитного гидротехнического сооружения плоского перекрытия с прямоугольным контуром, на которое воздействует гидростатическое давление

Ключевые слова: гидростатическое давление, гидротехническое сооружение, подпорная стенка, каноническая система уравнений

Постановка задачи. Для предупреждения чрезвычайной ситуации связанной с повышением уровня рек, водоемов, подтоплением населенных пунктов, транспортных коммуникаций и применяются временные гидротехнические сооружения в виде подпорных стенок. Они должны препятствовать проникновению жидкости из одного пространства в другое. В связи с этим расчет их напряженно-деформированного состояния под действием гидростатического давления имеет важное практическое значение.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросы устойчивости при опрокидывании подпорных стенок авторами были изложены в работе [1]. Методы расчета на прочность подпорных стенок и гидравлических затворов изложены в работах [2-4]. Однако, разнообразие конструктивных форм подпорных стенок: пластины, оболочки, кирпичная кладка с поперечным сечением прямоугольной трапеции и т.д. требует индивидуального подхода к выбору расчетных схем.

Постановка задачи и ее решение. Предположим, что требуется рассчитать плоское перекрытие с прямоугольным контуром, состоящее из пластины и подкрепляющих балок. Нагрузка, воспринимаемая пластиной передается системе равноудаленных балок, называемыми балками главного направления. Эти балки поддерживаются опертой по концам перекрестной балкой АВ (рис.1а).

Гидростатическое давление, эпюра которого представлена на рис. 1б, воспринимаемое пластиной предполагается равномерно распределенным между балками главного направления.

Пусть h – глубина погружения верхней стороны контура, тогда $q_1 = \rho gh$, ρ – плотность жидкости, g – ускорение свободного падения, $q_2 = q_1 + \rho gl$

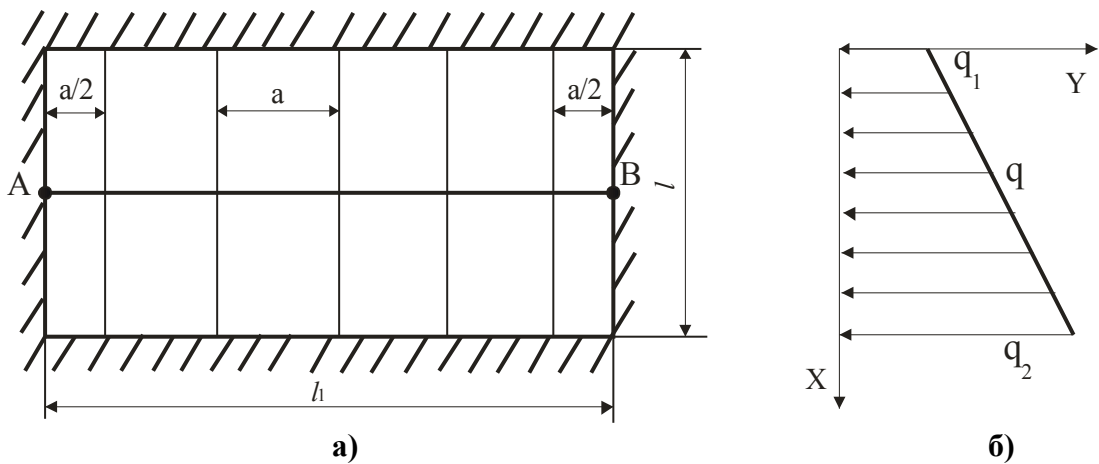


Рис. 1 – Плоское перекрытие с подкрепляющими балками под действием гидростатического давления

Пусть q обозначает приходящуюся на одну из этих балок сплошную нагрузку, передающуюся от пластины, а R – реакцию, оказываемую на рассматриваемую балку перекрестной балкой АВ. Прогиб этой балки главного направления в месте соприкосновения с перекрестной балкой может быть представлен такой формулой

$$y = \gamma q - \beta R$$

где γ и β постоянные коэффициенты, определяемые размером балок главного направления, законом распределения нагрузки q и местом расположения перекрестной балки. Если нагрузка распределена по линейному закону (рис. 1б), то

$$q = \frac{q_2 + q_1}{2} a, \tag{1}$$

а перекрестная балка расположена посередине балок главного направления, то будем иметь

$$\gamma = \frac{5 l^3}{384 EJ}, \quad \beta = \frac{l^3}{48EJ}$$

Здесь через l обозначен пролет балок главного направления, а через EJ их жесткость на изгиб. Соответствующие величины для перекрестной балки обозначим через l_1 и EJ_1 .

Перекрестная балка изгибается силами R_i ($i=1, n$), где n число балок главного направления, приложенных в местах пересечения ее с балкой главного направления. Таким образом, представленная расчетная схема является n раз статически неопределимой.

Раскрытие статической неопределенности в этом случае наиболее удобно осуществить на основе метода сил, принимая R_i в качестве неизвестных, что приводит к следующей канонической системе уравнений

$$\begin{cases} (\delta_{11} + a_1)R_1 + \delta_{12}R_2 + \dots + \delta_{1n}R_n = f \\ \delta_{21}R_1 + (\delta_{22} + a_1)R_2 + \dots + \delta_{2n}R_n = f \\ \dots\dots\dots \\ \delta_{n1}R_1 + \delta_{n2}R_2 + \dots + (\delta_{nn} + a_1)R_n = f \end{cases}, \quad (2)$$

В этих выражениях приняты следующие обозначения: $\delta_{ij} = \delta_{ji}$ – симметричные коэффициенты влияния перекрестной балки, т.е. прогиб ее сечения в месте пересечения с j -ой балкой главного направления от единичной силы, приложенной в месте пересечения с i -ой балкой главного направления. $a_1 = \frac{l_1^3}{48EJ_1}$ –

прогиб балки главного направления в середине ее пролета от действия единичной силы, приложенной там же;

$f = \frac{5}{384} \frac{1}{2} \frac{(q_2 + q_1)}{EJ} \cdot a \cdot l^4$ – прогиб в середине пролета балки главного направления под действием воспринимаемого ею гидростатического давления (1).

Решения системы (2) определяет все неизвестные силы R_1, R_2, \dots, R_n взаимодействия между балками главного направления с перекрестной балкой в местах пересечения. После этого расчет на прочность и жесткость каждой из балок осуществляется независимо друг от друга известными методами строительной механики.

Отметим так же, что при симметричном расположении одинаковых балок главного направления число неизвестных четных n сокращается ровно вдвое, при нечетном – число неизвестных уменьшается до $(n+1)/2$, что существенно упрощает решение системы (2). Если изгибные жесткости $EJ = EJ_1$, то эти величины из всех уравнений системы (2) вовсе исключаются.

Необходимо подчеркнуть, что в результате решения канонической системы (2) в случае нечетного числа равноудаленных балок главного направления сила взаимодействия между центральной балкой главного направления и перекрестной балкой может оказаться отрицательной. Это свидетельствует о том, что перекрестная балка данной конструкции подпорной стенки обладает меньшей жесткостью на изгиб и вместо нагрузки которая должна подкреплять центральную балку оказывает на нее дополнительную к гидростатическому давлению нагрузку. В такой ситуации необходимо увеличить жесткость перекрестной балки до такой величины при которой указанная сила взаимодействия в решении (2) станет положительной.

Если жесткость на изгиб перекрестной балки значительно превосходит жесткость балок главного направления, то расчет на прочность и жесткость балок главного направления следует вести по схеме шарнирной трехопрной балки.

Выводы. В работе предложена схема расчета на прочность подпорных стенок с перекрестными балками, перекрывающих прямоугольный контур, с целью защиты от наводнений различных коммуникаций при повышении уровня воды в руслах рек и водохранилищ. Составлена каноническая система разрешающих уравнений на основе метода сил для определения усилий возникающих между балками главного направления и перекрестной балкой. При расчете подпорных стенок такого типа следует обратить внимание, что жесткость перекрестной балки может существенно влиять на характер силового взаимодействия такого гидротехнического сооружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. К вопросу устойчивости подпорных стенок при опрокидывании под действием гидростатического давления: Матеріали VII міжвузівської науково-практичної конференції “Можливості

використання методів механіки в надзвичайних ситуаціях” (Харків, 12 грудня 2008 р.). / — Х.: НУЦЗУ 2008. — 19 с

2. Большаков В.А. Гидравлика./ Большаков В.А., Попов В.Н. - К., Вища школа, 1989, - 215 с..
3. Константинов Ю,М. Технічна механіка рідини і газу. / Константинов Ю,М. , Гіжа О.О. – К., Вища школа, 2002 р., - 277 с.
4. Латышенков А.М. Гидравлика / Латышенков А.М., Лобанов В.Г. – М, Высшая школа 1956 г. – 408 с.

Вамболь С.О., Халипа В.М.

Алгоритм розрахунку перетинних балок підірних стінок гідротехнічних захисних споруд

Запропонована схема розрахунку на міцність підірних стінок з перетинними балками, що перекривають прямокутний контур, з метою захисту від повеней різноманітних комунікацій при підвищенні рівня води рік та водосховищ. Складена канонічна система розв'язувальних рівнянь на основі метода сил для визначення зусиль взаємодії між балками головного напрямку і перетинної балки.

Ключові слова: гідростатичний тиск, гидротехнічна споруда, підпорна стінка, канонічна система рівнянь

Vambol S.A., Halypa V.M.

Algorithm of calculation of cross beams of retaining walls of a hydraulic engineering protective construction

The calculation scheme on durability of retaining walls with the cross beams, blocking a rectangular contour, for the purpose of protection against flooding of various communications at water level increase in channels of the rivers and water basins is offered. The initial system of the resolving equations on the basis of a method of forces for definition of efforts arising between beams of a mainstream and a cross beam is made.

Key words: hydrostatic pressure, hydraulic engineering a construction, a retaining wall, initial system of the equations

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

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В АЭРОТЕНКАХ

На основе предложенной ранее математической модели биологической очистки сточных вод в аэротенке выполнен сравнительный анализ результатов натуральных измерений и компьютерных расчетов. Показано, что полученная математическая модель позволяет адекватно описать процессы, происходящие в аэротенке.

Ключевые слова: биологическая очистка, аэротенк, модель

Постановка проблемы. В настоящее время важной практической задачей для крупных городских очистных сооружений является вопрос соблюдения норматива предельно допустимого сброса (ПДС) по органическим веществам, значение которого все время ужесточается и величина которого на сегодняшний день составляет около 15 мг/л по БПК_{полн} (БПК_{полн} — биохимическое потребление кислорода (полное)). Во многих областях Украины значение ПДС по органическим веществам постоянно превышает [1]. Поэтому возникла потребность в новых математических моделях, описывающих процесс биологической очистки городских сточных вод. Это обусловлено, с одной стороны, необходимостью проведения оптимизации работы действующих очистных сооружений, а с другой — необходимостью их реконструкции из-за повсеместного развития технологий нитриденитрификации и биологической дефосфотации.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время большое внимание уделяется вопросам выбора оптимального режима работы сооружений, необходимости учитывать особенности протекания процессов в различных условиях [2-4]. Для решения этой задачи и описания процессов биологической очистки сточных вод в аэротенках используется математическое моделирование. Нами в [5] предложена математическая модель, с

помощью которой можно описать процессы очистки в реальном аэротенке.

Постановка задачи и ее решение. Для проверки адекватности предложенной в [5] математической модели процессов биологической очистки, происходящих в четырехкоридорном аэротенке промежуточного типа с регенератором (сосредоточенной подачей активного ила, с рассредоточенной подачей сточных вод), были проведены замеры концентраций БПК₅ (биохимическое потребление кислорода за пять суток), взвешенных веществ, дозы ила в аэротенке № 3 комплекса биологической очистки «Диканевский» г. Харьков в точках 1, 2, 3 и 4 (рис.1).

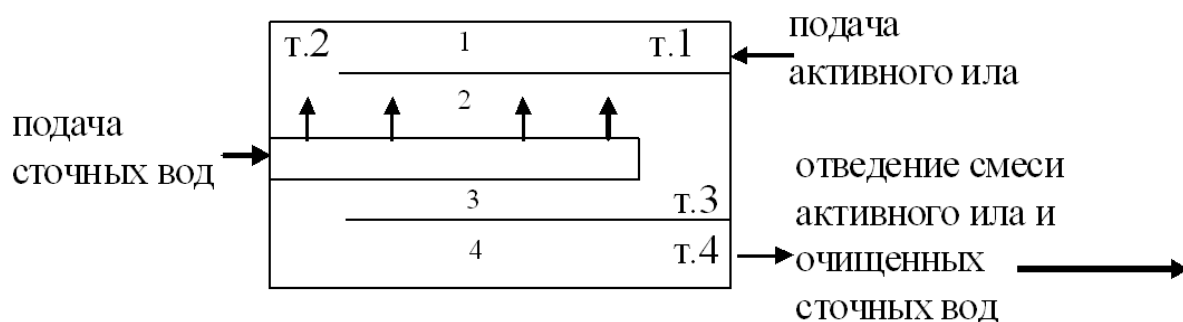


Рис. 1 – Схема сечения четырехкоридорного аэротенка с расположением точек отбора проб: 1 – регенератор (первый коридор), 2 – второй коридор, 3 – третий коридор, 4 – четвертый коридор аэротенка

Точки отбора проб были выбраны согласно физической модели [6] процессов, протекающих в аэротенке:

точка 1 – начало первого коридора (регенератора), начало первой фазы биологической очистки, подача активного ила;

точка 2 – конец первого коридора (регенератора), конец первой фазы биологической очистки, происходит подача первой порции сточных вод;

точка 3 – начало третьего коридора аэротенка, конец второй фазы биологической очистки, происходит подача четвертой порции сточных вод;

точка 4 – конец третьей фазы биологической очистки, смесь активного ила, в основном во флокулирующем (хлопьевидном) состоянии, и очищенной воды медленно движется во вторичный отстойник.

Определение БПК₅ производилось стандартным методом с разбавлением по разности содержания кислорода до и после инкубации в стандартных условиях, то есть при температуре 20 °С, без

доступа воздуха и света. Для пересчета BPK_5 в $BPK_{полн}$ использовался коэффициент 1,33. Концентрация взвешенных веществ определялась весовым методом с предварительным фильтрованием сточной жидкости.

Результаты, полученные при проведении натуральных измерений и при компьютерном расчете, приведены на рис. 2.

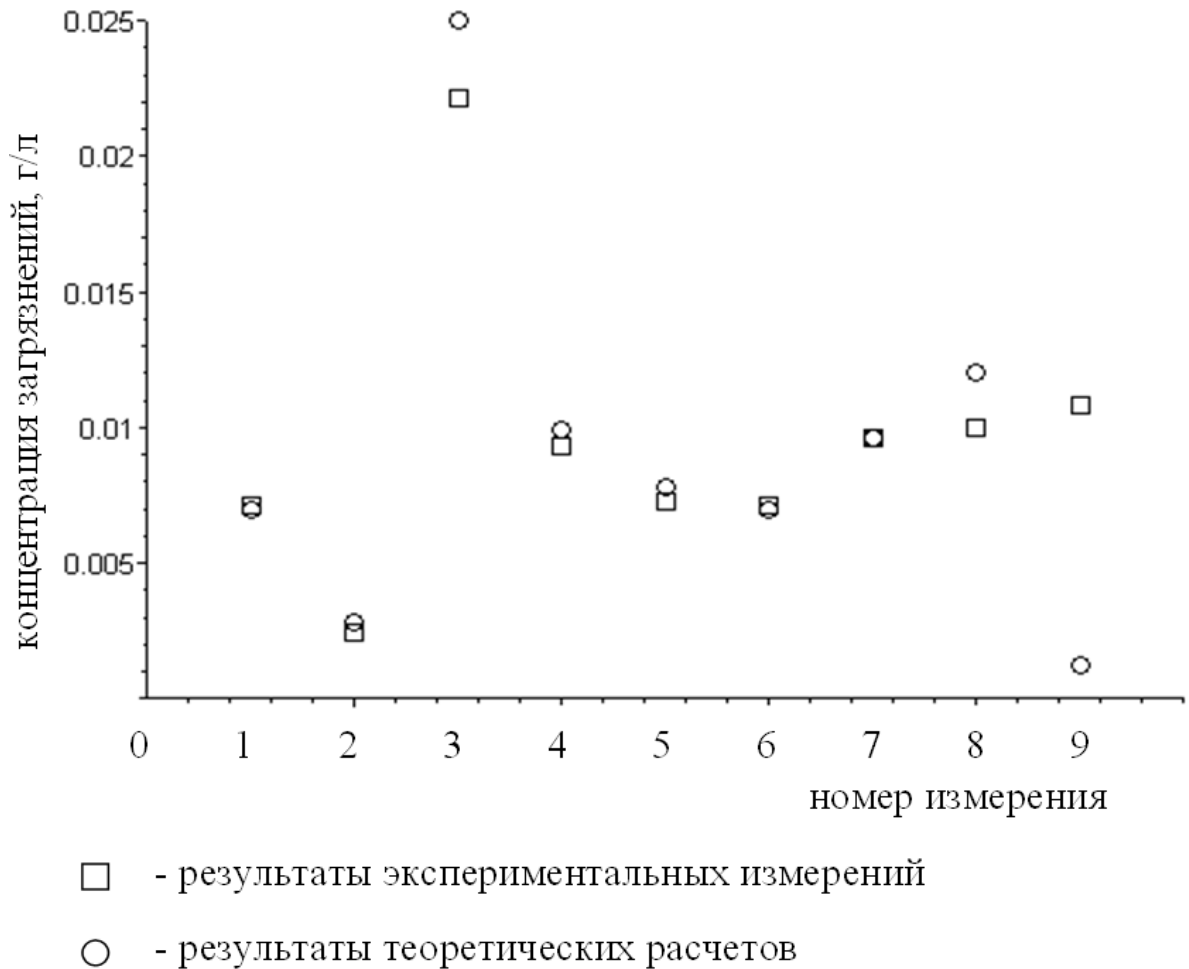


Рис. 2 – Результаты натуральных измерений и компьютерного расчета

Как видно из рис. 2, результаты теоретических расчетов и результаты натуральных измерений на действующих сооружениях неплохо согласуются между собой и практически совпадают во всех измерениях, кроме третьего, восьмого и девятого. Рассчитанное значение концентрации загрязнений в девятом измерении в несколько раз меньше измеренного. Такое расхождение можно объяснить тем, что в период проведения измерения девять расход сточных вод был значительно меньше (приблизительно $7 \text{ м}^3/\text{мин}$),

Оценка результатов натуральных измерений и математического моделирования процессов биологической очистки сточных вод в аэротенках

чем обычно (около 25 м³/мин), при этом концентрация загрязнений в поступающих на очистку сточных водах – значительно больше (около 240 мг/л). При этом результаты, полученные при средних значениях параметров сточных вод, хорошо согласуются с теоретическими расчетами.

Выводы. Анализируя результаты, полученные при выполнении натурных измерений на действующих сооружениях биологической очистки (аэротенках) и при выполнении компьютерного расчета, можно сделать вывод о том, что полученная математическая модель позволяет адекватно описать процессы, происходящие в аэротенке. Используя предложенную математическую модель можно, изменяя определенные параметры (расход сточных вод, поступающих на очистку, концентрацию загрязнений в сточных водах, интенсивность подачи сточных вод), влияющие на протекание процесса биологической очистки сточных вод, исследовать их влияние на протекание процесса в аэротенке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища у 2008 році. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.menr.gov.ua/content/category/78>
2. Комиссаров Ю.А. Математическая модель структуры потока жидкости в системе аэротенк - отстойник. / Ю.А. Комиссаров, Л.С. Гордеев, Цзян Чжицян // Теоретические основы химической технологии. – 2009. – Т. 43, № 6. – С. 677-684.
3. Лапшенков Г.И. Проблема выбора управлений процессом культивирования аэробных микроорганизмов при ограничении на технологические переменные. / Г.И. Лапшенков, Т.В. Зиновкина, Л.Ю. Харитоновна // Теор. и эксперимент. основы создания новых высокоэффективных хим.-технолог. процессов и оборудования: Сб. тр. 5-й межд. научной конф. – Иваново: ГП “Изд-во Иваново”, 2001. – с. 301 – 302
4. 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.
5. Горносталя С.А. Моделирование процессов биологической очистки в идеальных и реальных аэротенках. / С.А. Горносталя,

Е.А. Петухова, А.П. Созник // Проблеми надзвичайних ситуацій. — 2009. — № 10. — С. 67-77.

6. Горносталь С.А. Описание процессов, происходящих в системе аэротенк – вторичный отстойник, и их физическое моделирование / С.А. Горносталь, А.П. Созник // Наук. - техн. зб. Серія: Технічні науки та архітектура, вип.81. – Київ: Техніка, 2008. – С. 133-139.

Горносталь С.А., Кіріченко І.К., Созник О.П

Оцінка результатів натурних вимірювань і математичного моделювання процесів біологічного очищення стічних вод в аеротенках

На основі запропонованої раніше математичної моделі біологічного очищення стічних вод в аеротенку виконаний порівняльний аналіз результатів натурних вимірювань і комп'ютерних розрахунків. Показано, що одержана математична модель дозволяє адекватно описати процеси, що відбуваються в аеротенку.

Ключові слова: біологічне очищення, аеротенк, модель

Gornostal S.A., Kirichenko I.K., Sozник A.P.

Estimation of results of the models measuring and mathematical modeling of processes of biological wastewater treatment in the aerotank

On the basis of a previously proposed mathematical model of biological treatment of wastewater in the aerotank the comparative analysis of the results of field measurements and computer calculations. It is shown that the resulting mathematical model can adequately describe the processes occurring in the aerotank.

Key words: biological cleaning, aerotank, models

Давідюк О.В., заст. нач. від., ЗАТ «Северодонецький ОРГХІМ»

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ РИЗИКІВ АВАРІЙ З КАСКАДНИМ ЕФЕКТОМ НА ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТАХ ІЗ ЗРІДЖЕНИМИ ГАЗАМИ

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

Удосконалено метод кількісної оцінки ризиків об'єкта підвищеної небезпеки, в основу якого покладені математичне формулювання задачі оцінки ризиків й модифіковані рівняння для визначення регламентованих показників ризику аварій. Рівняння враховують імовірнісний характер виникнення й розвитку аварій, у тому числі каскадного, та їх наслідків. Розроблено математичну модель надзвичайної ситуації «вплив пожежі на посудину із зрідженим газом» у спряженій постановці, що базується на використанні k -е турбулентній моделі руху рідини й газу. Модель враховує нестационарний характер параметрів зовнішнього теплового впливу та дозволяє визначити час до руйнування стінки та параметри процесів тепломасопереносу і їх залежність від реальних факторів взаємодії посудини з оточуючим середовищем.

Ключові слова: цивільна оборона, надзвичайна ситуація, оцінка ризиків, каскадний розвиток аварії, підвищення рівня безпеки, вогнезахист

Постановка проблеми. Статистичні дані про масштаби заподіяних збитків від 170 зареєстрованих аварій на підприємствах з використанням вуглеводневих речовин за останні 30 років, вказують, що сумарні втрати становлять \$7,35 млрд, [1]. При цьому кількість аварій за останні 5 років порівняно з таким же періодом 70-х років зросла приблизно у 3 рази, а економічний збиток від них – у 9 разів. Тому основне завдання системи цивільного захисту України з попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій (НС) техногенного характеру набуває особливого значення.

Вирішення проблеми попередження НС, як однієї з головних задач цивільної оборони (далі ЦО), потребує вдосконалення сучасних методів, що забезпечують визначення джерел та факторів небезпеки і їх кількісних характеристик та враховують головний фактор небезпеки – каскадний розвиток аварії. Результати застосування цих методів мають стати підставою для розробки та впровадження заходів підвищення рівня безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел свідчить, що для виявлення джерел небезпеки та визначення їх основних параметрів існує значна кількість методів [2]. Але найбільш ефективним є метод кількісної оцінки ризиків аварій (далі КОРА) [1, 3]. Перспективність удосконалення методу КОРА, як підходу до визначення ефективних заходів безпеки і попередження НС, зумовлена можливістю урахування імовірнісного характеру усього спектру можливих НС та зокрема сценарію каскадного розвитку аварії.

Розв'язанню задачі попередження каскадного розвитку аварій у резервуарних парках з нафтопродуктами присвячена значна кількість робіт, зокрема [4]. Але питання щодо оцінки впливу пожежі на посудину із зрідженим газом (далі ПЗГ), яка за своєю конструкцією і умовами експлуатації суттєво відрізняється від резервуарів з нафтопродуктами, ще потребує свого вирішення.

Розрахунково-теоретичні дослідження впливу пожежі на ПЗГ проведено в Росії, Германії, Канаді [5 - 7]. Згідно [5, 6] при розгляді руху рідкого середовища автори не враховують в'язкість, яка суттєво впливає на характер та параметри процесів тепломасопереносу, а з цього випливає, що не враховується турбулентна складова руху. В роботі [7] наведено результати впливу пожежі на ПЗГ типу цистерна з об'ємом 125 м³, що апроксимована тривимірною моделлю з 592 225 елементарних об'ємів кубічної форми з лінійним розміром 0,06 м. Викликає сумнів спроможність наведеної кількості елементарних об'ємів у нестационарній за часом задачі забезпечити потрібну точність розрахунків спряжених теплових полів з рухомим середовищем у пристінному шарі рідини. З проведених нами досліджень випливає, що в подібних задачах лінійний розмір окремого пристінного шару рідини повинен становити не більше ніж 0,002-0,006 м. Отримані результати також засвідчили, що величина компоненти швидкості руху шарів рідини у вертикальній площині (без урахування короточасних турбулентних пульсацій), яка є одним з головних параметрів, суттєво змінюється з незначним віддаленням від поверхні стінки всередину рідини, тобто від 0,6 м/с на поверхні стінки до 0,01 м/с на відстані 0,05 м. За таких обставин кінцеві результати будуть надмірно грубими.

Постановка завдання та його вирішення. Враховуючи соціальну й економічну значимість проблеми підвищення рівня техногенної безпеки об'єктів із зрідженими газами стає актуаль-

Удосконалення методу оцінки ризиків аварій з каскадним ефектом
на промислових об'єктах із зрідженими газами

ною задача удосконалення методу КОРА з урахуванням каскадного розвитку пожежі, який до того ж забезпечує визначення заходів більш безпечного й ефективного використання сил та засобів підрозділів МНС. Виконання теоретичного дослідження впливу пожежі на ПЗГ вимагає створення математичної моделі.

Обґрунтування основи методу КОРА базується на наступних положеннях. Зазначимо, що під час аварії, яка набуває свого розвитку за каскадним чи суто природним механізмом, наступні події є спільні й незалежні у сукупності в межах групи: а) вплив на людину або об'єкт одного чи більше уражаючих факторів внаслідок поширення аварії; б) знаходження людини з навітряної сторони відносно одного чи декількох джерел викиду сильнодіючої отруйної речовини (далі СДОР); в) вплив на людину первинної чи (або) вторинної хмари СДОР. Тоді ризики подій за пунктами а) – в) визначимо як імовірність B у вигляді

$$B = 1 - \prod_k (1 - B_k), \quad (1)$$

де k залежить від випадку: а) $k=1\dots c$, де c - кількість устаткування, залученого до i аварії внаслідок каскадного та (або) природного механізмів; б) $k=1\dots 8$ і відповідає одному із восьми напрямків вітру за румбовою схемою; в) $k=1, 2$, де $k=1$ відповідає первинній хмарі, а $k=2$ – вторинній хмарі СДОР.

Натомість сценарії розвитку однієї аварійної ситуації являють собою неспільні події, тобто маса небезпечної речовини створює лише один j уражаючий фактор (ударний, тепловий або токсичний вплив). Сукупність j наслідків від i аварії формує повну групу неспільних подій, так що $\sum_{j=1}^m \lambda_{i,j} = 1$, де $\lambda_{i,j}$ – імовірність розвитку виниклої аварійної ситуації на i устаткуванні до деякого j наслідку – уражаючого фактора; $\lambda_{i,j}$ визначається за методом «дерево подій»; m – кількість можливих уражаючих факторів. Тоді ризик (ПТР) появи уражаючого впливу на людину від одного з можливих j факторів від аварії на i устаткуванні визначимо як імовірність PR_i

$$PR_i = \sum_j P_i \lambda_{i,j} P_{por_{i,j}}, \quad i=1\dots n, \quad j=1\dots m, \quad (2)$$

де P_i – імовірність виникнення аварії на i устаткуванні, визначається методом «дерево-відмов»; $Ppor_{i,j}$ імовірність смертельного ураження людини від впливу j вражаючого фактору, визначається за допомогою пробіт-аналізу чи вже відомих пробіт-функцій; n – кількість одиниць небезпечного устаткування.

Для реалізації математичного формулювання задачі КОРА визначимо ОПН і прилеглу до нього місцевість як сукупність точок, що описані одномірними масивами S . Після зведення за координатним принципом $S(x, y)$ у двовимірний масив $OB = f(S, x, y)$ розмірністю $l \times h$, враховуючи, що: l - номер стовпця, який дорівнює абсцисі координати точці у декартовій системі координат (відстань по OX), а номер рядка h – ординаті (відстань по OY), одержимо

$$OB = \begin{matrix} & y_h & y_{..} & y_1 & y_0 \\ & \begin{bmatrix} S_{0,h} & S_{1,h} & S_{..,h} & S_{l,h} \\ S_{0,..} & S_{1,..} & S_{,..} & S_{l,..} \\ S_{0,1} & S_{1,1} & S_{..,1} & S_{l,1} \\ S_{0,0} & S_{1,0} & S_{..,0} & S_{l,0} \end{bmatrix} & & & \\ & x_0 & x_1 & x_{..} & x_l \end{matrix}, \quad (3)$$

$$S(x, y) = \left[(x, y) \quad M_i \quad MA_{i,j} \quad \lambda_{i,j} \quad P_i \quad Ppor_{i,j} \quad Pdist_{i,j} \quad NS \quad N \quad K_i \right]$$

де (x, y) - координати точки на площині; M_i – маса небезпечної речовини в i устаткуванні; $MA_{i,j}$ – маса небезпечної речовини, що бере участь у створенні j уражаючого фактору аварії на i устаткуванні; $Pdist_{i,j}$ - імовірність руйнування споруди при j уражаючому факторі з урахуванням випадку каскадного розвитку аварії; NS – вартість споруди; N – кількість людей у точці (x, y) ; K_i - імовірність появи події «реципієнт перебуває з навітряної сторони стосовно і джерела викиду СДОР».

Таким чином, застосовуючи запропоноване обґрунтування та рівняння (1) – (3), стає можливим визначити основну характеристику безпеки ОПН – розподіл ПТР загибелі людини PR з урахуванням імовірнісної природи вагомих подій, каскадного розвитку аварії, довільної кількості і розташування джерел безпеки та реципієнтів

$$PR(x, y) = 1 - \prod_i \left(1 - K_i(x, y) \sum_j P_i \lambda_{i,j} Ppor_{i,j}(x, y) \right),$$

де

$$Ppor_{i,j}(x, y) = Pporc_{i,j}(x, y) + Pport_{i,j}(x, y) - Pporc_{i,j}(x, y)Pport_{i,j}(x, y), \quad (4)$$

де K_i - розраховується з застосуванням (1); $Pporc_{i,j}$ - імовірність відповідно смертельного ураження людини при j вражаючому факторі з урахуванням випадку каскадного розвитку аварії; $Pport_{i,j}$ - імовірність смертельного ураження людини від первинної чи вторинної хмари СДОР; $Pporc_{i,j}$, $Pdist_{i,j}$, $Pport_{i,j}$ обчислюються за допомогою відомих пробіт-функцій та (1).

Важливою характеристикою є індивідуальний ризик загибелі людини IR . Для індивідуума, що перебуває на території з координатами (x, y) та ймовірністю $Ppreb$, як результат можливих аварій на всіх одиницях устаткування IR визначимо з урахуванням (4)

$$IR(x, y) = \left[1 - \prod_i \left(1 - K_i(x, y) \sum_j P_i \lambda_{i,j} Ppor_{i,j}(x, y) Ppreb(x, y) \right) \right]. \quad (5)$$

Тоді рівняння для визначення KR і GR матимуть вигляд

$$KR = \sum_x \sum_y [IR(x, y) N(x, y)], \quad (6)$$

$$GR = \sum_x \sum_y \left[\left[1 - \prod_i \left(1 - \sum_j P_i \lambda_{i,j} Pdist_{i,j}(x, y) \right) \right] \times NS(x, y) + IR(x, y) N(x, y) NH \right]. \quad (7)$$

Вираз для розрахунку соціального ризику отримаємо як залежність $PS(NS)$,

$$PS(NS)_{|ND_{i,j} \geq NS} = 1 - \prod_i \left[1 - \left(P_i \sum_j \lambda_{i,j} \right) \right], \quad (8)$$

$$ND_{i,j} = \sum_x \sum_y \left[Ppor_{i,j}(x,y) Ppreb(x,y) N(x,y) \right],$$

де $ND_{i,j}$ - число загиблих у результаті виникнення аварійної ситуації на i устаткуванні і її розвитку за j сценарієм з формуванням вражаючого фактора, $ND_{i,j} \geq NS$; PS - імовірність події, при якій гине не менше NS осіб, $NS=1;2;5;10;20;50;100;200;500;1000$.

Виконання службами ЦО своїх обов'язків щодо локалізації та ліквідації наслідків НС техногенного характеру, розробка безпечних маршрутів евакуації за умов забезпечення безпеки особового складу потребує завчасного складання карт із зображенням ідентифікованих джерел небезпеки ОПН та з зонуванням території ОПН за рівнем імовірності загибелі людини від можливих вражаючих факторів. Для ОПН, які тільки плануються до проектування, міські ради повинні визначити найбільш небезпечне місце розташування такого об'єкта. Для вирішення обох задач запропоновано метод зонування території ОПН за величиною потенціалу небезпеки, тобто ймовірності PO події «смертельне ураження людини в результаті дії хоча б одного із всіх можливих на даному об'єкті вражаючих факторів, що формуються в результаті аварій на всіх одиницях устаткування». Метод базується на твердженні, що системи захисту лише зменшують імовірність виникнення чи поширення аварії, але не виключають її. Визначення PO в точці (x,y) виконаємо виходячи із (1), (4) при $P_i=1$ з урахуванням каскадного розвитку аварії

$$PO(x,y) = 1 - \prod_i \left(1 - K_i(x,y) \sum_j (\lambda_{i,j} Ppor_{i,j}(x,y)) \right). \quad (9)$$

Для ОПН, що характеризується суттєвою небезпекою ураження токсичним та тепловим чи ударним впливом, зонування за рівнем токсичного впливу за рівнянням (9) виконується окремо від інших видів впливу.

Приклад застосування методу зонування території хімічного заводу за допомогою рівнянь (9) та (4) наведено на рис.1.

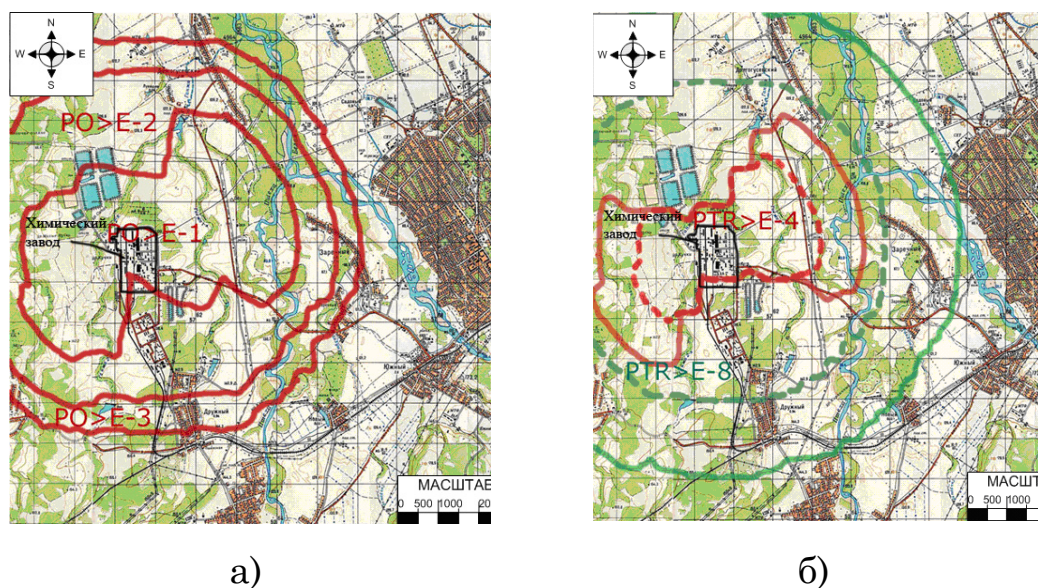


Рис. 1 – Ризик смертельного ураження людини: а) PO ; б) ПТР: 1) пунктир - з урахуванням впровадження рекомендованих заходів; 2) суцільна - без урахування впровадження рекомендованих заходів

Як це видно на рис.1, а) розташування хімічного заводу та інших підприємств є досить вдалим. З рис.1, б) можна побачити, як застосування додаткових заходів впливає на рівень безпеки. Згідно з отриманими результатами КОРА хімічного заводу, розроблено комплекс технічних і організаційних заходів, впровадження яких забезпечує скорочення радіуса зони можливого смертельного ураження токсохвилею аміаку з 2640 до 200 м, тобто в 13 разів. У цілому реалізація заходів щодо тимчасового охолодження аміаку, оснащення ЗІЗОД і оповіщення про аварію та евакуацію дозволить знизити ПТР за межами заводу до 1000 разів, зменшити очікуваний матеріальний збиток у 84 рази, а за відсутності ЗІЗОД або евакуації - скоротити очікувану кількість загиблих до 11 разів.

Наступну частину роботи присвячено дослідженню НС «вплив пожежі на посудину із зрідженим газом», що є одним із найбільш вагомих факторів небезпеки ОПН із зрідженим газом. Дослідження впливу пожежі на ПЗГ проведено шляхом математичного моделювання і перевіркою розрахункових даних з результатами натурного експерименту. Особливістю моделі є врахування умов спряженого теплообміну між різнорідними матеріалами та

теплообміну випромінюванням між поверхнями рідини й стінки, стінкою й оточуючим середовищем. Результати дослідження дозволили визначити умови, за яких настає каскадний розвиток аварії та розробити заходи для його попередження.

Проведений аналіз показав, що руйнування ПЗГ при впливі пожежі відбувається за умови, коли надлишковий тиск насиченої пари $p(t)$ досягає величини припустимого тиску $ps(t)$ на стінку, яка розраховується з умов міцності та текучості матеріалу стінки, тобто при $p(t) = ps(t)$, де t – час.

Математичне моделювання проведено для умов в'язкого середовища, що перебуває в металевій посудині в стані термодинамічної рівноваги між газом та нестисливою рідиною. Для опису процесів тепломасопереносу в рідкому середовищі запропоновано систему диференціальних рівнянь нерозривності, руху в'язкого середовища (рівняння Рейнольдса), енергії та рівняння турбулентних складових $k - \varepsilon$ моделі турбулентності (Realizable) [8]. Для замикання системи диференціальних рівнянь застосовано залежність щільності середовища від температури й тиску (наприклад, рівняння Менделєєва-Клапейрона для газу). Прогрів стінки описано рівнянням теплопровідності (рівняння Фур'є) для нестационарних у часі умов.

Тепловий вплив полум'я на зовнішню поверхню посудини задамо з урахуванням передачі тепла конвекцією й випромінюванням

$$\alpha_f (T_{fak} - T_{st}) + C_0 \varepsilon_{fak} \varepsilon_{st} \left((T_{fak})^4 - (T_{st})^4 \right) \varphi_{st_fak} = -\lambda_{st} \left(\frac{\partial T_{st}}{\partial n} \right)_n, \quad (10)$$

де α_f - коефіцієнт теплопередачі між газом та металевою стінкою; S_{sukh} , S – площі поверхонь сухої стінки посудини та всієї посудини відповідно.

Враховуючи, що газ, рідина і стінка мають різні теплофізичні характеристики, стає необхідністю вирішувати задачу спряженого теплообміну. Умови спряження теплових полів на межі «внутрішня суха поверхня стінки – газ» задамо рівнянням

$$\lambda_{st} \left(\frac{\partial T_{st}}{\partial n} \right)_n - C_0 \varepsilon_{st} \varepsilon_{sid} \left((T_{st})^4 - (T_{sid})^4 \right) \varphi_{st_sid} = -\lambda_{gaz} \left(\frac{\partial T_{gaz}}{\partial n} \right)_n, \quad (11)$$

де C_0 - константа Стефана-Больцмана; ε_{st} , ε_{sid} - ступінь чорноти відповідно поверхонь стінки й рідини; φ_{st_sid} - площа взаємного опромінення між стінкою й поверхнею рідини. Умови спряження теплових полів на межі «внутрішня мокра поверхня стінки – рідина» задамо рівнянням, яке аналогічне (11).

Для пошуку ефективних рішень з вогнезахисту посудини запропоновано метод аналізу процесів, що відбуваються в ПЗГ при пожежі, в основу якого покладено аналіз впливу ключових факторів на вогнестійкість посудини. Результати дослідження довели, що ключовими факторами, які призводять до руйнування ПЗГ є припустимий тиск на стінку $ps(t)$ та тиск насиченої пари $p(t)$ в довільний момент часу t . Вплив ключових факторів оцінюється шляхом обчислення швидкостей їх змін у часі, як $\left| \frac{d}{dt}(ps(t)) \right|$ і $\left| \frac{d}{dt}(p(t)) \right|$ та їх співвідношенням $\chi(t)$ у вигляді

$$\chi(t) = \left| \frac{d}{dt}(ps(t)) \right| / \left| \frac{d}{dt}(p(t)) \right|. \quad (12)$$

Адекватність математичної моделі й вірогідність одержуваних результатів підтверджена порівнянням даних розрахунків з результатами експерименту, які проведено в лабораторії тепломасобмінних процесів ІПМаш НАН України, та зіставленням розрахункових даних з даними літературного джерела. Для цілей натурального експерименту було реконструйовано існуючу установку дослідження тепломасобмінних процесів. Результати натурального дослідження температур зійшлися з даними розрахунку, середнє відносне відхилення між середніми температурами поверхні рідини склало 4,5%. У випадку використання даних літературного джерела про натурне дослідження впливу пожежі на цистерну з пропаном з'ясовано, що результати розрахунку температури поверхні зрідженого пропану несуттєво відрізняються від літературних даних та їх середнє відносне відхилення складає 7,1%.

Для з'ясування характеру процесів тепломасообміну в ПЗГ під впливом пожежі проведено загальне розрахунково-теоретичне дослідження. Розподіл температур, обчислений за допомогою запропонованої моделі, у рідкому пропані для ПЗГ (цистерна) з діаметром 3000 мм при $T_0 = 293$ К (середня температура літньої пори

року) і $T_f = 1500$ К через 285 сек., тобто за 48 сек. до руйнування цистерни, для деяких випадків подано на рис. 2.

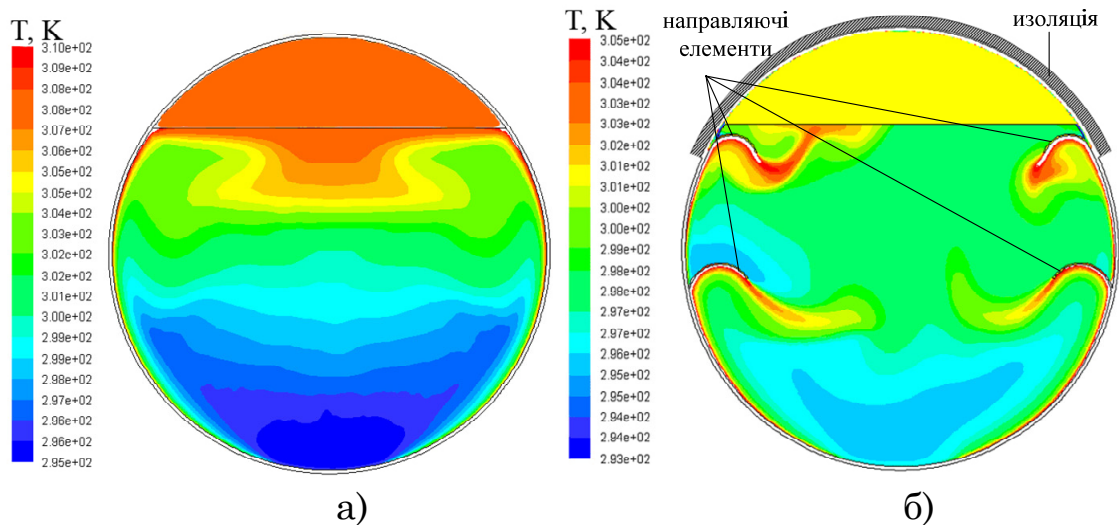


Рис. 2 – Розподіл температур у рідкому пропані в цистерні (вигляд збоку) а) без ізоляції; б) з направляючими елементами та з зовнішньою ізоляцією

Як це видно на рис. 2 розподіл температур в перерізі ПЗГ не є рівномірним і саме конвекційний рух в пристінній зоні формує поверхневий шар рідини, що визначає тиск у посудині.

Зміна тиску пропану й припустимого тиску на стінку, для умов $T_0 = 282$ К, 293 К, 313 К і $T_f = 1500$ К, подано на рис. 3. З результатів на рис. 3 видно, що на відміну від існуючих поглядів для факелів з $T_f = 1500$ К зміни T_0 у діапазоні $T_0 = 253 \div 313$ К, де $T_0 = 313$ К відповідає екстремальним погодним умовам, несуттєво впливають на час руйнування цистерни. З результатів проведеного дослідження випливає, що каскадний розвиток аварії з руйнуванням ПЗГ при впливі на неї пожежі з $T_f = 1300$ К \div 1500 К є імовірним будь-якої пори року і настає відповідно за 8 – 5 хв. від початку впливу. Визначений час руйнування унеможливорює проведення заходів з локалізації НС, що має суттєве значення при розробці оперативно-тактичних планів.

Вплив пожежі, утвореної виливом бензину діаметром більше 20 м і $T_f \geq 1100$ К, призводить до руйнування цистерни через 17 хв.

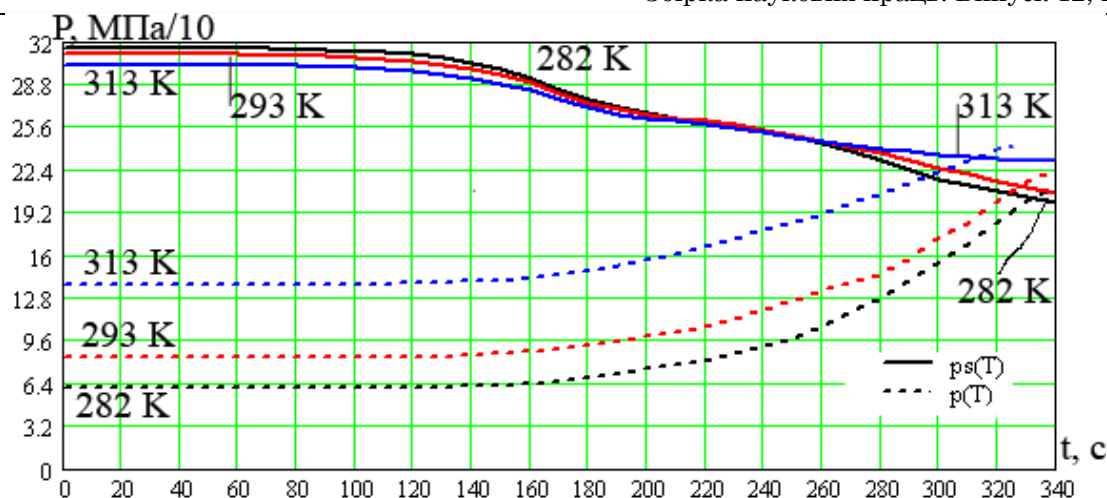


Рис. 3 – Зміна тиску p насиченої пари пропану і припустимого тиску p_s

Для розробки ефективних рішень з вогнезахисту ПЗГ застосовано метод аналізу процесів, що відбуваються в посудині при пожежі, рівняння (12). Аналіз експериментальних даних свідчить, що саме температура факела є визначальним фактором руйнування ПЗГ і вказує на підхід до вибору системи вогнезахисту. Але враховуючи неможливість переконливого прогнозування, яка саме горюча речовина утворить факел, у якості базового, найгіршого сценарію слід розглядати факел зрідженого газу, наприклад пропану чи бутану, що відповідає $T_f = 1500$ К. Результати аналізу довели, що за таких умов, на відміну від факела котельного палива чи керосину з $T_f = 1000$ К, спостерігається приблизна рівність швидкостей змін припустимого тиску на стінку й тиску насиченої пари в часі. Цей висновок зумовлює рівнозначність заходів по зниженню температури поверхневого шару рідини (наприклад, клапан скидання тиску чи перерозподіл напрямків руху рідини) та заходів по зниженню температури стінки (наприклад, ізолювання).

Розрахунково-теоретичним шляхом досліджено ефективність таких систем захисту як: 1) зменшення величини теплового потоку за допомогою ізолювання зовнішньої поверхні ПЗГ; 2) зниження середньої температури дзеркала рідини перерозподіляючи напрямки конвекційного руху рідини; 3) комбінування обох підходів.

Розраховано декілька заходів зовнішнього ізолювання: 1) суцільна ізоляція різної товщини шарів; 2) улаштування металевої віддзеркалюючої фольги; 3) додавання шару повітря між шарами

ізолюючого покриття; 4) комбінацією згаданих підходів. За результатами дослідження з'ясовано, що найбільш ефективним рішенням з урахуванням його практичної реалізації є нанесення на зовнішню поверхню стінки вогнестійкої теплоізоляції з теплопровідністю не більше $0,1 \text{ Вт/мК}$ та температурою плавлення не менше 1500 К при товщині покриття не менше 60 мм . Дане рішення дозволяє збільшити час до аварійного руйнування стінки до 80 хв . у найгіршому випадку повного охоплення полум'ям, що забезпечує можливість запобігання людських жертв і каскадного розвитку аварії, підвищення безпеки під час локалізації й ліквідації НС.

Моделювання НС «вплив пожежі на ПСГ» з метою розробки плану локалізації й ліквідації аварійних ситуацій для Пуровського ГПЗ (ТОВ «НОВА-ЗПК») дозволило оцінити можливість каскадного розвитку аварій і визначити час до руйнування устаткування й цистерн із зрідженими пропаном і бутаном. Розрахунки показали, що зовнішній вплив полум'я пропану на цистерну із пропаном призводить до її руйнування через $5-8 \text{ хв}$. залежно від початкової температури, що не дозволяє вжити необхідних заходів для локалізації й усунення пожежі. Запропоноване рішення з ізолювання збільшує час до руйнування цистерни в $10-12$ разів та дозволяє знизити значення ПТР, ІР, КР і майнового ризику в $10-100$ разів.

Висновки.

1. У роботі набув подальшого розвитку метод КОРА складного ОПН. В основу вдосконалення методу покладено математичну постановку задачі КОРА й модифіковані рівняння для визначення регламентованих показників ризику, що враховують імовірнісний характер виникнення й розвитку аварій, у тому числі каскадного, та їх наслідків. Метод дозволяє визначати найнебезпечніші складові ОПН і на основі отриманих результатів встановити підходи чи заходи до підвищення рівня безпеки ОПН і визначити їх ефективність.

2. Розроблено математичну модель НС «вплив пожежі на ПЗГ», що заснована на теорії турбулентного руху шарів рідини й газу в умовах спряження теплових полів (стінка-рідина, стінка-газ, рідина-газ). Модель враховує нестационарний характер параметрів зовнішнього теплового впливу й теплообмін випромінюванням між поверхнями рідини й стінки і дозволяє визначити час до руйнування стінки. Застосування моделі дозволило розрахунково-теоретичним шляхом визначити характер процесів теплома-

Удосконалення методу оцінки ризиків аварій з каскадним ефектом на промислових об'єктах із зрідженими газами

сопереносу в посудині із зрідженим пропаном чи аміаком та розробити рішення з вогнезахисту посудин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сафонов В. С. Теория и практика анализа риска в газовой промышленности / Сафонов В. С., Одишария Г. Э., Швыряев А. А. – М.: НУМЦ Минприроды России, 1996. – 208 с.
2. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою: НАПБ Б.03.002-2007. – К.: УкрНДІПБ МНС України. – 30 с.
3. Соловей В. В. Анализ и оценка риска аварий – основа принятия решений при управлении промышленной безопасностью / В. В. Соловей, О. В. Давидюк, Ю. В. Буц // Проблемы надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 4. – Х.: УЦЗУ, 2006. – С. 219–231.
4. Абрамов Ю. А. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций в резервуарных парках с нефтепродуктами / Абрамов Ю. А., Басманов А. Е. – Харьков: АГЗУ, 2006. – 251 с.
5. Хабибулин Р. Ш. Устойчивость наземных горизонтальных стальных резервуаров к воздействию тепловых потоков пожара разлива нефтепродуктов / Хабибулин Р. Ш., Сучков В. П., Швырков С. А. // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе (отечественный и зарубежный опыт). – 2009. – № 4. – С. 11-13.
6. Hatice Aydan Acikalin. Dynamische Simulation thermisch initiierter Domino-Effekte: Genehmigte Dissertation Zur Erlangung des akademischen Grades Doktorin der Ingenieurwissenschaften – Dr.-Ing. Von der Fakultät III – Prozesswissenschaften der Technischen Universität Berlin.–verteidigt 31.01.2003. – Berlin, 2005. – 140 s.
7. Birk A. M. Computational Fluid Dynamics Analysis of Local Heating of Propane Tanks [Електронний ресурс] : Report TR 14357E / Birk A. M., Yoon K. T. – Ottawa, Ontario, Canada : Transportation development centre, 2004. – 40p. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM) : 12 см – Систем. вимоги: Pentium-266 ; 32 Mb RAM ; CD-ROM Windows 98/2000/NT/XP. – Назва з екрану.

8. FLUENT 6.3 User's Guide. © Fluent Inc. [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://my.fit.edu/itresources/manuals/fluent6.3/help/html/ug/main_pre.htm – Назва з екрану.

Давидюк О.В.

Совершенствование метода оценки рисков аварий с каскадным эффектом на промышленных объектах со сжиженными газами

Усовершенствован метод оценки рисков аварий сложного объекта. В основу усовершенствования метода положена математическая постановка задачи оценки рисков и модифицированные уравнения для определения регламентированных показателей риска с учетом каскадного развития аварии. Метод позволяет определить источники опасности на объекте и на основе полученных результатов установить подходы или меры по повышению уровня безопасности. Разработана математическая модель ЧС «влияние пожара на сосуд со сжиженным газом», основанная на теории турбулентного движения слоев жидкости и газа в условиях сопряжения тепловых полей (стенка-жидкость, стенка-газ, жидкость-газ). Модель учитывает нестационарный характер параметров внешнего теплового воздействия и теплообмен излучением между поверхностями жидкости и стенки и позволяет определить время до разрушения стенки. Применение модели позволило расчетно-теоретическим путем определить характер процессов тепломассопереноса в сосудах со сжиженным пропаном и аммиаком и разработать решения по огнезащите сосудов.

Ключевые слова: гражданская оборона, чрезвычайная ситуация, оценка рисков, каскадное развитие аварии, повышение уровня безопасности, огнезащита

Davidyuk O.V.

Development of the method of emergency risk assessment with domino-effect in industrial plants that use liquefied gases

The method of emergency risk assessment of difficult plant was developed. The mathematical statement of the problem of risk assessment and the improved equations for definition of the regulated risk indicators put in a basis the developed method. The risk equations are taking into account domino-effect. The method allows to define danger sources in plant. The received results give the basis to establish approaches or solutions to safety level increase. The mathematical model of the emergency «fire impact on liquefied gas vessel» was created. The model based on the theory of turbulent flow of layers of a liquid and gas with account of the thermal fields conjugation (of wall – liquid, of wall – gas, of liquid – gas). The model considers non-stationary character of parameters of external thermal influence and heat exchange by radiation between liquid and wall surfaces and allows to define time when the wall collapses. Model application has allowed to define theoretically character of processes of heat and mass transfer in vessels with liquefied propane and ammonia and to develop decisions to fire protection of vessels.

Key words: civil defence, emergency, risk assessment, BLEVE, increase of safety level, fire protection.

Удосконалення методу оцінки ризиків аварій з каскадним ефектом на промислових об'єктах із зрідженими газами

Квітковський Ю.В., викл., НУЦЗУ

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ ПРИ ВИНИКНЕННІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ ШЛЯХОМ УКРИТТЯ І ЕВАКУАЦІЇ

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

Визначаються інтервали часу, що необхідні для безпечної евакуації населення, для безпечного укриття людей у захисних спорудах, а також для проведення комплексної евакуації із застосуванням засобів індивідуального захисту

Ключові слова: захист, сховище, небезпечні фактори, комплексна надзвичайна ситуація, оцінка, евакуація

Постановка проблеми. На території України розташована велика кількість промислових підприємств. Третина з них відноситься до потенційно небезпечних об'єктів, на яких виробляються, зберігаються та транспортуються небезпечні хімічні речовини.

Ризик виникнення надзвичайних ситуацій (НС) техногенного характеру постійно зростає, оскільки рівень зносу виробничого устаткування на більшості хімічних об'єктах наближається до критичного.

Аварії на таких об'єктах можуть супроводжуватись забрудненням навколишнього середовища небезпечними хімічними речовинами, а також пожежами та вибухами. При цьому площа зон забруднення буде вимірюватись квадратними кілометрами, а постраждале населення нараховуватиме сотні та тисячі чоловік.

Збільшення ризику виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру, зокрема на об'єктах з підвищеною хімічною безпекою, в останній часи в Україні створює необхідність у створенні комплексу заходів, спрямованого на забезпечення збереження життя та здоров'я населення у ході локалізації НС.

У зв'язку з цим постає проблема по відпрацюванню комплексу дій та їх технічного забезпечення щодо своєчасного виведення людей з-під загрози впливу небезпечних факторів НС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Це питання неодноразово висвітлювалося у публіцистичних, навчальних та наукових публікаціях останнього періоду, зокрема у [1-8]. Крім то-

го, зазначалося, що, на сьогоднішній день, надзвичайні ситуації, що можуть виникнути на потенційно небезпечних об'єктах, у більшості випадків будуть носити комплексний характер [9].

Як свідчить аналіз сучасних законодавчих та нормативних документів, у державі немає чіткої регламентації у частині стосовній споруд цивільного захисту. Так і досі головними документами, що регламентують це питання, є [10-11], які, відповідно до їх назв, в основному регламентують питання, пов'язані із спорудами, що призначені для захисту населення у воєнний час. Так само і заходи з евакуації населення і досі визначаються за тими нормативами, що існували ще за часів СРСР [12].

Постановка завдання та його вирішення. Поставлена проблема потребує розв'язання наукової задачі по розрахунку необхідного часу та технічного забезпечення щодо укриття населення у захисних спорудах або евакуації із зони виникнення НС.

Розглянемо типові параметри техногенних надзвичайних ситуацій по часу дії небезпечних факторів НС з летальним результатом. Час дії небезпечних факторів НС, протягом якого можливе смертельне ураження населення, можна записати у вигляді формули

$$T_{CM} = t_{спов} + t_{роз} + t_{зн.к.}, \quad (1)$$

де $t_{спов}$ – проміжок часу від моменту виникнення НС до повного сповіщення всього населення; $t_{роз}$ – проміжок часу від моменту сповіщення населення до розповсюдження небезпечних факторів по всій території даного району; $t_{зн.к.}$ – проміжок часу від моменту досягнення максимальної концентрації небезпечних речовин до моменту зниження їх концентрації до небезпечного рівня.

У свою чергу $t_{спов}$ буде визначатися за формулою

$$t_{спов} = t_{вияв} + t_{адмін. реог.}, \quad (2)$$

де $t_{вияв}$ – проміжок часу від моменту виникнення НС до його виявлення засобами ідентифікації; $t_{адмін. реог.}$ – проміжок часу від моменту виявлення НС до прийняття адміністративного рішення.

Звідси випливає, що, для забезпечення безпеки населення у разі виникнення НС, необхідно дотримуватись наступної умови

$$t_{спов} < t_{роз}. \quad (3)$$

Забезпечення захисту населення при виникненні надзвичайних ситуацій техногенного характеру шляхом укриття і евакуації

Окремо розглянемо часові рамки, необхідні для евакуації населення при виникненні техногенної НС. Сумарний час евакуації буде визначатися наступними часовими інтервалами.

Необхідний час на евакуацію населення без залучення спеціальних захисних засобів можна записати у вигляді наступної формули

$$T_E = t_{\text{снов}} + t_{\text{з.м.с}} + t_{\text{рух}} + t_{\text{зав}} + t_{\text{рух безп.}}, \quad (4)$$

де $t_{\text{з.м.с}}$ – проміжок часу, необхідний для залучення необхідної кількості транспортних засобів; $t_{\text{рух}}$ – проміжок часу, необхідний для руху транспорту до пункту збору населення; $t_{\text{зав}}$ – проміжок часу, необхідний для безпечного завантаження населення у транспортні засоби; $t_{\text{рух безп}}$ – проміжок часу, необхідний для безпечного руху транспорту з населенням у безпечний район.

Час збору населення для евакуації можна визначити по формулі

$$T_{\text{ЗБ}} = t_{\text{снов}} + t_{\text{зб.н.ев}}, \quad (5)$$

де $t_{\text{зб.н.ев}}$ – проміжок часу від моменту повного сповіщення населення до повного збору населення на пункті евакуації.

Причому, для забезпечення безпеки населення під час збору та евакуації, необхідно дотримуватися наступної умови

$$T_{\text{ЗБ}} < (t_{\text{снов}} + t_{\text{з.м.с}} + t_{\text{рух}}). \quad (6)$$

Необхідний час на збирання і доставку до місця збору населення засобів індивідуального захисту можна записати у вигляді формули

$$T_{\text{ЗЗЗ}} = t_{\text{снов}} + t_{\text{з.с.з.с}} + t_{\text{дост.зс}} + t_{\text{розт}}, \quad (7)$$

де $t_{\text{з.с.з.с}}$ – проміжок часу, необхідний для збирання необхідної кількості засобів індивідуального захисту; $t_{\text{дост.зс}}$ – проміжок часу, необхідний для доставки засобів захисту до пункту збирання автотранспорту; $t_{\text{розт}}$ – проміжок часу, необхідний для розташування засобів захисту у автотранспорті.

Безпека населення під час евакуації із залученням спеціальних засобів індивідуального захисту може бути забезпечена при дотриманні наступної умови

$$T_{ЗСЗ} < T_{ЗБ}. \quad (8)$$

Загальна формула по визначенню необхідного часу для евакуації населення із залученням спеціальних захисних засобів може бути записана наступним чином

$$T_{ЗСЗ} = t_{спов} + t_{з.м.с} + t_{рух} + t_{зав} + t_{оснащ} + t_{рух\ безп}, \quad (9)$$

де $t_{оснащ}$ – проміжок часу, необхідний для оснащення населення засобами індивідуального захисту.

Окремо розглянемо часові рамки, необхідні для безпечного укриття населення у захисних спорудах при виникненні техногенної НС.

Необхідний час для укриття населення у захисних спорудах можна записати у вигляді формули

$$T_{УКР} = t_{спов} + t_{зб.п.ев} + t_{заповн}, \quad (10)$$

де $t_{заповн}$ – проміжок часу, необхідний для безпечного заповнення захисної споруди нормативною кількістю людей.

Причому необхідно дотримуватися умови

$$T_{УКР} < (t_{спов} + t_{роз}) \quad (11)$$

Для забезпечення безпеки людей після виходу з захисних споруд час перебування у захисних спорудах повинен бути більшим, ніж інтервал часу, необхідний для зниження концентрації небезпечних речовин до безпечного рівня, тобто $t_{схов} > t_{зн.к}$.

Якщо, наприклад, у випадку виникнення комплексної НС, $t_{схов} < t_{зн.к}$, то необхідно проводити евакуацію людей із захисних споруд, залучаючи для цього спеціальні засоби індивідуального захисту.

Час, необхідний для евакуації людей із захисних споруд з використанням засобів індивідуального захисту (час комплексної евакуації), можна записати у вигляді наступної формули

$$T_{КОМПЛ} = t_{спов} + t_{з.м.с} + t_{прук} + t_{оснац} + t_{вих} + t_{зав} + t_{прук\ безп}, \quad (12)$$

де $t_{вих}$ – проміжок часу, необхідний для безпечного виходу людей із захисної споруди.

Висновок. З урахуванням вищенаведеного, необхідно створювати необхідні умови щодо якомога оперативної евакуації населення або розташування людей у захисних спорудах. Іншими словами, необхідно влаштовувати захисні споруди з відповідними ступенями захисту, зведених у відповідних районах і розрахованих на відповідну кількість населення, а також мережу транспортних комунікацій з відповідною пропускнуою здатністю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Євдікін О.М. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій: в 2 т./ Євдікін О.М., Могильниченко В.В., Скидан М.А., Рібакова Е.О. – К. : КІМ, 2007. Т.1: Техногенна та природна небезпека. – 2007. – 636 с.
2. Гражданская защита области. Учебник: в 3 т./ [Д.И. Мазоренко, Л.Н. Тищенко, Г.И. Олейник и др.] – Харьков: НМЦ ХНТУСХ. Т.1. - 2007. – 415 с.
3. Рятувальні роботи під час ліквідації надзвичайних ситуацій: навчальний посібник / [Аветисян В.Г., Адаменко М.І., Александров В.Л. та ін.]. – Київ.: Основа. – 2006. – 240 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. Захаренко О.В. Методики прогнозування небезпечних факторів, що виникають при аваріях на хімічних підприємствах / Захаренко О.В. // Тези II між. наук.-техн. конф. "Шляхи автоматизації, інформатизації та комп'ютеризації в діяльності МНС України".- Харків : АЦЗУ. - 2005.- С. 43 - 46.
7. Захаренко О.В. Моніторинг надзвичайних ситуацій на хімічно-небезпечних об'єктах / Захаренко О.В., Созник А.П. // Науковий вісник будівництва: зб. наук. праць в 2 т.: - Харків : ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2005. Т.2.- 2005. – Вип. 30. - С.225-228.
8. Шляхов Н.А. Оценка характерных опасных расстояний при ликвидации аварий на химических предприятиях / Шляхов Н.А., Созник А.П., Захаренко О.В. // Проблемы надзвичайних

- ситуацій : Зб. наук. пр. – Харків : Фолио, 2008. – Вип. 8 . – С. 17-28.
9. 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
 10. 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.
 11. 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.
 12. Гражданская защита области. Учебник: в 3 т./ [Д.И. Мазоренко, Л.Н. Тищенко, Г.И. Олейник и др.] – Харьков: НМЦ ХНТУСХ. Т.3. - 2008. – 499 с.

Квитковский Ю.В.

Обеспечение защиты населения при возникновении чрезвычайной ситуации техногенного характера путём укрытия и эвакуации

Определяются интервалы времени, необходимые для безопасной эвакуации население, для безопасного укрытия людей в защитных сооружениях, а также для проведения комплексной эвакуации с применением средств индивидуальной защиты

Ключевые слова: защита, убежище, опасные факторы, комплексная чрезвычайная ситуация, оценка, эвакуация

Kvitkovskiy U.V.

To protect populations in emergency situations by man-made shelters and evacuation

Defines the time interval required for the safe evacuation of people for safe haven in protective structures, as well as to conduct comprehensive evacuation using personal protective equipment

Key words: protection, shelter, hazards, complex emergency situation assessment, evacuation

УДК 614.8

*Ключка Ю.П., канд. техн. наук, докторант, НУГЗУ,
Кривцова В.И., д-р техн. наук, проф., НУГЗУ,
Борисенко В.Г., канд. физ.-мат. наук, доц., НУГЗУ*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ НАГРЕВА БАЛЛОНОВ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ВОДОРОДОМ ДО МОМЕНТА ИХ РАЗРУШЕНИЯ

Получены регрессионные модели длительности нагрева баллона с водородом (из стекловолокна и базальтоволокна) до момента его разрушения. Определены границы областей для баллонов трех типов, обуславливающих возможное разрушение баллона. Установлено, что баллон из базальтового волокна является лучшим выбором с точки зрения возможного разрушения в случае воздействия на него повышенных температур, а из стекловолокна – худшим.

Ключевые слова: сжатый водород, баллон, численный эксперимент, факторы

Постановка проблемы. Сжатый водород (до 70 МПа [1]) является одним из перспективных экологически чистых энергоносителей для транспорта будущего.

Однако такие характеристики данных систем хранения водорода, как высокое давление, большая плотность водорода, а также малая толщина стенок баллона повышают их опасность. В связи с этим определение времени нагрева баллона до момента его разрушения в результате внешнего воздействия, является важным фактором безопасного хранения водорода на автомобильном транспорте.

Анализ последних исследований и публикаций. Во время возникновения и развития пожара на транспортном средстве происходит изменение температуры водорода в баллоне вследствие нагрева его стенок.

В работах [2-3] показано, что значение температуры в автомобиле и скорость развития пожара зависят от многих параметров, таких как: место его возникновения; тип автомобиля; наличие дополнительных ЛВЖ; открытые или закрытые окна и т.д. В работе [4] предложен алгоритм определения критических значений давления и температуры водорода, а также температуры стенок

баллона в зависимости от температурных параметров окружающей среды и времени их воздействия.

В [5], при определении времени до разрушения стального баллона, в процессе проведения вычислительного эксперимента, использовалось следующее выражение для функции отклика

$$\tau_r = M(T_{pg}, V_{\delta}, \rho_{H_2}, \tau_n), \quad (1)$$

где T_{pg} – температура продуктов горения; ρ_{H_2} – плотность водорода; V_{δ} – объем баллона; τ_n – время достижения $T_{pg(\max)}$.

Постановка задачи и ее решение. Целью данной работы является получение моделей длительности нагрева композиционного баллона с водородом изготовленного из базальтоволокна и стекловолокна до момента его разрушения в зависимости от температуры продуктов горения, характеристик баллона и водорода в нем.

В табл. 1 представлены уровни варьирования факторов вычислительного эксперимента в соответствии с алгоритмом [4]. При этом теплопроводность стекловолокна принималась 0,75 Вт/(м·К), а базальтоволокна – 0,45 Вт/(м·К).

Таблица 1 – Уровни варьирования факторов

Факторы		Кодовое обозначение	Нулевой уровень $x_i = 0$	Интервал варьирования	Уровень $x_i = 1$	Уровень $x_i = -1$
Температура продуктов горения	T_{pg} , К	x_1	1023	250	1273	773
Время достижения $T_{pg(\max)}$	τ_n , мин	x_2	3,5	2,5	6	1
Плотность водорода	ρ , кг/м ³	x_3	40	10	50	30
Объем баллона	V_{δ} , м ³	x_4	0,1	0,05	0,15	0,05

В табл. 2 приведен матрица планирования и результаты откликов времени до момента разрушения баллона из базальтового волокна, стекловолокна и стали.

На рис. 1 представлены зависимости времени до разрушения для баллона, изготовленного из стекловолокна, базальтового волокна и стали при изменении значений факторов (табл. 1).

Таблица 2 – Матрица планирования вычислительного эксперимента

№	Кодовое обозначение				Время отклика, мин.		
	x_1	x_2	x_3	x_4	Базаль- товолокно	Стекло- волокно	Сталь [5]
1	-1	-1	-1	-1	23	4,2	1,09
2	1	-1	-1	-1	4,08	0,87	0,64
3	-1	1	-1	-1	25,5	7,18	5,32
4	1	1	-1	-1	6,6	3,84	2,73
5	-1	-1	1	-1	5,28	1,92	0,8
6	1	-1	1	-1	2,68	0,7	0,5
7	-1	1	1	-1	7,94	4,84	3,4
8	1	1	1	-1	5,1	2,92	1,9
9	-1	-1	-1	1	30,1	5,3	1,6
10	1	-1	-1	1	4,86	0,92	0,95
11	-1	1	-1	1	32,8	8,04	5,75
12	1	1	-1	1	7,36	4,02	3,15
13	-1	-1	1	1	6,68	2,24	1,21
14	1	-1	1	1	3,1	0,72	0,8
15	-1	1	1	1	9,3	5,24	3,95
16	1	1	1	1	5,58	3,08	2,2

Из рисунка следует, что баллон из базальтового волокна более устойчив к разрушению и по сравнению с баллонами из стекловолокна и стали. При этом разница во времени может составлять до 25 и 27 минут соответственно.

В результате расчетов были получены следующие регрессионные модели для определения времени от начала воздействия повышенной температуры до момента разрушения баллона:

– баллон из стекловолокна

$$t_{sw} = 3,48 - 1,35 \cdot x_1 + 1,37 \cdot x_2 - 0,77 \cdot x_3 + 0,174 \cdot x_4 + 0,496 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,123 \cdot x_1 \cdot x_4 - 0,124 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (2)$$

– баллон из базальтового волокна

$$t_{bw} = 11,24 - 6,32 \cdot x_1 + 1,27 \cdot x_2 - 5,54 \cdot x_3 + 1,22 \cdot x_4 + 4,73 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,92 \cdot x_1 \cdot x_4 - 0,77 \cdot x_3 \cdot x_4 + 0,68 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (3)$$

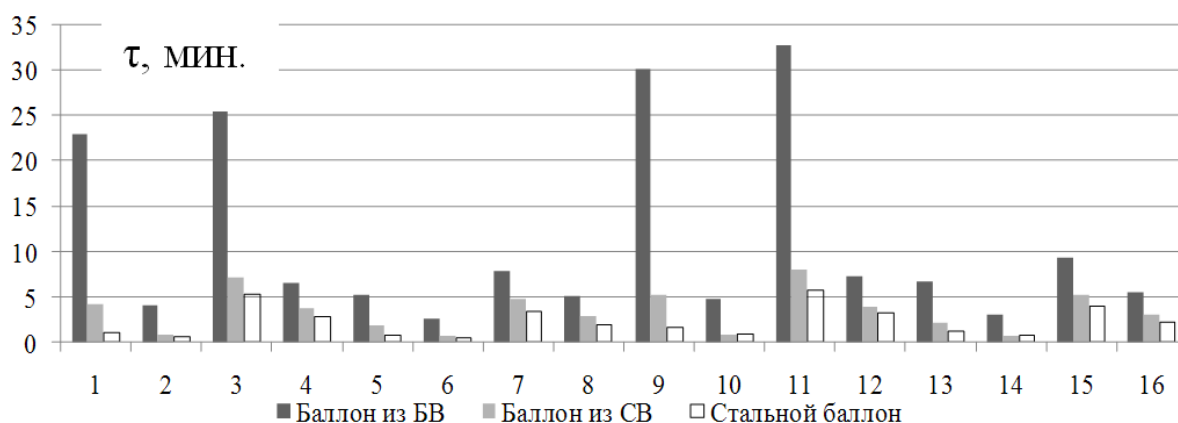


Рис. 1 – Диаграмма зависимости времени от начала воздействия повышенной температуры до момента разрушения баллона (в соответствии с табл. 2)

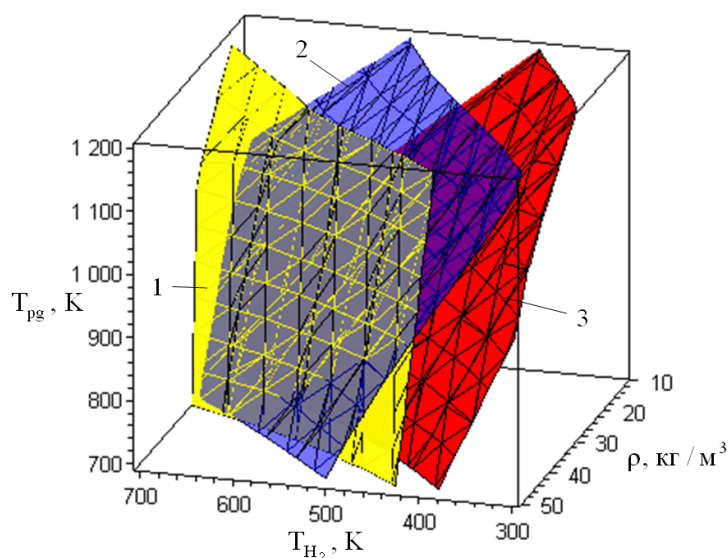


Рис. 2 – Границы областей, обуславливающих возможное разрушение баллона для баллона из: 1 – базальтоволокна; 2 – стали [5]; 3 – стекловолокна

Определение времени нагрева баллонов из композиционных материалов с водородом до момента их разрушения

Оценка статистической значимости коэффициентов регрессии выполнялась с помощью критерия Стьюдента. Адекватность моделей (2)-(3) проверялась с помощью критерия Фишера [6-7].

На рис. 2 приведены границы областей возможного разрушения баллона из базальтоволокна, стекловолокна и стали.

Из рисунка следует, что у баллонов, изготовленных из стекловолокна, наибольший диапазон параметров (слева от соответствующей плоскости), при которых возможно разрушение баллона, в то время как у баллона, изготовленного из базальтового волокна, наиболее узкий диапазон параметров. Не смотря на то, что у стального баллона более широкий диапазон параметров разрушения баллона по сравнению с базальтовым, есть область, в которой он оказывается безопаснее, нежели базальтовый. Это связано с различным поведением материалов во время нагревания, а соответственно и изменением их характеристик.

Выводы. В результате проведенной работы получены регрессионные модели длительности нагрева баллона с водородом изготовленного из стекловолокна и базальтоволокна до момента его разрушения. Определены границы областей для баллонов трех типов, обуславливающих возможное разрушение баллона. Показано, что у баллонов из стекловолокна наибольший диапазон параметров, при которых возможно разрушение баллона, в то время как у баллона из базальтового волокна наиболее узкий диапазон параметров, т.е. баллон из базальтового волокна является наименее опасным выбором с точки зрения возможного разрушения в случае воздействия на него повышенных температур, а из стекловолокна – наиболее опасным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ключка Ю.П. Особенности использования водорода на автомобильном транспорте / В.И. Кривцова, Ю.П. Ключка // Проблемы пожарной безопасности. – 2009. – № 26. – С. 49–61.
2. Пожарная_безопасность_автомобиля [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.jcwiki.ru/> Пожарная_безопасность_автомобиля.
3. Клаус Д.П. Роль естественно-научной криминалистики / Клаус Дитер Поль. — Москва, 1985. — 311 с.
4. Борисенко В.Г. Определение времени разрушения баллона с водородом, обусловленного изменением температурных пара-

- метров окружающей среды / В.Г. Борисенко, В.И. Кривцова, Ю.П. Ключка // Проблемы пожарной безопасности. – 2010. – № 27. – С. 83–96.
5. Ключка Ю.П. Имитационная модель времени нагрева баллона с водородом до момента его разрушения / Ю.П. Ключка, В.И. Кривцова, В.Г. Борисенко // Проблемы пожарной безопасности. – 2010. – № 28. – С. 83–92.
 6. Винарский М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский, М.В. Лурье – К.: Техника, 1975, – 168 с.
 7. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский – М.: Наука, 1976, – 254 с.

Ключка Ю.П., Кривцова В.И., Борисенко В.Г.

Визначення часу нагріву балонів з композиційних матеріалів з воднем до моменту їх руйнування

Отримано регресійні моделі тривалості нагрівання балона з воднем (зі скловолокна і базальтоволокна) до моменту його руйнування. Визначено межі областей для балонів трьох типів, які обумовлюють можливе руйнування балона. Встановлено, що балон з базальтового волокна є кращим вибором з точки зору можливого руйнування у випадку впливу на нього підвищених температур, а зі скловолокна - гіршим.

Ключові слова: стиснутий водень, балон, чисельний експеримент, фактори

Kluchka Yu.P., Krivtsova V.I., Borisenko W.G.

Determination of time of heating cylinders with hydrogen from composite until their destruction

Obtained regression models, the duration of the heating cylinder with hydrogen (made of fiberglass and basalt fiber) until its destruction. The boundaries of the areas for the three types of cylinders, causing the possible collapse of the container. It is established that a container made of basalt fiber is the best choice in terms of potential damage in case of exposure to elevated temperatures, and fiberglass - the worst.

Key words: compressed hydrogen gas cylinder, numerical experiment, factors

УДК 351.861

*Левтеров О.А., канд. техн. наук, пров. наук. співр., НУЦЗУ,
Олійник Д.В., викл., НУЦЗУ,
Тютюник В.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр., НУЦЗУ,
Шевченко Р.І., канд. техн. наук, нач. лаб., НУЦЗУ*

ОЦІНКА НЕБЕЗПЕКИ НАСЕЛЕННЯ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ ЯК КРИТЕРІЙ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЕРЖАВНОЇ СИСТЕМИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

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

У роботі проведено аналіз стану регіонів України з урахуванням принципу комплексної оцінки небезпеки населення як основи розробки та побудови системи інтегрального захисту від надзвичайних ситуацій

Ключові слова: небезпеки населення регіонів України, оцінка небезпеки, система інтегральної безпеки, цивільний захист

Постановка проблеми. Розвиток цивільного захисту як системи організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів з метою запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій, які загрожують життю та здоров'ю людей, завдають матеріальних збитків у мирний час і в особистий період потребує докорінного перегляду з позиції інтегральної теорії безпеки як єдиної складової інженерно-технічного та соціально-психологічного аспектів розвитку суспільства.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Про необхідність даного напрямку розвитку систем безпеки свідчать дискусії, що тривають в наукових колах. Так у роботах [1 – 3] розглядаються питання підвищення ефективності виявлення небезпечних факторів та ліквідації надзвичайних ситуацій (НС). Однак ці питання розглядаються науковцями лише з інженерно-технічного боку забезпечення безпеки.

З іншого боку тривають дослідження у соціально-психологічному аспекті даної проблеми, з прив'язкою до того відрізка часу коли надзвичайна ситуації вже трапилась, тобто дослідження поведінки соціуму у екстремальних ситуаціях, що найшло своє відображення у роботах [4 – 7]. Питання впливу соціально-

психологічних показників на процес виникнення НС у комплексному вигляді майже не розглядаються.

Таким чином, питання щодо взаємного впливу даних аспектів та їх впливу на показники інтегральної системи безпеки при надзвичайних ситуаціях досі залишається не вирішеними. Окремі положення знайшли відображення в роботах [8 – 12].

Постановка завдання та його вирішення. Для попередження та недопущення впливу небезпечних факторів на процес життєдіяльності населення України виникає необхідність оцінки рівня безпеки та прийняття відповідних антикризових рішень. Для оцінки такого впливу, коефіцієнт індивідуальної безпеки можливо представити як

$$R^\lambda \rightarrow K_{\text{інд.}}^{\text{небезп.}} = f(k_{\text{інд.}}^{\text{техн.}}; k_{\text{інд.}}^{\text{прир.}}; k_{\text{інд.}}^{\text{соц.-політ.}}; k_{\text{інд.}}^{\text{воєн.}}) \rightarrow \{G_{\text{інд.}}; Z_{\text{інд.}}\},$$

де $k_{\text{інд.}}^{\text{техн.}}$, $k_{\text{інд.}}^{\text{прир.}}$, $k_{\text{інд.}}^{\text{соц.-політ.}}$, $k_{\text{інд.}}^{\text{воєн.}}$ – показники небезпек: техногенного, природного, соціально-політичного, воєнного характеру [13]; $G_{\text{інд.}}$, $Z_{\text{інд.}}$ – показники індивідуального соціально-фізіологічного та матеріально-технічного стану.

Аналізуючи Україну, як територіально-параметричну соціально-природно-технічну систему, з урахуванням принципу комплексної оцінки небезпек за складовими безпеки дозволив, не обмежуючи загальності підходу [12, 14] з урахуванням обмеженості існуючих статистичних даних [15 – 22], складову індивідуальної безпеки для i -го регіону представити наступним чином

$${}^{(i)}k_{\text{інд.-}m}^\lambda \sim {}^{(i)}N_m^\lambda \cdot \frac{{}^{(i)}N_m^{\text{насел.}*}}{({}^{(i)}S_{\lambda_m}^*)},$$

де ${}^{(i)}N_m^\lambda = \frac{{}^{(i)}N_m^\lambda}{\sum_i {}^{(i)}N_m^{\text{НС}}}$ – відносна кількість НС λ характеру, що виник-

ло у i -му регіоні; ${}^{(i)}N_m^\lambda$ – кількість НС λ характеру у i -му регіоні; $\sum_i {}^{(i)}N_m^{\text{НС}}$ – загальна кількість НС, що виникло в Україні;

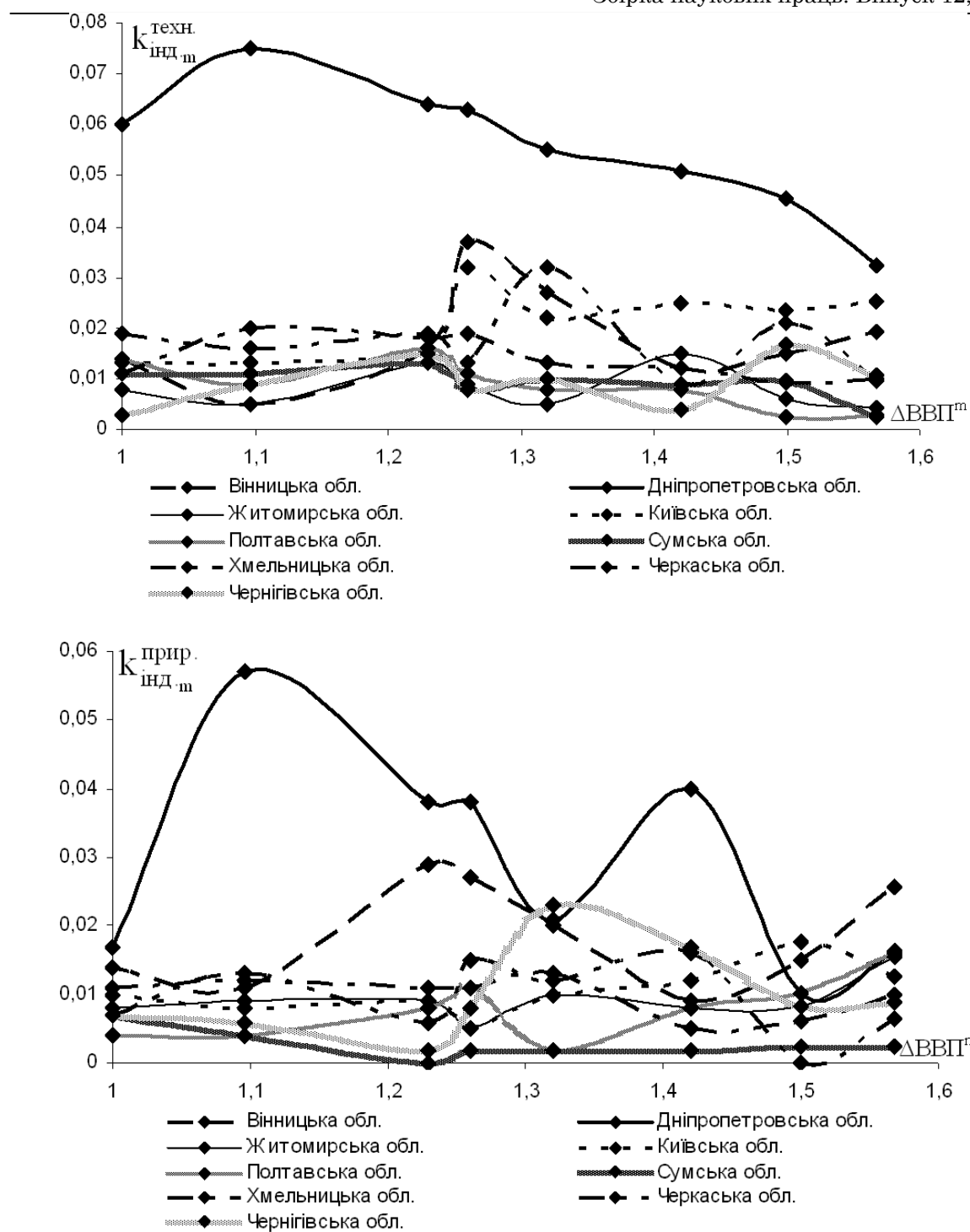


Рис. 1 – Динаміка зміни показника техногенної та природної небезпеки у центральних та північних регіонах України у відповідності до зміни $\Delta \text{ВВП}^m$ у 2002 -2009 рр.

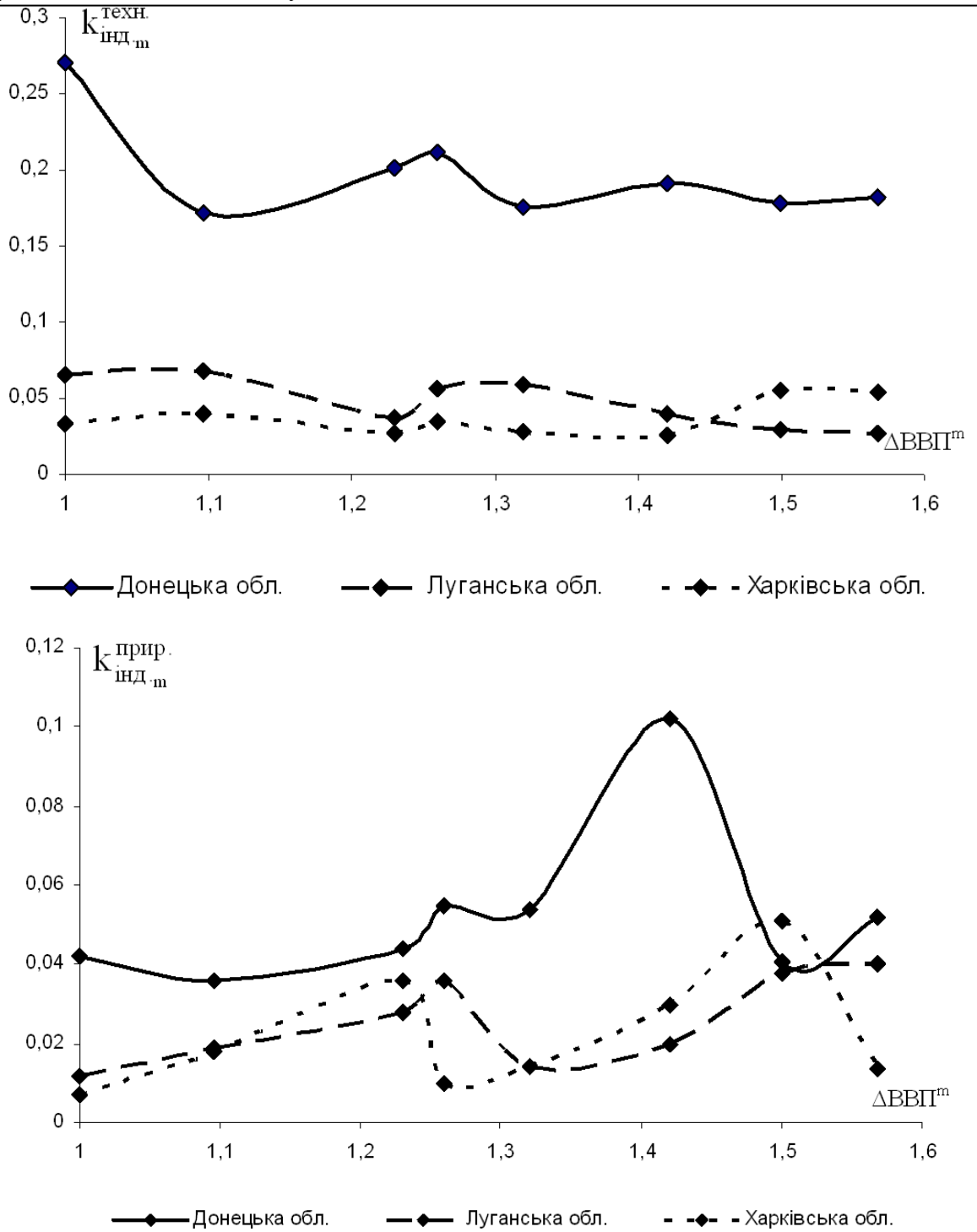


Рис. 2 – Динаміка зміни показника техногенної та природної небезпеки у східних регіонах України у відповідності до зміни $\Delta BВП^m$ у 2002-2009 рр.

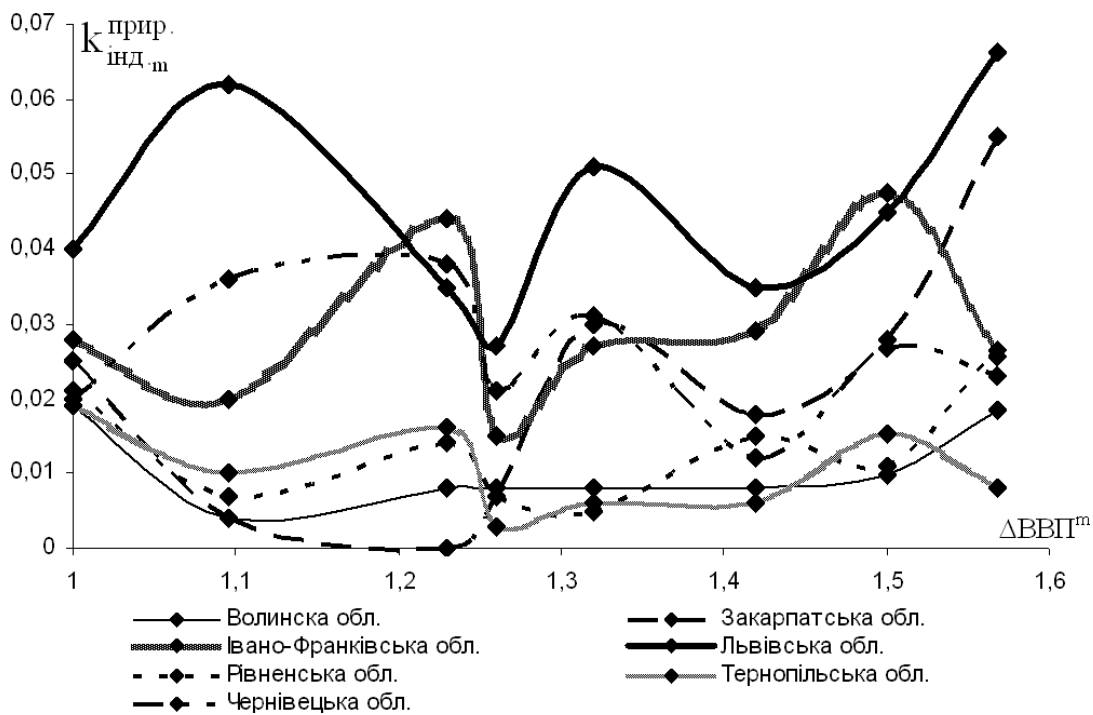
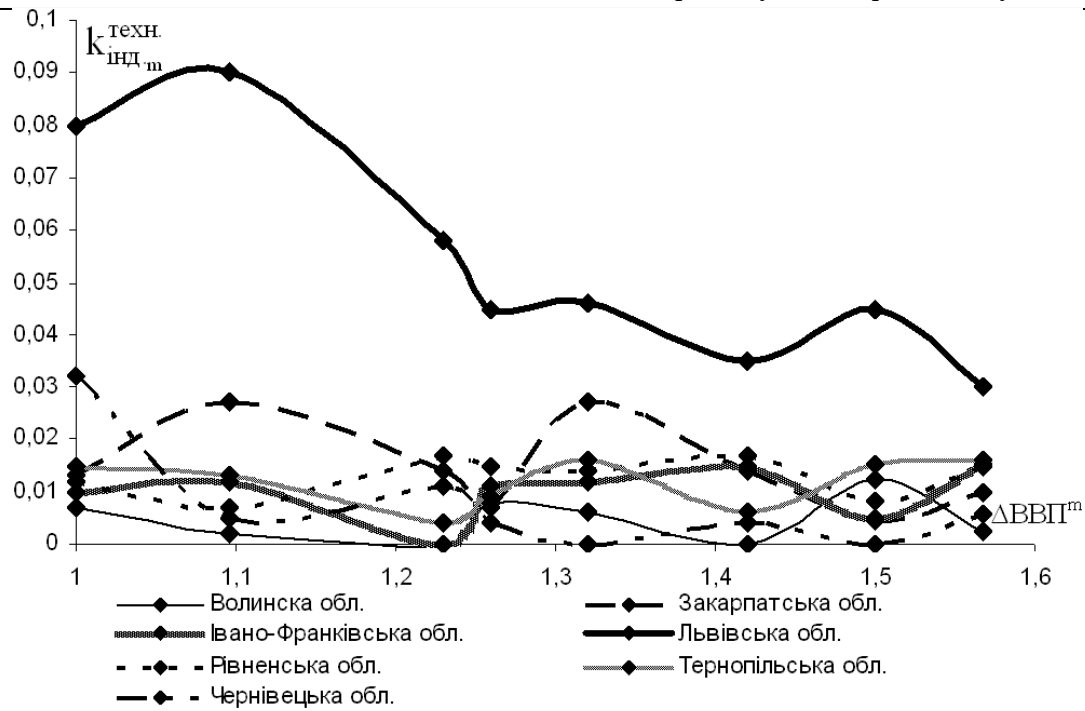


Рис. 3 – Динаміка зміни показника техногенної та природної небезпеки у західних регіонах України у відповідності до зміни $\Delta ВВП^м$ у 2002-2009 рр.

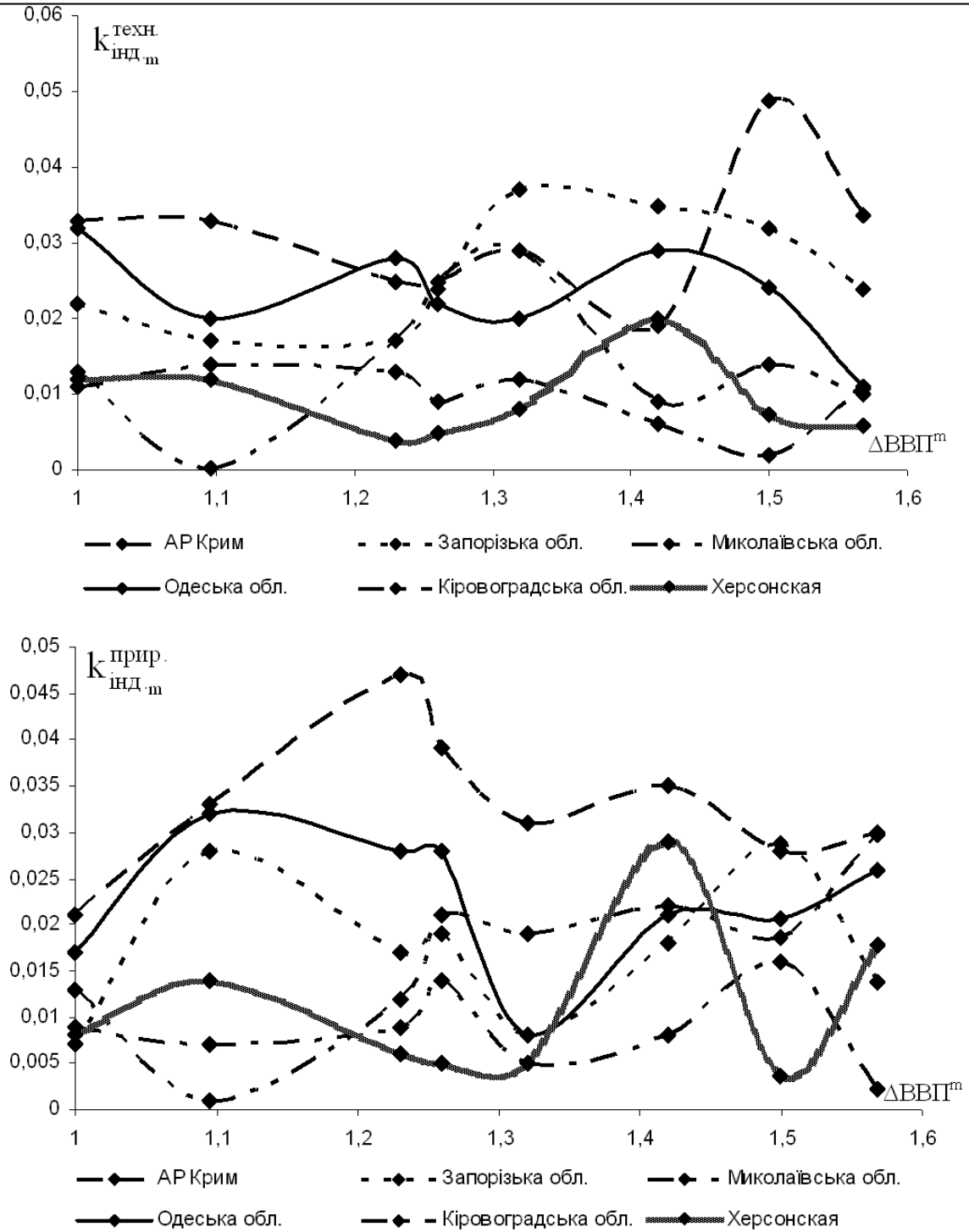


Рис. 4 – Динаміка зміни показника техногенної та природної небезпеки у південних регіонах України у відповідності до зміни $\Delta \text{ВВП}^m$ у 2002-2009 рр.

${}^{(i)}N_m^{насел.*} = \frac{{}^{(i)}N_m^{насел.}}{\sum_i {}^{(i)}N_m^{насел.}}$ – відносна кількість населення у i -му регіоні;

${}^{(i)}N_m^{насел.}$ – кількість населення у i -му регіоні; $\sum_i {}^{(i)}N_m^{насел.}$ – загальна

кількість населення України; ${}^{(i)}S_m^* = \frac{{}^{(i)}S_m}{\sum_i {}^{(i)}S_m}$ – відносна площа тери-

торії i -го регіону; ${}^{(i)}S_m$ – площа території i -го регіону; $\sum_i {}^{(i)}S_m$ – за-

гальна площа території України; m – стан системи [23].

У результаті застосування наведених формул, враховуючи динаміку зміни стану системи, та на підставі офіційно оприлюдненої інформації щодо росту внутрішнього валового продукту (ВВП), як базового показника стану України [23 – 25], зміни якісної характеристики індивідуальної безпеки регіонів України за техногенною та природною небезпекою представлено на рис. 1 – 4

(де $\Delta BVP^m = \frac{BVP_m}{BVP_{m-1}}$ – характеристика зміни зростання внутріш-

нього валового продукту; BVP_{m-1} – приріст ВВП у період $(m-1)$; BVP_m – приріст ВВП, який прогнозується у період m).

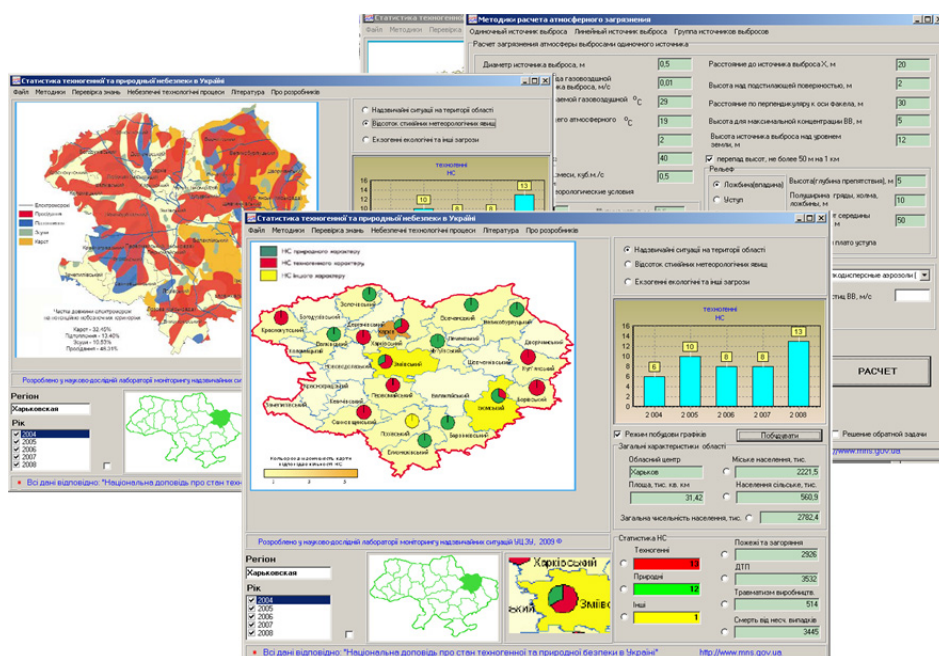


Рис. 5 – Комп'ютерна система оцінки характеристик надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру

Для визначення динаміки змін техногенно-природного навантаження в регіонах України була розроблена комп'ютерна система оцінки характеристик надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру (рис. 5), яка може бути використана як ефективний інструмент впливу на розподіл існуючих фінансово-матеріальних ресурсів з метою запобігання НС різного характеру (рис. 6).

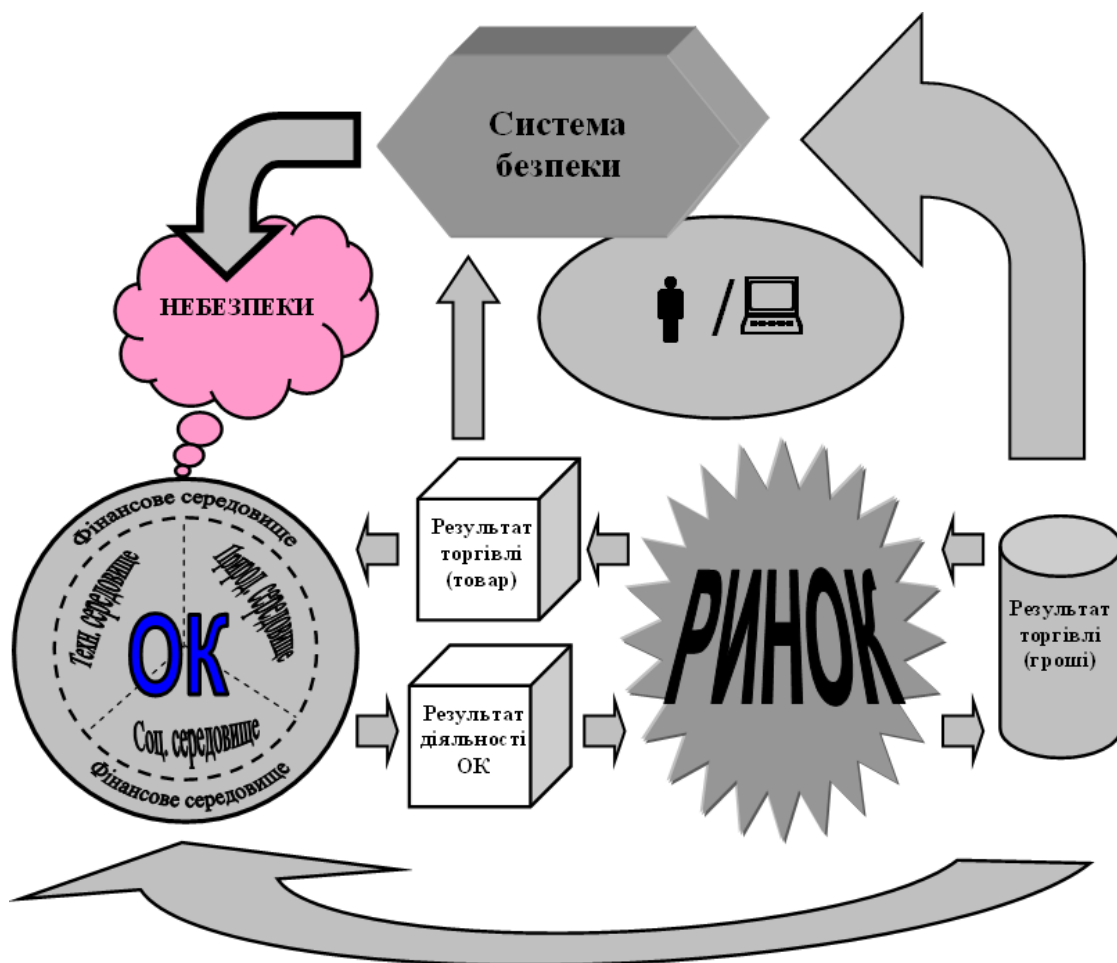


Рис. 6 – Умови функціонування комп'ютерної системи оцінки характеристик надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру об'єкту контролю (ОК)

Висновки. Застосування комп'ютерна система оцінки характеристик надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру дозволило визначити наступне:

1. Стосовно техногенної небезпеки:
 - рівень небезпеки техногенних об'єктів залежить від багатьох чинників, а саме: фізико-хімічних властивостей сировини, ха-

рактеру технологічного процесу, конструкції та надійності обладнання, умов зберігання і транспортування сировини та продукції, стану контрольно-вимірювальних приладів та засобів автоматизації, ефективності засобів проти аварійного захисту, рівня організації профілактичної роботи, своєчасності і якості планово-запобіжних ремонтних робіт, підготовленості і практичних навичок персоналу, системи нагляду за станом технічних засобів проти аварійного захисту тощо;

- аналізуючи динаміку зміни показника техногенної небезпеки загалом в Україні, у відповідності до зміни її економічного стану, слід наголосити на стриманість рівня безпеки населення України, переважно, на незмінному рівні за умов зростання внутрішнього валового продукту, що в свою чергу обумовлено відсутністю стратегічного розвитку національної безпеки та створення ефективної державної системи безпеки;
- зберігання в регіонах загального стану техногенної небезпеки на незмінному рівні, за умов погіршення окремого стану небезпеки техногенних об'єктів, потребує додаткових фінансових потужностей для реалізації позапланових організаційних та технічних заходів безпеки в регіоні;
- зменшення техногенного навантаження в деяких регіонах відбувається за рахунок зменшення потужностей виробництва, що є зворотнім боком умов збільшення внутрішнього валового продукту держави.

2. Стосовно природної небезпеки:

- рівень природної небезпеки визначається чинниками природного походження які виникають на території України. Різноманіття даних чинників та їх співвідношення вказує на різноманітність регіонів України за видами природної небезпеки та за ступенем їх впливу на життєдіяльність населення України;
- зростання, в останній період, впливу природних чинників небезпеки на життєдіяльність населення України вказує на необхідність розвитку та удосконалення процесу попередження та мінімізації впливу наслідків природних надзвичайних ситуацій інструментом якого є державна система цивільного захисту з підсистемою моніторингу надзвичайних ситуацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Совершенствование управления региональной безопасностью в природно-техногенной сфере / Б.Н. Порфирьев // ВИНТИ. Пробл. безоп. при чрезв. ситуациях. – 2004. – № 3. – С. 3 – 30.
2. Комплексная оценка уровня риска опасного объекта / В.Д. Кондратьев, А.В. Толстых, Б.К. Уандыков, А.В. Щепкин // Системы управления и информац. технологий. – 2004. – № 3(15). – С. 53 – 57.
3. Оценка эффективности средств дистанционного мониторинга техногенных загрязнений воздуха для обеспечения безопасности промышленных объектов / Р.Р. Агишев, В.А. Власов // ВИНТИ. Пробл. безоп. при чрезв. ситуациях. – 2002. – № 6. – С. 22 – 47.
4. Психология человека в экстремальных условиях / Ц.П. Короленко – М.: Медицина, 1978. – 178 с.
5. Психогении в экстремальных условиях / Ю.А. Александровский, О.С. Лобастов, Л.И. Спивак, Б.П. Щукин – М.: Медицина, 1991. – 96 с.
6. Особенности проявления паники в условиях экологического бедствия (на примере Чернобыльской атомной катастрофы) / В.А. Моляко // Психологический журнал. – 1992. – № 2. – С. 66 – 74.
7. Психологічне прогнозування надійності діяльності працівників аварійно-рятувальних підрозділів МНС України / О.П. Євсюков, О.В. Тімченко – Харків, 2007. – 288 с.
8. Философия безопасности / В.С. Поликарпов – СПб. – Ростов-на-Дону – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2001 [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.abovo.net.ru/book/98049
9. Философия техники [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.zipsites.ru/books/filosofiya_tekhniki
10. О концепции общенаучной теории безопасности земной цивилизации на рубеже второго и третьего тысячелетий / Г.В. Бро, Н.М. Пожитной // Безопасность информационных технологий. – 1998. – № 3. – С. 82 – 83.
11. Бурков В.Н., Грищенко А.Ф., Кулик О.С. Задачи оптимального управления промышленной безопасностью. – М.: ИПУ РАН, 2000. – 70 с.
12. 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.
13. ЗУ „Про правові засади цивільного захисту”.
 14. Формування інтегральної системи безпеки – запорука добробуту України / О.Ю. Кірючкін, О.А. Левтеров, В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // F+S: технологии безопасности и противопожарной защиты. – 2008. - № 6(36). – С. 60 – 63.
 15. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2002 році” – К.:Чорнобильінтерінформ, 2003. – 291 с.
 16. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2003 році” – К.:Чорнобильінтерінформ, 2004. – 435 с.
 17. 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
 18. 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
 19. 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
 20. 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
 21. 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
 22. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2009 році – К.: Чорнобильінтерінформ, 2010. – 252 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2009.html
 23. Інтегральна система безпеки регіонів України, як складових державної територіально-часової параметричної системи. Принцип комплексної оцінки небезпеки / Є.М. Грінченко,

- О.Ю. Кірочкін, В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: УЦЗУ, 2008. – Вип. 7. – С. 58 – 71.
24. Аналіз хімічно небезпечного стану регіонів України / Ю.О. Абрамов, В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2006. – № 4. – С. 16 – 28.
25. Оцінка індивідуальної небезпеки населення регіонів України в умовах надзвичайних ситуацій / В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко, О.В. Тютюник // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2009. – № 9. – С. 146 – 157.

Левтеров А.А., Олейник Д.В., Тютюник В.В., Шевченко Р.И.

Оценка опасности населения регионов Украины как критерий эффективности государственной системы гражданской защиты

В работе проведен анализ состояния регионов Украины с учетом принципа комплексной оценки опасности населения как основы разработки и построения системы интегральной защиты от чрезвычайных ситуаций

Ключевые слова: опасности населения регионов Украины, оценка опасности, система интегральной безопасности, гражданская защита

Levterov A.A., Oleinik D.V., Tiutiunik V.V., Shevchenko R.I.

Estimation of danger of population of regions of Ukraine as criterion of efficiency of the state system of civil defence

The analysis of the state of regions of Ukraine is in-process conducted taking into account principle of complex estimation of danger of population as basis of development and construction of the system of the integral protecting from emergencies

Key words: dangers of population of regions of Ukraine, estimation of danger, system of integral safety, civil defence

УДК 351.861

*Мищенко И.В., канд. техн. наук, доц., НУГЗУ,
Чернобай Г.А., канд. техн. наук, доц., НУГЗУ*

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ С УЧЕТОМ РАЗБРОСА МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

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

Рассматривается задача безопасной транспортировки опасных грузов с учетом разброса механических свойств материалов при движении автомобиля по неровностям дороги. Показана возможность решения задачи надежности для рассматриваемого случая с использованием кинетических уравнений повреждений и математического аппарата теории марковских процессов.

Ключевые слова: надежность, накопление повреждений, усталость, разброс механических свойств

Постановка проблемы. В элементах конструкций транспортного средства (в том числе и перевозимом опасном грузе) происходит накопление повреждений, обусловленных различными внешними и внутренними факторами. К внешним можно отнести случайный характер неровностей дороги, а к внутренним – структуру материала и изменение его механических свойств в течение срока эксплуатации. Анализ накопленных повреждений и определение их уровня является необходимым при проведении погрузочно-разгрузочных работ и возможной дальнейшей транспортировке. Особенно важным решение данной задачи представляется при анализе состояния транспортных средств, предназначенных для перемещения опасных грузов.

Анализ последних исследований и публикаций. Решение задачи надежности для элементов конструкций при циклическом нагружении и различных физических моделях отказов на основе двумерных марковских моделей рассмотрено в работах [1,2]. Вероятностная постановка рассматриваемой задачи определяется случайным характером накопления повреждений, что приводит к необходимости учета не только случайности условий эксплуатации и внешнего воздействия, но и существующего разброса физических и прочностных характеристик исходных материалов, используемых в конструкции. В работах [3,4] рассмотрены

Мищенко И.В., Чернобай Г.А.

вероятностные кривые усталости, описывающие разброс предела выносливости материалов.

Постановка задачи и ее решение. Рассматривается задача определения показателей надежности элементов конструкции транспортного средства и перевозимого опасного груза с учетом разброса механических свойств материалов. Для расчета конструкций в области много- и мало цикловой усталости используют кривые усталости, построенные соответственно в координатах амплитуда переменных напряжений – число циклов и амплитуда переменной деформации – число циклов. Эти кривые могут оставаться неизменными в ходе расчетов, в то же время более корректно использовать измененные кривые усталости, так как они в течение работы материала могут существенно отличаться от исходной. В этом случае строятся вероятностные кривые усталости, в которых распределения пределов выносливости описываются различными двух- и трех параметрическими законами - нормальным, лог-нормальным, Вейбулла, Гумбеля и др. [4]. При усталостных испытаниях с постоянными параметрами цикла нагружения, не изменяющимися от образца к образцу, число циклов до разрушения может существенно отличаться для разных образцов, даже если они изготовлены из одной партии материала и по одной технологии. Различие в циклической долговечности не может быть объяснено только погрешностями при задании нагрузки и обусловлено в основном микроструктурной неоднородностью материала и локальным характером зарождения и развития усталостного повреждения.

Для определенности рассмотрим постепенные отказы, происходящие в результате многоциклового усталости. В этом случае кинетическое уравнение повреждений (КУП) можно представить в виде

$$\frac{dz(t)}{dt} = \begin{cases} \frac{\omega_e}{2\pi N_0 \sigma_{-1k}^r} \lambda^r(t) = \frac{1}{T_0} \left(\frac{\lambda(t)}{\sigma_{-1k}} \right)^r, & \lambda(t) \geq \sigma_{-1k} \\ 0, & 0 \leq \lambda(t) < \sigma_{-1k} \end{cases} . \quad (1)$$

Для уравнения (1) вектор параметров базовых зависимостей состоит из двух компонент - предела выносливости элементов конструкций σ_{-1k} и соответствующего ему базового числа циклов

$N_0 = T_0 / T_e$ ($T_e = 2\pi / \omega_e$, где ω_e - эффективная частота процесса). Предположим, что T_0 представляет случайную величину с известной плотностью вероятности $f(t)$, а σ_{-1k} является нестационарной случайной функцией времени

$$\sigma_{-1k}(t) = \phi(t)\sigma_{-1}, \quad (2)$$

где $\phi(t)$ - убывающая детерминированная функция времени; σ_{-1} - случайная величина с заданной плотностью вероятности $f(\sigma_{-1})$.

Введем новые переменные

$$\bar{\lambda} = \lambda / \lambda_{\max}; \quad \bar{\sigma}_{-1} = \sigma_{-1} / \lambda_{\max}; \quad x = \bar{\lambda} / \bar{\sigma}_{-1}; \quad \bar{z}(t) = z(t)T_0, \quad (3)$$

тогда уравнение (1) можно представить в виде

$$\frac{d\bar{z}(t)}{dt} = \begin{cases} \frac{1}{\phi(t)} \left(\frac{\lambda / \lambda_{\max}}{\sigma_{-1} / \lambda_{\max}} \right)^r = \frac{1}{\phi(t)} \left(\frac{\bar{\lambda}(t)}{\bar{\sigma}_{-1}} \right)^r = \frac{1}{\phi(t)} x^r(t), & x(t) \geq 1 \\ 0, & x(t) < 1 \end{cases} \quad (4)$$

Для определения одномерной плотности вероятности $f(\bar{z}, t)$ необходимо задать одномерную плотность вероятности $f(x)$ стационарного случайного процесса $X(t)$. В соответствии с формулами теории вероятности для функционального преобразования (3) искомая плотность вероятности может быть определена через известные плотности вероятности переменных $\bar{\lambda}$ и $\bar{\sigma}_{-1}$

$$f(x) = \int_0^{\infty} f_{\bar{\sigma}_{-1}}(\bar{\sigma}_{-1}) f_{\bar{\lambda}}(\bar{\lambda} = x\bar{\sigma}_{-1}) \bar{\sigma}_{-1} d\bar{\sigma}_{-1}. \quad (5)$$

Рассмотрим случай, когда плотность вероятности нормированной амплитуды $\bar{\lambda}(t)$ подчиняется β -распределению

$$f(\bar{\lambda}) = \frac{\Gamma(p+1)}{\Gamma(q)\Gamma(p-q+1)} \bar{\lambda}^{q-1} (1-\bar{\lambda})^{p-q}, \quad (6)$$

а $\bar{\sigma}_{-1}$ имеет лог-нормальное распределение

$$f(\bar{\sigma}_{-1}) = \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{1/2}} \exp\left(-\frac{(\ln(\bar{\sigma}_{-1}\lambda_{\max}) - m)^2}{2\sigma^2}\right) \frac{1}{\bar{\sigma}_{-1}}, \quad (7)$$

$$m = m_{\ln\sigma_{-1k}}; \quad \sigma^2 = \sigma_{\ln\sigma_{-1k}}^2.$$

Для плотностей вероятности (4.50) и (4.51) формула (4.49) примет вид

$$f(x) = \int_0^\infty \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{1/2}} \exp\left(-\frac{(\ln(\bar{\sigma}_{-1}\lambda_{\max}) - m)^2}{2\sigma^2}\right) \frac{\Gamma(p+1)}{\Gamma(q)\Gamma(p-q+1)} \times (8) \\ \times (x\bar{\sigma}_{-1})^{q-1} (1-x\bar{\sigma}_{-1})^{p-q} d\bar{\sigma}_{-1}.$$

По этой плотности находятся начальные моменты $M[x^n]$ и определяются новые параметры p и q β -распределения.

По плотности вероятности $f(\bar{z}, t)$ находится искомая плотность вероятности меры повреждений $f(z, t)$ в соответствии с формулами теории вероятности для функционального преобразования (3)

$$f(z, t) = \int_0^\infty f_{T_0}(t_0) f_{\bar{z}}(\bar{z} = zt_0, t) t_0 dt_0. \quad (9)$$

Интегрирование в формулах (8) и (9), как правило, выполняется численно.

Численные исследования проводились для трех значений $\sigma_{\lg\sigma_{-1}}$ - $\sigma_{\lg\sigma_{-1}} = 0,0$, $\sigma_{\lg\sigma_{-1}} = 0,05$ и $\sigma_{\lg\sigma_{-1}} = 0,1$. С увеличением данного значения увеличивается математическое ожидание m_z , что говорит о более повреждающем процессе. Анализ проведенных исследований показывает, что разброс предела выносливости также существенно влияет на нормализацию плотности вероятности меры повреждения. Учет указанных факторов позволяет получить уточненные (меньшие) ресурсные характеристики элементов конструкций.

Выводы. В элементах транспортного средства (в том числе и перевозимом опасном грузе) происходит накопление повреждений, анализ которых и определение их уровня является необходимым

при проведенні погрузочно-разгрузочних работ и возможной дальнейшей транспортировке. В работе предложен подход к решению задачи надежности при транспортировке опасных грузов, учитывающий случайный характер механических свойств материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жовдак В.А. Прогнозирование надежности элементов конструкций с учетом технологических и эксплуатационных факторов / В.А.Жовдак, И.В.Мищенко.-Харьков: ХГПУ, 1999.-120 с.
2. Мищенко И.В. Постановка задачи надежности при транспортировке опасных грузов с учетом внешнего случайного кинематического воздействия / И.В.Мищенко // Проблемы надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України.- 2007.-Вип. 5. – С. 150-154.
3. Болотин В.В. Случайные колебания упругих систем. / В.В.Болотин.-М.: Наука, 1979.-335 с.
4. Кузьменко В.А. Многоцикловая усталость при переменных амплитудах нагружения / В.А.Кузьменко, И.М.Васинюк, Б.З.Крук.-К.: Наукова думка, 1986.-264 с.

Мищенко І.В., Чернобай Г.О.

Вирішення задачі надійності при транспортуванні небезпечних вантажів з урахуванням розкиду механічних властивостей матеріалів

Розглядається задача безпечного транспортування небезпечних вантажів з урахуванням розкиду механічних властивостей матеріалів під час руху автомобіля по нерівностям дороги. Показано можливість вирішення задачі для випадку, що розглядається, з використанням кінетичних рівнянь пошкоджень і математичного апарату теорії марковських процесів.

Ключові слова: надійність, накопичення пошкоджень, втомленість, розкид механічних властивостей

Mishchenko I.V., Chernobay G.A.

Reliability problem decision for dangerous cargos transportation taking into account the mechanical characteristics dispersion

The dangerous cargos safe transportation at driving on rough roads problem taking into account the mechanical characteristics dispersion is investigated. The possibility to solve the problem of reliability for this case using the kinetic equations for the fatigue damage measure of damage and Markov process theory mathematical means is shown.

Key words: reliability, failures accumulation, fatigue, mechanical characteristics spread

*Пісня Л.А., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ,
Касьян О.І., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ,
Михальська Л.Л., канд. техн. наук, директор,
Харківський науковий центр військової екології*

ВИБІР КРИТЕРІЮ ОЦІНКИ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

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

Викладено результати аналізу та вибору критеріїв оптимізації кількості вимірів та визначено шляхи підвищення достовірності комплексної оцінки техногенного впливу надзвичайних ситуацій на екологічний стан території дослідження

Ключові слова: критерій, багатокритеріальність, екологічна безпека, комплексна оцінка впливу

Постановка проблеми. Актуальність проблематики оцінювання впливу надзвичайних ситуацій (НС) на здоров'я людини та навколишнього середовища закріплена законами та нормативними документами України. При цьому надзвичайні ситуації техногенного впливу на природне середовище є комплексними та багатокритеріальними з наявністю невизначених факторів (чинників) і потребують враховувати думки всіх осіб, що приймають та ухвалюють рішення (ОПР) стосовно забезпечення безпеки життєдіяльності людини та екологічної безпеки навколишнього природного середовища.

Розглянемо декілька ключових понять теорії прийняття рішення в складних ситуаціях [1].

Відмінність між поняттями *показник ефективності* і *критерій ефективності*: показниками називаються самі функції, які в кількісній мірі виражають ступінь відповідності результатів, що досягаються, поставленим цілям, а критеріями – правила зіставлення значень цих функцій з вимогами, що характеризують необхідний чи ж бажаний ступінь досягнення мети [1, 2]. Саме ці міркування будемо далі використовувати в роботі.

Багатокритеріальність екологічних оцінок факторів, що впливають (забруднюють) природне середовище (ФЗ) полягає в тому, що під час оцінки їхнього впливу на довкілля, не вдається

обійтися одним критерієм, і доводиться привертати групу, а іноді декілька груп критеріїв.

Як правило, критерії впливу ФЗ на конкретні елементи навколишнього природного середовища (НПС) суперечливі в тому сенсі, що не існує рішення найкращого для кожного елемента довкілля одночасно.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для вибору критерію застосовуємо теорію прийняття рішення для складних ситуацій [1]. При цьому під поняттям “прийняття рішення” будемо розуміти надання експертом чи будь-якою особою, що приймає рішення переваг тому чи іншому виміру, фактору-забруднювачу, об'єкту території, виду заходів.

В формалізованому вигляді сутність процесу оцінювання ефективності заходів забезпечення екологічної безпеки можна визначити, як три вектори інформаційного потоку [2, 5]:

1) Вектор дійсного екологічного стану навколишнього природного середовища $I (x_{\min} < x(t) < x_{\max})$. Параметрами його є змінні величини, що характеризують життєздатність військової природно-техногенної геосистеми.

2) Вектор параметрів (спостереження) вимірюваності екологічного стану навколишнього природного середовища $I_{изм} (x_{изм_{\min}} < x_{изм}(\Delta t) < x_{изм_{\max}})$. Параметрами його є данні про змінні величин, що характеризують життєздатність природно-техногенної геосистеми, які отримані технічним шляхом.

3) Вектор оцінки ефективності управління параметрами екологічного стану навколишнього природного середовища (результативність заходів забезпечення екологічної безпеки) $\Delta R (\Delta r_{\min} < \Delta r_{изм}(\Delta t) < \Delta r_{\max})$. Параметрами його є кількісні зміни величин життєздатності, що характеризують відхилення визначеного значення показника від попереднього.

Теоретично, в умовах, коли кількість параметрів I відповідає кількості $I_{изм}$, оцінити ефективність заходів забезпечення екологічної безпеки можна, знаючи третій вектор, оскільки за однаковий проміжок часу $\Delta R = I - I_{изм}$. Коригуючи значення ΔR , можна змінювати стан НПС.

Проблема полягає в тому, що перший вектор є об'єктивним, але завжди є не повністю визначеним і характеризується великою кількістю параметрів, постійно перебуває в динаміці, елементи вектора взаємозалежні в силу екологічних законів. Визначення першого вектора можливе лише експертно-аналітичним шляхом.

Другий вектор залежить від наявних ресурсів та тактико-технічних характеристик засобів вимірювання, кваліфікації дослідників. Кількість параметрів, що характеризують екологічний стан НПС, визначають експертно-аналітичним шляхом, базуючись на значеннях першого вектора.

Найбажанішим способом отримання достовірної інформації про екологічний стан НПС завжди залишаються натурні польові та лабораторні виміри, але всі вони потребують значного часу для досліджень, досконалого матеріально-технічного забезпечення, кваліфікованих кадрів для проведення робіт.

В роботах [4, 5] був визначений критерій оптимальності щодо об'єму необхідної інформації - співвідношення її кількості та цінності, в тому числі й інформації про екологічний стан (рис. 1).

В таблиці 1 запропоновані шляхи підвищення ефективності прийняття рішень експертами з урахуванням цінності (λ) інформації та її кількості (I).

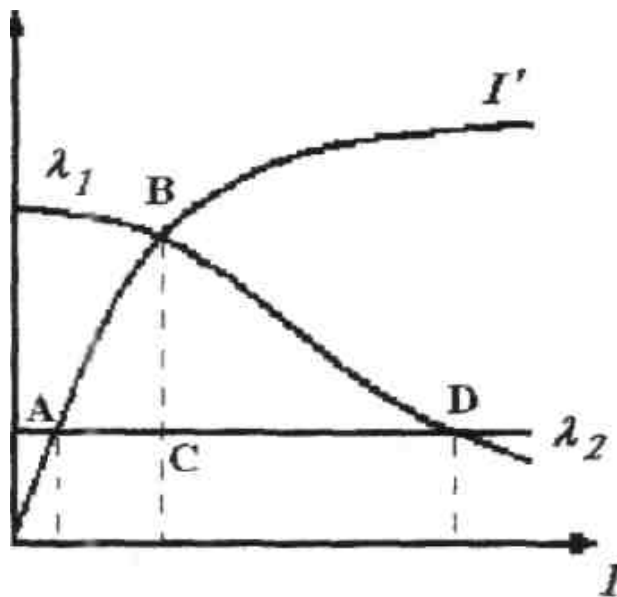


Рис. 1 – Характер залежності між цінністю (λ) інформації та її кількістю (I) [2, 5]

Таким чином, інформативним буде будь-який вектор вимірів, що належить області ABD, який дозволяє прийняти рішення щодо зміни екологічного стану НПС.

Таблиця 1 – Шляхи підвищення ефективності прийняття рішень

№ з/п	Характеристика співвідношення кількості та корисності інформації	Шлях використання для підвищення ефективності прийняття рішення
1.	Область ABC, характеризується наявністю необхідної та достатньої інформації для прийняття рішень ефективного рішення експертом чи ОПР.	Точка А, визначає спроможність прийняти перше ефективне рішення. Дана точка може слугувати критерієм для відбору найвищого рівня компетентності експерта.
2.	Лінія AD визначає кількість достатньої інформації для прийняття рішень.	Дана лінія може слугувати критерієм граничної компетентності експерта.
3.	Точка В відповідає оптимальному співвідношенню кількості отриманої інформації з її цінністю для прийняття рішення.	Кількість необхідної інформації та час на прийняття ефективного рішення залежить від вибору "Доцільних даних" та їхньої ієрархічності, і визначається компетентністю експерта.
4.	Область (BCD), в якій збільшення кількості інформації призводить до зменшення її якості, характеризується зменшенням якості інформативності: зростає час на прийняття рішення; інформація переважає у вигляді нечітких даних, переходить до розряду надлишкової; зростає термін часу прийняття управлінського рішення.	Необхідне обов'язкове упорядкування виду та часу надходження інформації, що дозволить зменшити час обробки експертом інформації.
5.	Точка D є критичною точкою, коли кількість отриманої інформації є гранично допустимою для прийняття управлінського рішення - область негативної інформації	Визначення даної точки може слугувати критерієм кваліфікаційного рівня компетентності експерта.

У деяких задачах оптимізації екологічного моніторингу можливо використати й так званий «метод узагальненого критерію з

обмеженнями [1]» – метод є комбінацією методів головного й узагальненого критеріїв і полягає в тому, що на значення деяких (або навіть усіх) критеріїв K_1, \dots, K_n накладаються обмеження $K_j(u) \leq b_j$, а із деяких (або навіть усіх) критеріїв конструюється узагальнений критерій F , що і максимізується з урахуванням накладених обмежень. Таким чином, вихідна багатокритеріальна задача зводиться до задачі: знайти $\max_{u \in U} F(u)$, і всяка стратегія,
$$K_j(u) \leq b_j \quad j=1, \dots, n$$

що є рішенням отриманої задачі, вважається оптимальною K_{ij} – ступінь досягнень i – тої підмети j - го рівня. Зрозуміло, що кожен приватний критерій повинен увійти в обмеження або в узагальнений критерій (а може виявитися і в обмеженнях, і в складі F).

Постановка завдання та його вирішення. Основною метою цієї роботи є аналіз та вибір критеріїв оптимізації кількості вимірів та визначити шляхи підвищення достовірності комплексної оцінки техногенного впливу НС на екологічний стан території дослідження: тобто максимізувати інформативність про наявність впливу ФЗ на визначених територіях в умовах заданих обмежень, з урахуванням властивостей ФЗ та територій їх розповсюдження.

Для розкриття сутності процесу експертно-аналітичного оцінювання екологічного стану НПС території необхідно визначити поняття "вектора інформативності вимірів показників НС екологічного стану території" та його вплив на прийняття ефективного рішення під час експертного оцінювання.

Розглянемо модельний приклад рішення задачі для обґрунтування вибору критеріїв оптимізації кількості вимірів.

Задача. Розглянемо оцінювану територію з двох елементів екологічний стан кожного з яких можна оцінити за двома комплексними критеріями K_1 та K_2 (практичний зміст яких, наприклад, інформативність вимірів забруднювачів довкілля (радіоактивність та токсичність)), кількісний показник кожного цих критеріїв позначимо відповідно x_1 - кількість інформативних вимірів радіоактивності та x_2 - кількість інформативних вимірів токсичності.

Вихідні дані: M – виділена сума коштів на всі виміри ($M = 28$); c_1 – вартість одного комплексного виміру на 1-му навчальному

об'єкті ($c_1 = 7$); c_2 – вартість одного комплексного виміру на 2-му навчальному об'єкті ($c_2 = 4$).

Зрозумілі і обмеження на невід'ємність затрачених коштів на виміри та число кількості вимірів. Тобто $c_1x_1 + c_2x_2 \leq M$, $x_1 = [x_1] \geq 0$, $x_2 = [x_2] \geq 0$. Для розв'язання задачі необхідно вирішити дилему у

вигляді максимізації двох критеріїв: знайти
$$\begin{cases} x_1 \rightarrow \max \\ x_2 \rightarrow \max \end{cases}$$

Якщо виміри рівнозначні, то оптимальне рішення для даної дилеми буде знаходитись на прямій $x_1 = x_2$.

Очевидно, що максимальному значенню x_1 відповідає мінімальне значення x_2 , і навпаки максимальному x_2 відповідає мінімальне x_1 . Але що робити, якщо один з вимірів важливіший від іншого?

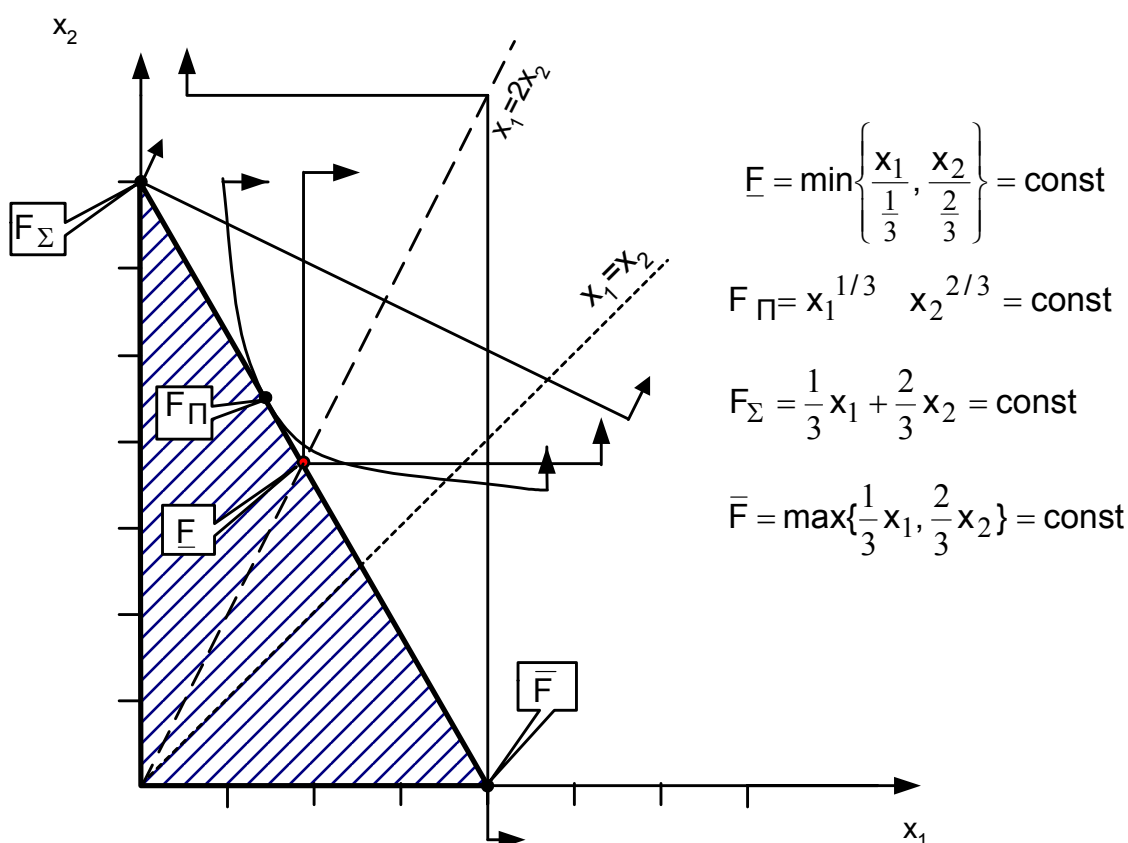


Рис. 2 – Вплив вибору узагальненого критерію на результати оптимізації планування вимірів модельної задачі

Нехай експертна оцінка показала, що виміри x_2 важливіші (інформативніші) від x_1 в 2 рази. Під коефіцієнтами важливості α_i будемо розуміти числові значення переваг отримані експертно-аналітичним шляхом з урахуванням властивостей ФЗ та територій їх розповсюдження.

Тобто, якщо ми проведемо всього три виміри то для максимальної інформативності дослідження двом вимірам x_1 має відповідати один вимір x_2 , тобто інформативність вимірів можна подати у вигляді коефіцієнтів $\alpha_1 = \frac{1}{3}$, $\alpha_2 = \frac{2}{3}$ (відповідно до [1]).

Використаємо декілька варіантів згорток [1]:

$$1) F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \alpha_i K_i; \quad 2) F_{\Pi} = \prod_{i=1}^m K_i^{\alpha_i}; \quad 3) \underline{F} = \min_{i \in M} \frac{K_i}{\alpha_i}; \quad 4) \overline{F} = \max_{i \in M} \alpha_i K_i$$

з метою переходу від двокритеріальної до однокритеріальної задачі та з урахуванням обмежень і вихідних даних представимо задачу графічно (рис. 2).

Із аналізу рис. 2 зрозуміло, що лише два види згорток \underline{F} та F_{Π} дозволяють коректно, з точки зору екологічної безпеки, підійти до розв'язання поставленої задачі оптимізації. Тобто обов'язково враховувати два комплексні вимірювання, навіть коли оптимальне математичне рішення вимагає знехтувати одним з них, наприклад, для згортки виду F_{Σ} або для згортки виду \overline{F} .

Висновки:

- Необхідність експертно-аналітичних методів оцінювання екологічного стану НПС території у НС буде існувати завжди.
- Інформативність вимірів екологічного стану НПС для ОПР визначається множиною значень інформації, що відповідає області криволінійного трикутника ABD. За цих умов експерт здатний прийняти ефективне рішення.
- Підвищити ефективність роботи експерта можна за рахунок надання корисної інформації в кількості та значеннях, відповідних часу, для прийняття рішення.
- В результат досліджень встановлено, що критерій \underline{F} – найкраще відповідає фізичному змісту постановки наукової задачі – підвищити достовірність комплексної оцінки техногенного впливу НС на екологічний стан території дослідження за рахунок раціонального розподілу вимірів (тобто максимізувати інформативність про наявність впливу ФЗ на визначених територіях) в умо-

вах заданих обмежень, з урахуванням властивостей ФЗ та територій їх розповсюдження.

• Критерій F_{II} доцільно використовувати лише в умовах невизначеності значень вагових коефіцієнтів ФЗ та вагових коефіцієнтів (пріоритетів) територій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Подиновский В.В. Математическая теория выработки решений в сложных ситуациях. Учебник.-М.: МО СССР, 1981.-212 с.
2. Лисенко О.І., Яковлев Є.О., Чумаченко С.М., Пісня Л.А. Експертно-аналітичне оцінювання в задачах екологічної безпеки. Міфи та реальність // Зб. праць Національного НДЦ ОТ і ВБ України, "Военно-екологічна думка". Тематичний випуск №2 / За ред. Шевченка В.Л., Лисенка О.І., Лисиченка Г.В., Чумаченка С.М. – К.: ННДЦ ОТ і ВБ України. – 2007.– С. 18 – 26.
3. Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдуревский (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1988. - (В пер.) Т.3. Эффективность технических систем / Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – 328 с.
4. Горский Ю.М. Системно-информационный анализ процессов управления. - М.: Наука, 1988.-322 с.
5. Козуля Т.В., Петрухин С.Ю. Місце екологічного портрету території в інформаційному забезпеченні систем моніторингу // Вестник Херсонского НТУ. Сборник научных трудов. Тематический выпуск "Информационные технологии". - Херсон: НТУ. - 2007.- № 3 (27) - С.230 – 233.

Пісня Л.А., Касьян А.И., Михальская Л.Л.

Выбор критерия оценки техногенного воздействия чрезвычайных ситуаций на природную среду

Изложены результаты анализа и выбора критериев оптимизации количества измерений и определено пути повышения достоверности комплексной оценки техногенного воздействия чрезвычайных ситуаций на экологическое состояние территории исследования

Ключевые слова: критерий, многокритериальность, экологическая безопасность, комплексная оценка воздействия

Pisnya L.A., Kasyan A.I., Mikhalskaya L.L.

The choice of criteria for technogenic impact assessment of the extraordinary situations on environment

The results of analysis and choice of criteria for optimization of the measurements' quantity are studied in the article. The ways for quality improvement of the integrated technogenic impact assessment of the extraordinary situations of the research area are investigated.

Key words: criteria, set of criteria, environmental safety, techogenic impact assessment

УДК 614.876:355.58

*Попов В.М., канд. техн. наук, проректор, НУГЗУ,
Ромин А.В., канд. техн. наук, зам. нач. фак., НУГЗУ,
Фесенко Г.В., канд. техн. наук, доц., НУГЗУ*

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДОЗОВОЙ НАГРУЗКИ
НАСЕЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ
ЗА СЧЕТ УПОТРЕБЛЕНИЯ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ**

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

Приведены результаты прогнозирования содержания цезия-137 в молоке коров, для кормления которых используются сельскохозяйственные культуры, выращенные на радиоактивно загрязненных почвах с различным содержанием обменного калия

Ключевые слова: коэффициент перехода радионуклидов, допустимый уровень содержания радионуклидов, суточный рацион

Постановка проблемы. В связи с тем, что население радиоактивно загрязненных территорий Украины до 80-90% дозовой нагрузки получает при употреблении загрязненных радионуклидами продуктов питания, в особенности молока, важнейшей задачей по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС является получение молочной продукции в личных подсобных хозяйствах в соответствии с установленными в [1] допустимыми уровнями. Качественное решение данной задачи невозможно без заблаговременного прогноза содержания радионуклидов в молоке коров, употребляющих различные виды сельхозпродукции. Данный прогноз позволит определить возможность упот-

Особенности формирования дозовой нагрузки населения радиоактивно загрязненных территорий за счет употребления молочной продукции

ребления цельного молока или даст информацию о необходимости его переработки с целью получения молочной продукции с меньшим содержанием радионуклидов.

Анализ последних исследований и публикаций. В большинстве работ [2-4] длительное время использовались коэффициенты пропорциональности содержания цезия-137 в сельскохозяйственной продукции, не учитывающие либо тип и разновидность минеральной почвы, либо гранулометрический состав и обеспеченность ее обменным калием. Авторами для проведения своих исследований были использованы коэффициенты, полученные на основе полевых опытов, а также данных анализов растительных и почвенных образцов, взятых на производственных посевах Полесья Украины и Беларуси специалистами агрохимического и радиологического исследования почв [5-7].

Постановка задачи и ее решение. В исследованиях прием следующие условия: периоды содержания коров – стойловый (составляет 185-215 дней в году) и пастбищный (150-180 дней); почва для выращивания сельхозпродукция – дерново-подзолистая супесчаная; суточный рацион кормления в стойловый период: сено – 5 кг; солома – 5 кг; силос сеяных трав – 8 кг; свекла кормовая – 10 кг; суточный рацион кормления в пастбищный период: травяная растительность естественных пастбищ – 50 кг, основной дообразующий радионуклид – Cs-137. С учетом рекомендаций [5-7] для определения активности радионуклида Cs-137 в 1 кг молока используем следующие формулы для стойлового и пастбищного периода соответственно:

$$A_{\text{мол}(1\text{кг})}^{\text{Cs-137 стойл}} = \left(\sum_{j=1}^m A_{\text{почвы}}^{\text{Cs-137}} \cdot k_{\text{почва-c/x прод } ij}^{\text{Cs-137}} \cdot N_j \right) \cdot k_{\text{рац-молоко}}^{\text{Cs-137 стойл}}, \quad (1)$$

где $A_{\text{почвы}}^{\text{Cs-137}}$ - активность радионуклидов Cs-137 в почве в рассматриваемый период, Бк/м²; $k_{\text{почва-c/x прод } ij}^{\text{Cs-137}}$ - коэффициент перехода радионуклидов Cs-137 из почвы с i -ым диапазоном содержания обменного калия в j -ый вид сельхозпродукции, м²/кг; N_j - масса сельхозпродукции j -ого вида, участвующей в рационе кормления коровы, кг/рац; $k_{\text{рац-молоко}}^{\text{Cs-137 стойл}}$ - коэффициент перехода радионуклидов Cs-137 из суточного рациона в 1 кг молока, 1/кг.

Для определения активности радионуклида Cs-137 в 1 кг молока в пастбищный период формула будет следующая

$$A_{\text{мол(1кг)}}^{Cs-137 \text{ настб}} = A_{\text{почвы}}^{Cs-137} \cdot k_{\text{почва-трав растij}}^{Cs-137} \cdot N_{\text{трав раст j}} \cdot k_{\text{рац-молоко}}^{Cs-137 \text{ настб}}, \quad (2)$$

где $A_{\text{почвы}}^{Cs-137}$ - активность радионуклидов Cs-137 в почве в рассматриваемый период, Бк/м²; $k_{\text{почва-трав растij}}^{Cs-137}$ - коэффициент перехода радионуклидов Cs-137 из почвы с i -ым диапазоном содержания обменного калия в j -ый вид травяной растительности, м²/кг; $N_{\text{трав раст j}}$ - масса травяной растительности j -ого вида, съедаемая коровой в сутки; $k_{\text{рац-молоко}}^{Cs-137 \text{ настб}}$ - коэффициент перехода радионуклидов Cs-137 из суточного рациона в 1 кг молока, 1/кг.

Результаты проведенных исследований представлены в виде графиков на рис.1,2.

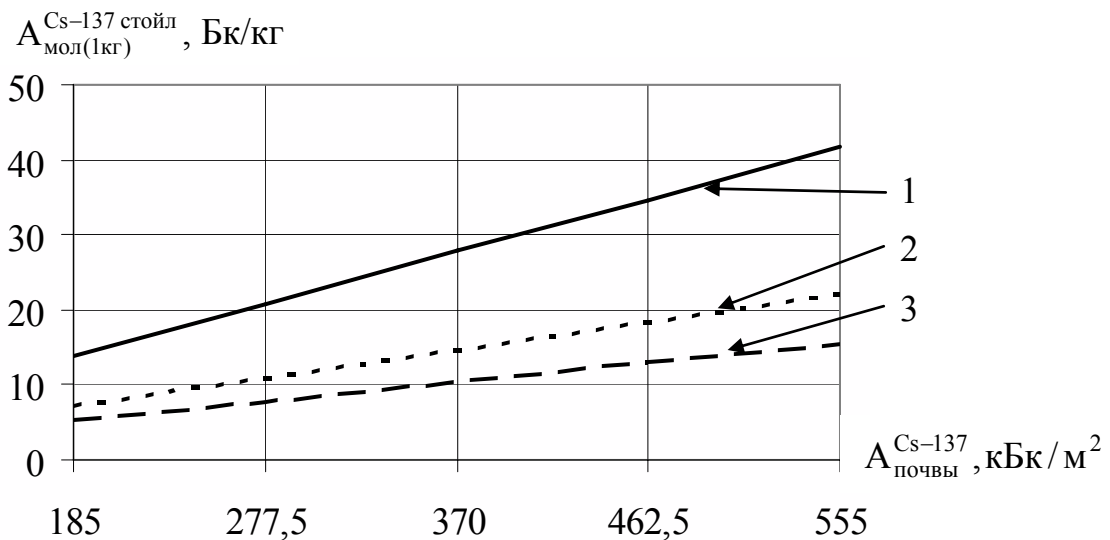


Рис. 1 – График зависимости активности цезия-137 в 1 кг молока в стойловый период содержания коровы при использовании в качестве корма сельскохозяйственных культур, собранных на дерново-подзолистых супесчаных почвах зоны гарантированного добровольного отселения с различным содержанием обменного калия (S_{OK}): 1 – для $S_{OK} < 80$ мг/кг почвы; 2 – для $S_{OK} = 141-200$ мг/кг почвы; 3 – для $S_{OK} = 141-200$ мг/кг почвы

Анализ данных графиков позволяет сделать следующие выводы.

С увеличением содержания обменного калия в почве активность радионуклида цезия-137 в 1 кг молока как в пастбищный, так и в стойловый период уменьшается. Так например данная ак-

тивність в 2,7 раза меньше при $C_{OK} = 141-200$ мг/кг почвы, чем при $C_{OK} < 80$ мг/кг почвы.

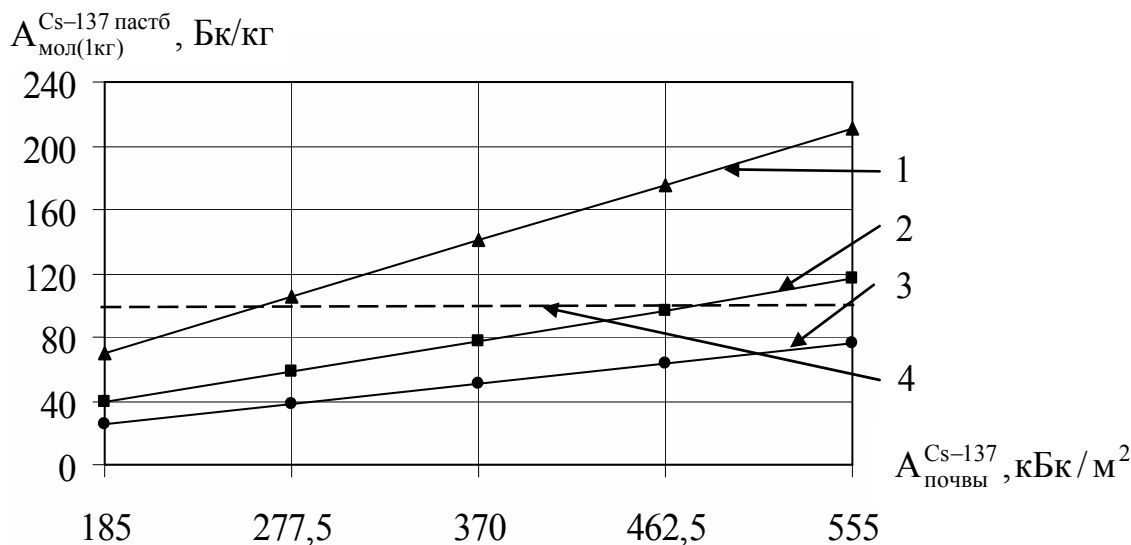


Рис. 2 – График зависимости активности цезия-137 в 1 кг молока в пастбищный период содержания коровы при использовании в качестве корма травяной растительности естественных пастбищ, собранной на дерново-подзолистых супесчаных почвах зоны гарантированного добровольного отселения с различным содержанием обменного калия (C_{OK}): 1 – для $C_{OK} < 80$ мг/кг почвы; 2 – для $C_{OK} = 141-200$ мг/кг почвы; 3 – для $C_{OK} = 141-200$ мг/кг почвы; 4 – допустимая активность цезия-137 в 1 кг молока в соответствии с ГН 6.6.1.1-130-2006.

Активность радионуклида цезия-137 в 1 кг молока выше в пастбищный период в среднем в 5 раз.

При рассмотренных рационах питания в стойловый период допустимые уровни содержания цезия-137 в 1 кг не превышаются, а в пастбищный период кормление коров нецелесообразно производить травяной растительностью с пастбищ, загрязнение почв которых превышает 477,1 кБк/м².

Выводы. Рассмотрена возможность снижения до 2,7 раза уровня загрязненности радионуклидом цезия-137 молока коров за счет перехода к сбору кормов на почвах с большим содержанием обменного калия. Показано, что наибольшая опасность превышения допустимых уровней содержания радионуклида цезия-137 существует в пастбищный период, при котором в зоне гарантированного добровольного отселения существуют ограничения на уровень загрязнения почвы радионуклидами, травяная растительность с которой используется для кормления коров.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГН 6.6.1.1-130-2006. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді (Затв. Наказом МОЗ України від 03.05.2006, №256, зареєстр. в Мін'юсті України 17.07.2006 р., №845/12719) [Електронний ресурс]. - (Нормативний документ МОЗ України. Гігієнічні нормативи). - Режим доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?uid=1097.907.2&nobreak=1>.
2. 20 лет Чернобыльской катастрофы. Взгляд в будущее. Национальный доклад Украины [научн. редкол.: В.И. Балоба и др.]. - Киев: Аттика, 2006. - 232 с.
3. Агеец В. Ю. Система радиоэкологических контрмер в агрофере Беларуси/В.Ю. Агеец. - Гомель: РНИУП "Институт радиологии", 2001. - 250 с.
4. Андриевич И.В. О радиоактивном загрязнении молока и способах его снижения в личных подсобных хозяйствах /И.В. Андриевич, Г.К. Григорьев, А.В.Александрова //Оценка эколого-мелиоративных мероприятий в зоне Белорусского Полесья в условиях рыночных отношений. Сб. науч. тр. - Минск: БГЭУ, 2001.- С.69-72.
5. Герасименко В.Ю. Вміст ^{137}Cs і ^{90}Sr у кормах, молоці та м'язовій тканині корів на радіоактивно забруднених територіях лісостепової зони [Електронний ресурс] / В.Ю. Герасименко, О.І. Розпутній //Український журнал експериментальних досліджень Білоцерківського національного аграрного університету. - 2008. - Режим доступу до журн.: http://www.btsau.kiev.ua/files/list/edition/ed_iezrdzeaid.pdf.
6. Богдевич И. М. Зависимость накопления ^{137}Cs і ^{90}Sr в травяных кормах от степени окультуренности дерново-подзолистых почв /И. М. Богдевич, А. Г. Подоляк, Т. В. Арастович [и др.] //Радиационная биология, радиоэкология, -2005. - Том 45. - №2. - С. 241-247.
7. Виноградская В. Д. Модель для прогнозирования дозы внутреннего облучения населения при почвенном пути включения долгоживущих радионуклидов в пищевые цепи /В. Д. Виноградская, Б. С. Пристер // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля, - Вип. 11. - 2009. - С.128-135.

Попов В.М., Ромін А.В., Фесенко Г.В.

Особливості формування дозового навантаження населення радіоактивно забруднених територій за рахунок споживання молочної продукції

Наведені результати прогнозування вмісту цезію-137 в молоці корів, для годування яких використовуються сільськогосподарські культури, що вирощувались на радіоактивно забруднених ґрунтах з різним вмістом обмінного калію

Ключові слова: коефіцієнт переходу радіонуклідів, допустимий рівень вмісту радіонуклідів, добовий раціон

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

Peculiarities of radiation exposure of the population of radioactively contaminated areas due to consumption of dairy products

Results of forecasting of the content of caesium-137 in cows milk for which feeding the agricultural crops which have been grown up on are used are resulted is radioactive the polluted soils with the various content exchange kaliy are given

Key words: coefficient of radionuclides, the permissible level of radionuclides, daily ration

УДК 006.011:658.5

*Прокопов А.В., д-р физ.-мат. наук, проф., НУГЗУ,
Щербак С.С., нач. отд., НУГЗУ*

О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ МЧС УКРАИНЫ

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

В рамках мероприятий по повышению эффективности национальной системы гражданской защиты рассмотрена модель оценки результатов деятельности предприятий и организаций МЧС Украины, основанная на методе анализа иерархий Т. Саати

Ключевые слова: модель, эффективность деятельности, метод анализа иерархий

Постановка проблемы. Результативность мероприятий по повышению эффективности национальной системы гражданской защиты зависит от эффективности деятельности отдельных предприятий и организаций, занятых в отрасли. Пути повышения эф-

фективности являються предметом целенаправлених научних досліджень, тематика которых отобразена в документах [1,2], утвержденных Министерством по вопросам чрезвычайных ситуаций и в делах защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы (МЧС), и содержит такие направления как:

- «удосконалення сил цивільного захисту»;
- «удосконалення системи управління щодо реалізації завдань, покладених на міністерство»;
- «організаційно-управлінські аспекти ефективності діяльності регіональних та місцевих сил цивільного захисту, регіональних та територіальних органів управління цивільного захисту»;
- «розробка методики оцінки діяльності керівного складу оперативно-рятувальних підрозділів служби цивільного захисту».

Для принятия адекватных управленческих решений по результатам работы того или иного подразделения МЧС необходимо адекватно оценивать эти результаты. Такую оценку целесообразно выполнять с помощью специальной научно-обоснованной методики, которая бы давала возможность получать достоверную количественную характеристику указанных результатов деятельности.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ показывает [3-5], что задача оценки эффективности какой либо деятельности в общем случае является многокритериальной, причем используемые критерии эффективности могут иметь разную природу. С учетом сказанного в основу методики оценки эффективности целесообразно положить подход, основанный на анализе иерархий, предложенный американским математиком Т. Саати [3]. Метод анализа иерархий (МАИ) хорошо зарекомендовал себя в применении к разнообразным задачам сравнительного анализа, оптимального выбора и принятия решений при наличии многих критериев различной природы (количественных, качественных, числовых с разной размерностью и т.д.). Этот метод не только позволяет сделать количественные выводы относительно эффективности, но и оценить достоверность данных выводов. Примерами успешного использования указанного метода являются, в частности, методики оценки эффективности деятельности предприятий Госпотребстандарта Украины, методики анализа эффективности применения государственных эталонов единиц физических величин [4].

О применении метода анализа иерархий для оценки эффективности деятельности предприятий и организаций МЧС Украины

Постановка задачи и ее решение. Настоящая статья посвящена обоснованию возможности применения метода анализа иерархий для оценки эффективности деятельности предприятий и организаций МЧС Украины.

Структуру рассматриваемой задачи в рамках МАИ можно представить [3,4] в виде трех иерархических уровней. Первый (верхний) уровень иерархии соответствует цели поставленной задачи – оценке эффективности деятельности. На втором уровне размещаются критерии, с помощью которых осуществляется эта оценка. На третьем (нижнем) уровне – альтернативы, которые необходимо сравнить, чтобы осуществить оценку.

Анализ показывает, что МАИ позволяет сравнить эффективность деятельности предприятий и организаций МЧС Украины в различной исходной постановке (при использовании различных наборов критериев оценки деятельности). Прежде всего, может быть выполнен сравнительный анализ деятельности всех предприятий и организаций МЧС (один вариант критериев для всех предприятий и организаций). С другим набором критериев может быть выполнен сравнительный анализ деятельности в родственных по выполняемым функциям группах предприятий и организаций, например, в таких группах как: учебные заведения; научные организации (институты, лаборатории, центры); подразделения, обеспечивающие несение службы (пожарные, спасательные части); территориальные органы МЧС; и т.д.

Кроме этого может быть выполнен сравнительный анализ эффективности результатов работы отдельно по каждому предприятию или организации в динамике – для реализации этого варианта итоги работы предприятия в текущем году (периоде) сравниваются с итогами его работы за предыдущий год (период). Расчетный алгоритм для всех вышеуказанных вариантов может быть одинаковым, различными должны быть критерии оценки, используемые в расчетах по каждому из вариантов.

Согласно МАИ для каждого уровня иерархии, кроме высшего, строятся матрицы попарных сравнений элементов, которые являются исходными данными для последующей математической обработки с целью определения эффективности деятельности сравниваемых предприятий и организаций (далее будем использовать термин предприятие, подразумевая, что имеется в виду и организация).

Для матриц каждого уровня устанавливаются векторы локальных приоритетов, которые отображают вклад в оценку отдельных элементов этого уровня. С помощью локальных приоритетов определяются глобальные приоритеты для каждого предприятия (выбранного для сравнения), которые предоставляют возможность осуществить ранжирование этих предприятий с учетом влияния всех избранных критериев эффективности деятельности.

Приведем основные соотношения расчетного алгоритма МАИ, адаптированные к рассматриваемой задаче. При попарном сравнении между собой всех критериев выбранного варианта, в том числе, количественных и качественных, результатам сравнения этих критериев придаются численные значения согласно шкале, которая приведена в таблице 1.

Согласно этой шкале относительная важность a_{ij} критерия i в сравнении с критерием j может быть выражена натуральным числом от 1 до 9 или обратным числом (то есть в порядке уменьшения, от 1 до 1/9). Числа a_{ij} при этом являются элементами матрицы попарных сравнений критериев

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} \dots a_{1N} \\ \dots \dots \dots \\ a_{N1} \dots a_{NN} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где N - количество критериев, a_{ij} - относительная важность критерия i по отношению к критерию j . Когда $i = j$, то $a_{ij} = 1$ [6].

С помощью табл.1 строятся также матрицы B_k попарного сравнения предприятий относительно каждого критерия с номером $k = 1, 2, \dots, N$, N - количество критериев

$$B_k = \begin{pmatrix} b_{11}^k \dots b_{1M}^k \\ \dots \dots \dots \\ b_{M1}^k \dots b_{MM}^k \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где b_{ln}^k - результат попарного сравнения 1- го и n - го предприятия в соответствии с k - м критерием ($k=1,2,\dots,N$), M - количество предприятий, которые сравниваются.

Таблица 1 – Шкала относительной важности

Относительная важность	Определение
1	Равная важность
3	Умеренное преимущество одного над другим
5	Существенное преимущество
7	Значительное преимущество
9	Очень сильное преимущество
2, 4, 6, 8	Промежуточное решение между двумя соседними суждениями
Обратные величины приведенных чисел	Если при сравнении одного критерия со вторым получено одно из вышеуказанных чисел (например, 3), то для сравнения второго критерия с первым имеем обратную величину (то есть 1/3)

С использованием матриц результатов попарного сравнения анализ эффективности по любому из упомянутых ранее вариантов проводится таким образом:

а) определяются нормируемые собственные векторы для каждой построенной матрицы попарных сравнений (векторы, которые определяют локальные приоритеты). Компоненты нормируемых собственных векторов локальных приоритетов определяются по формуле

$$A_i^k = \left(\prod_{j=1}^L X_{ij}^k \right)^{1/L} \left(\sum_{i=1}^L \left(\prod_{j=1}^L X_{ij}^k \right)^{1/L} \right)^{-1}, \quad (3)$$

где $X_{ij}^k = a_{ij}$ для $k=0$; $L=N$; $i, j=1,2,\dots,N$ (то есть для матрицы (1) попарных сравнений критериев); $X_{ij}^k = b_{ij}^k$ для $k=1,2,\dots,N$; $L=M$; $i, j=1,2,\dots,M$ (то есть для матриц (2) попарных сравнений предприятий (организаций)).

Индекс k (натуральное число) используется для обозначения номера критерия, к которому относится величина с этим индексом. Если же речь идет о сравнении самих критериев, используется $k = 0$;

б) проверяется согласованность локальных приоритетов, то есть проверяется качество исходных данных, которые вошли в матрицы A, B_k . С этой целью определяется отношение согласованности по формуле

$$OS_k = IS_k \cdot (SS)^{-1}, \quad (4)$$

где $k = 0$ - для матрицы сравнения критериев, $k = 1, 2, \dots, N$ - для матриц сравнения предприятий относительно каждого критерия; IS_k - индекс согласованности исходных данных, которые вошли в матрицы A, B_k ; SS - случайная согласованность, которая определяется согласно табл.2. (где L - размерность матрицы: $L = N$ - для матрицы A и $L = M$ для матриц B_k , при этом для $L \leq 2$ $OS_k = 0$) [6].

Таблица 2 – Численные значения случайной согласованности

L	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SS	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Индекс согласованности определяется по формуле

$$IS_k = (\lambda_{\max}^k - L) \cdot (L - 1)^{-1}, \quad (5)$$

где размерность L матрицы определяется количеством строк или столбцов матриц A, B_k (N - для A , M - для B_k); λ_{\max}^k - наибольшее собственное число для соответствующей матрицы (A или B_k), которое вычисляется по формуле

$$\lambda_{\max}^k = \lambda_{\max}^k = \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^L X_{ij}^k \cdot A_i^k, \quad (6)$$

где использованы величины, обозначения которых представлены в ранее приведенных формулах.

Если все определенные по формуле (4) $OS_k \leq 0,1$, то исходная информация считается согласованной, и можно переходить к следующему подпункту в). Если некоторые $OS_k > 0,1$, то соответствующие исходные данные считаются недопустимо искаженными - в этом случае следует вернуться к пересмотру необходимых исходных данных с внесением дополнительной информации;

в) определяются глобальные (обобщенные) приоритеты для каждого из M сравниваемых предприятий, которые сравниваются, по формуле

$$G_n = \sum_{i=1}^N A_i^0 A_n^i, \quad n = 1, 2, \dots, M. \quad (7)$$

где A_i^0, A_n^i – компоненты нормируемых собственных векторов локальных приоритетов, которые определяются по формуле (3);

г) найденные по формуле (7) глобальные приоритеты для каждого из предприятий (то есть, для $n = 1, 2, \dots, M$) ранжируются (размещаются в порядке роста величины G_n). Полученный порядок является ранжированием сравниваемых предприятий с учетом всех избранных для сравнения критериев. Предприятие, для которого получено максимальное значение G_n , признается наиболее эффективным.

Приведем пример использования вышеописанной методики для сравнительной оценки эффективности деятельности структурных подразделений Национального университета гражданской защиты Украины (г. Харьков).

Перечень критериев оценки эффективности деятельности подразделений вуза МЧС Украины в общем случае формируется лицом, которое принимает решение, или группой экспертов. Согласно рекомендациям Т.Саати [3], для проведения обоснованного численного сравнения (как для рассматриваемого примера, так и в общем случае) следует сравнивать не более чем 7 ± 2 элемента. Поэтому отдельные, близкие по содержанию, критерии группируются в обобщенные критерии, которых должно быть не более чем 9. Обычно каждый обобщенный критерий может быть определен с использованием отчетной или другой известной информации относительно отдельных частных критериев. Парные сравнения и все другие этапы МАИ осуществляются уже с обобщенными критериями. Для рассматриваемого примера могут быть использова-

ны, например, обобщенные критерии, которые отвечают определенным группам частных критериев, базирующихся на отчетной информации подразделений вузов МЧС Украины, представляемой в соответствии с требованиями [5]:

- K_1 – общие показатели научной активности;
- K_2 – экономические показатели научной деятельности;
- K_3 – показатели учебно-методической деятельности;
- K_4 – показатели международной деятельности;
- K_5 – уровень социально-гуманитарной работы;
- K_6 – кадровый потенциал;
- K_7 – развитие материальной базы.

В соответствии с вышеописанной методикой результаты работы факультета пожарной безопасности НУГЗ Украины за 2008 год сравнивались с результатами его работы в 2009 году. При этом использовались матрица попарных сравнений (1) критериев $K_1 - K_7$, и матрицы попарных сравнений (2) результатов деятельности факультета относительно каждого критерия, которые с использованием ежегодных отчетных данных были представлены в виде

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 5 & 2 & 6 & 7 & 2 & 3 \\ 0,2 & 1 & 0,25 & 0,5 & 2 & 0,33 & 2 \\ 0,5 & 4 & 1 & 4 & 6 & 1 & 2 \\ 0,17 & 2 & 0,25 & 1 & 2 & 0,25 & 0,5 \\ 0,14 & 0,5 & 0,17 & 0,5 & 1 & 0,25 & 0,33 \\ 0,5 & 3 & 1 & 4 & 4 & 1 & 1 \\ 0,33 & 0,5 & 0,5 & 2 & 3 & 0,33 & 1 \end{pmatrix},$$

$$B_1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 0,5 & 1 \end{pmatrix}, B_2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}, B_3 = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 0,5 & 1 \end{pmatrix}, B_4 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix},$$

$$B_5 = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 0,5 & 1 \end{pmatrix}, B_6 = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 0,33 & 1 \end{pmatrix}, B_7 = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 0,5 & 1 \end{pmatrix}.$$

В результате расчетов, выполненных с использованием данных матриц по формулам (3)-(7), получены следующие значения глобальных приоритетов: 0,338 - в 2008 году и 0,662 - в 2009 году. Отсюда следует, что деятельность факультета пожарной безопасности НУГЗ Украины в 2009 году была более эффективной, чем в

2008 году. Данный результат соответствует качественной оценке, данной руководством НУГЗ Украины по результатам работы университета в 2008-2009 годах.

Выводы. Обоснован математический алгоритм для количественного анализа результатов деятельности предприятий и организаций МЧС Украины. Тестирование алгоритма выполнено на примере оценки эффективности деятельности отдельных структурных подразделений Национального университета гражданской защиты Украины по обеспечению требуемого уровня подготовки специалистов, необходимых для обеспечения эффективного функционирования национальной системы гражданской защиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепція наукового забезпечення діяльності Міністерства з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи//Електронний ресурс: http://www.mns.gov.ua/content/consept_nzdm.html.
2. Перелік рекомендованої тематики дипломних проектів (робіт), дисертаційних досліджень за актуальними напрямками для курсантів, студентів, слухачів, ад`юнктів та здобувачів наукових ступенів сфери МНС України // Електронний ресурс: <http://www.mns.gov.ua/content/education.html>.
3. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем/ Саати Т., Кернс К. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
4. Красоха Л.Н. О применении метода анализа иерархий при решении задач сравнительного анализа, оптимального выбора и принятия решений в области метрологии/ Красоха Л.Н., Марков Б.Ф., Оголюк В.П. и др. // Український метрологічний журнал.- 2007.- №3. – С.3-7.
5. Прокопов А.В. О перспективах использования стандартов качества в деятельности ВУЗов МЧС Украины/ Прокопов А.В., Щербак С.С. // Матеріали УШ міжвузівської науково-практичної конференції «Можливості використання методів механіки для розв'язання питань безпеки в умовах надзвичайних ситуацій», 11 грудня 2009 р. Харків: НУГЗУ, 2009.- с. 24-25
6. Наказ МОН УКРАЇНИ від 24.12.2009 р. №1185 Про апробацію системи рейтингового оцінювання діяльності вищих навчаль-

них закладів у 2008/09 навчальному та 2009 календарному роках.

Прокопов А.В., Щербак С.С.

Щодо застосування метода аналізу ієрархій для оцінки ефективності діяльності структурних підрозділів ВНЗ МНС України

В рамках системи управління якістю підготовки фахівців, які необхідні для реалізації заходів з підвищення ефективності національної системи цивільного захисту, розглянуто модель оцінки результатів діяльності структурних підрозділів вишів МНС України, засновану на ідеології метода аналізу ієрархій Т. Сааті

Ключові слова: модель, ефективність діяльності, метод аналізу ієрархій

Prokopov A.V., Sherbak S.S.

Application the hierarchies analysis method for estimation the efficiency of activity of structural subdivisions of higher educational institutes of Ministry of Emergencies of Ukraine

Within the framework of the control quality of expert training necessary for increasing the efficiency of national system of civil defense, the model of estimation the results of activity of structural subdivisions of higher educational institutes of Ministry of emergencies of Ukraine based on ideology of hierarchies analysis method T. Saati is considered

Key words: model, efficiency of activity, method of analysis of hierarchies

УДК 502.5+614.7:049.3

*Рибалова О.В., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ,
Белан С.В., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ,
Варивода Є.О., канд. геогр. наук, ст. викл., НУЦЗУ*

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ

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

З метою визначення рівня небезпечності природокористування та можливості виникнення надзвичайних ситуацій екологічного характеру в статі представлено новий підхід до оцінки екологічного ризику погіршення стану компонентів навколишнього природного середовища при збереженні існуючих тенденцій антропогенного навантаження. За представленою методикою розраховано макроекологічні показники сучасного стану атмосферного повітря, ґрунтів, поверхневих вод та рівня радіаційного забруднення в Україні. Визначено регіони України з високим рівнем екологічної небезпеки.

Ключові слова: екологічний ризик, атмосферне повітря, ґрунти, поверхневі води, рівень радіаційного забруднення, регіони України

Постановка проблеми. Екологічні проблеми представляють собою важливий чинник виникнення надзвичайних ситуацій. На сучасному етапі соціально-економічний розвиток суспільства знаходиться в безпосередньому взаємозв'язку з якістю навколишнього природного середовища, тому екологічна політика України повинна бути спрямована на формування збалансованої системи раціонального природокористування з адекватною структурною перебудовою промислового потенціалу з метою мінімізації антропогенного навантаження і забезпечення соціальної захищеності людини.

Для забезпечення стабільного суспільного розвитку держави необхідним є визначення регіонів країни, де екологічний стан компонентів довкілля знаходяться в найгіршому стані з метою спрямування фінансових ресурсів на впровадження природоохоронних заходів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Визначенню рівня небезпеки екологічного стану компонентів навколишнього

природного середовища присвячено чимало наукових робіт, які містять різні методичні підходи до визначення комплексних та інтегральних оцінок стану довкілля [1-8].

Найбільш перспективним підходом до оцінювання ступеню екологічної безпеки є оцінка екологічного ризику. Концепція оцінки екологічного ризику практично у всіх країнах світу і міжнародних організаціях розглядається як головний механізм розробки та прийняття управлінських рішень з охорони навколишнього природного середовища [9-12].

Постановка завдання та його вирішення. Екологічний ризик представляє собою ймовірність виникнення несприятливих ефектів для існування екосистем та життєдіяльності суспільства, в тому числі й для здоров'я населення, внаслідок антропогенного тиску на довкілля або впливу природних чинників [13].

Оцінювання екологічного ризику при сучасному стані i -го компонента навколишнього природного середовища визначається функцією

$$P^c_i = f_i(K^c_i, H^c_i), \quad (1)$$

де K^c_i – сучасний стан i -го компонента навколишнього природного середовища; H^c_i – сучасний рівень антропогенного тиску на i -й компонент навколишнього природного середовища.

Екологічний ризик погіршення стану атмосферного повітря визначається

$$P_A = f(A_b \langle b = \overline{1}, N_A \rangle, H_{Ak} \langle k = \overline{1}, N_{HA} \rangle), \quad (2)$$

де A_b – комплексна оцінка сучасного стану атмосферного повітря за N_a –тою кількістю b -тих показників; H_{Ak} – інтегральна оцінка сучасного рівня антропогенного навантаження від впливу негативних чинників на атмосферного повітря за N_{Ha} –тою кількістю b -тих показників.

Екологічний ризик для водних екосистем визначається

$$P_G = f(G_v \langle v = \overline{1}, N_G \rangle, H_{Gm} \langle m = \overline{1}, N_{HG} \rangle), \quad (3)$$

де G_v – комплексна оцінка сучасного стану поверхневих вод за N_G – тою кількістю v -тих показників; H_{Gm} – інтегральна оцінка сучасного рівня антропогенного навантаження на водні екосистеми за за N_{HG} – тою кількістю v -тих показників.

Екологічний ризик погіршення стану ґрунтів визначається за формулою

$$P_S = f(S_d \langle d = \overline{1, N_S} \rangle, H_{Sl} \langle l = \overline{1, N_{HS}} \rangle), \quad (4)$$

де S_d – комплексна оцінка сучасного стану ґрунтів за N_S – тою кількістю d -тих показників; H_{Sl} – інтегральна оцінка сучасного рівня антропогенного навантаження на ґрунти за N_{HS} – тою кількістю l -тих показників.

Екологічний ризик порушення стійкості природних екосистем від радіаційного забруднення визначається за формулою

$$P_R = f(R_a \langle a = \overline{1, N_R} \rangle, H_{Rm} \langle y = \overline{1, N_{HR}} \rangle), \quad (5)$$

де R_a – комплексна оцінка сучасного стану радіаційного забруднення території за N_R – тою кількістю a -тих показників; H_{Rm} – інтегральна оцінка сучасного рівня антропогенного впливу радіаційного забруднення за N_{HR} – тою кількістю y -тих показників.

Досягнення критичного стану (K^{k_i}) i -го компонента навколишнього природного середовища, за якого відбувається розвиток деградаційних процесів та порушення стійкості екосистеми, може відбутися за декількома сценаріями. По-перше, коли сучасний стан екосистеми знаходиться поблизу критичного, тоді навіть невеликий антропогенний тиск (H_i) може призвести до інтенсивного розвитку деградаційних процесів, по-друге, коли антропогенний тиск перевищує допустимі обсяги.

Для більш детального оцінювання екологічного ризику необхідно врахувати здатність екосистеми до самовідновлення, віддаленість екосистеми від джерела тиску, тривалість впливу чинників антропогенного тиску тощо.

Тоді ризик порушення стійкості i -го компонента екосистеми може бути виражений функцією

$$P_i = f(K^{k_i}, r, t, H_i, L), \quad (6)$$

де K^i - критичний стан i -го компонента навколишнього природного середовища; r – віддаленість екосистем від джерел тиску; t – час, за який екосистема досягне критичного стану; L – здатність екосистеми до самовідновлення від негативного ефекту антропогенного тиску H_i .

Узагальнене оцінювання екологічного ризику здійснюється при дослідженнях в масштабах регіону, області або для прийняття передпланових, узагальнених управлінських рішень. Більш детальне оцінювання екологічного ризику може проводитись за умови достатньої кількості даних щодо здатності екосистеми до самовідновлення від антропогенного тиску на основі аналізування негативних ефектів і чинників прогнозованої негативної дії, рівнів можливих впливів шкідливих речовин і випромінювань, тривалості їх впливу, масштабів їх розповсюдження з урахуванням ландшафтних і метеорологічних умов.

Сумарний екологічний ризик погіршення стану природних екосистем визначається за формулою

$$P_{\text{сум}} = 1 - (1 - P_A)(1 - P_G)(1 - P_S)(1 - P_R). \quad (7)$$

Характеристику екологічного ризику за величиною його значення наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристика екологічного ризику

Значення показника екологічного ризику	Якісна оцінювання ступеня екологічного ризику
0,01 - 0,20	Мінімальний ризик
0,21 – 0,37	Підвищений ризик
0,38 – 0,63	Значний ризик
0,64 – 0,80	Високий ризик
0,81 – 1,00	Дуже високий ризик

З метою визначення ймовірності досягнення критичного стану проведено аналіз сучасного стану забруднення атмосферного повітря областей України та викидів від стаціонарних і пересувних джерел забруднення. На основі цих даних визначено екологічний ризик погіршення стану атмосферного повітря України (табл.2).

Таблиця 2 – Екологічний ризик погіршення стану компонентів навколишнього середовища регіонів України

Регіон, область	Екологічний ризик погіршення стану атмосферного повітря	Клас	Екологічний ризик погіршення стану ґрунтів	Клас	Екологічний ризик погіршення стану природних екосистем від радіаційного забруднення	Клас	Екологічний ризик погіршення стану водних об'єктів	Клас	Сумарний екологічний ризик	Клас
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
АР Крим	0,24	1	0,64	3	0,04	1	0,24	2	0,2704	2
Вінницька	0,32	1	0,32	2	0,24	2	0,16	1	0,3616	2
Волинська	0,08	1	0,8	4	0,12	1	0,12	1	0,2256	2
Дніпропетровська	0,90	5	0,6	3	0,36	2	0,16	1	0,4624	3
Донецька	0,92	5	0,8	4	0,12	1	0,60	3	0,648	4
Житомирська	0,16	1	0,8	4	0,64	4	0,12	1	0,6832	4
Закарпатська	0,08	2	0,64	4	0,08	1	0,16	1	0,2272	2
Запорізька	0,8	4	0,32	2	0,24	2	0,38	3	0,5288	3
Івано-Франківська	0,4	3	0,16	1	0,12	1	0,24	2	0,3312	2
Київська	0,64	4	0,8	4	0,48	3	0,12	1	0,5424	3
Кіровоградська	0,24	2	0,16	1	0,36	2	0,08	1	0,4112	3
Луганська	0,90	5	0,64	3	0,08	1	0,32	2	0,3744	3
Львівська	0,48	3	0,08	1	0,08	1	0,16	1	0,2272	2
Миколаївська	0,32	2	0,64	4	0,24	2	0,34	2	0,4984	3

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Одеська	0,36	2	0,16	1	0,16	1	0,34	2	0,4456	3
Полтавська	0,32	2	0,16	1	0,16	1	0,12	1	0,2608	2
Рівненська	0,08	1	0,32	1	0,48	3	0,16	1	0,5632	3
Сумська	0,24	2	0,16	1	0,24	2	0,16	1	0,3616	2
Тернопільська	0,08	1	0,12	1	0,24	2	0,12	1	0,3312	2
Харківська	0,8	4	0,16	1	0,08	1	0,32	2	0,3744	3
Херсонська	0,16	1	0,8	4	0,16	1	0,48	3	0,5632	3
Хмельницька	0,32	2	0,08	1	0,32	2	0,16	1	0,4288	3
Черкаська	0,24	2	0,16	2	0,36	2	0,12	1	0,4368	3
Чернівецька	0,08	1	0,4	3	0,16	1	0,32	2	0,4288	3
Чернігівська	0,16	2	0,24	2	0,48	3	0,12	1	0,5424	3

Визначення рівня екологічної небезпеки в регіонах України на основі оцінки екологічного ризику

Узагальнена оцінка екологічного стану ґрунтів України визначено за методикою [14]. За методикою, що наведено вище, розраховано екологічний ризик погіршення стану ґрунтів України (табл. 2).

Сучасний стан забрудненості річкової води басейнів України оцінено за методикою визначення екологічного індексу [15]. Результати оцінювання екологічного ризику порушення стійкості водних екосистем за наведеною вище методикою, представлено в табл.2.

Аналіз оцінок екологічного ризику показав, що значний рівень ризику спостерігається в Херсонській, Запорізькій та Донецькій областях, що обумовлено як поганим якісним станом річок, що протікають там, так і значним антропогенним тиском (скидання неочищеної та недостатньо очищеної зворотної води, переважно промислових підприємств і комунального господарства), саме на це необхідно звернути увагу при розробленні регіональних програм охорони навколишнього природного середовища та програм оздоровлення річкових басейнів.

Екологічними наслідками розповсюдження радіоактивних речовин є накопичення радіоактивного забруднення, що призводить до порушення природних процесів, що протікають в екосистемах, та негативні зміни ландшафтів. За методикою, що наведено вище розраховано екологічний ризик порушення стійкості природних екосистем України від радіаційного забруднення (табл.2).

За даними моніторингу про стан навколишнього природного середовища та даними статистичної звітності щодо антропогенного навантаження на компоненти довкілля за 2008 рік дана оцінка сумарного екологічного ризику по областях України (табл. 2, рис.1).

Результати розрахунків екологічного ризику погіршення стану компонентів навколишнього середовища регіонів України показали, що в найбільш небезпечному стані знаходяться Донецька та Житомирська області (4 клас).

Небезпечний екологічний стан Житомирської області пов'язано з високим рівнем радіаційного забруднення, що є, безумовно, наслідком Чорнобильської катастрофи.

В Донецькій області високий рівень екологічної небезпеки обумовлено забрудненням атмосферного повітря, ґрунтів та поверхневих вод, а також великим антропогенним тиском на всі компоненти довкілля.

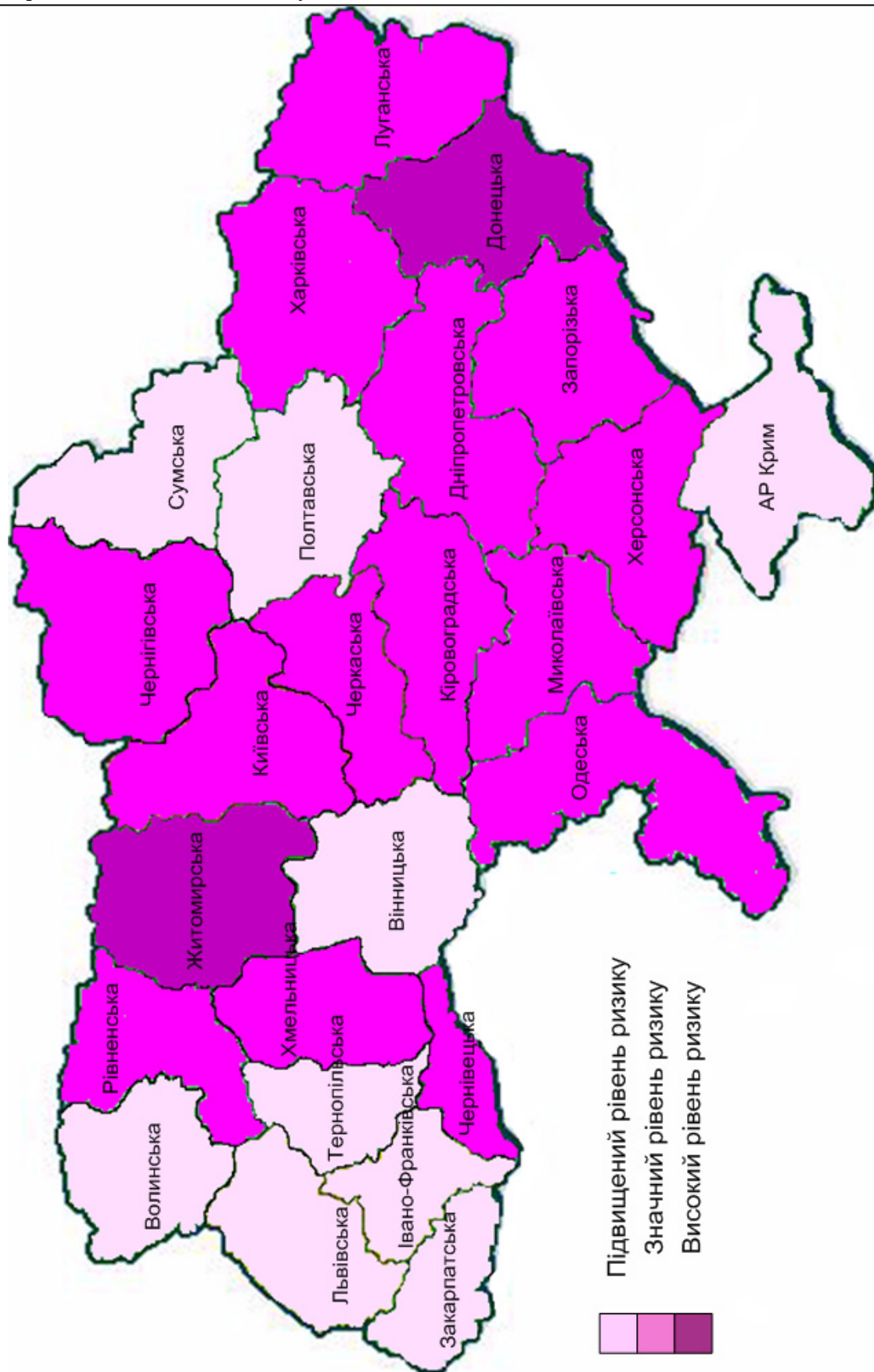


Рис. 1 – Сумарний екологічний ризик порушення стійкості природних екосистем

Визначення рівня екологічної небезпеки в регіонах України на основі оцінки екологічного ризику

Необхідно підкреслити небезпечний екологічний стан індустріально розвинутих регіонів. Значний рівень екологічного ризику спостерігається в Дніпропетровській, Запорізькій, Харківській, Кіровоградській, Луганській, Миколаївській, Одеській та інших областях України.

Для прийняття науково обґрунтованих управлінських рішень щодо впровадження природоохоронних заходів необхідно проводити більш детальну оцінку екологічного ризику, яка б враховувала дослідження показників стійкості тих екосистем, які знаходяться в небезпечному стані, проаналізувати причини погіршення їх стану з метою визначення допустимого антропогенного тиску та комплексу невідкладних природоохоронних заходів.

Висновки. В теперішній час, коли Україна зазнала економічної кризи, дуже важливим є питання щодо пріоритетності та черговості фінансування природоохоронних заходів. Необхідність визначення макроекологічних показників за областями України, з метою прийняття управлінських рішень щодо першочерговості впровадження природоохоронних заходів і залучення фінансової підтримки, насамперед обумовлена державною екологічною політикою за регіональним принципом, яка здійснюється на місцях обласними управліннями охорони навколишнього природного середовища.

Представлений новий підхід до оцінки екологічного ризику дозволяє визначити доцільність, пріоритетність і ефективність природоохоронних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на мінімізацію погіршення стану навколишнього природного середовища в умовах існуючого антропогенного навантаження із забезпеченням комфортних умов існування біоти та захисту здоров'я населення як на державному, так і регіональному рівнях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М. : Минприроды РФ, 1992. – 51 с.
2. Оценка состояния и устойчивости экосистем. – Институт охраны природы и заповедного дела. – М., 1992. – 125 с.
3. Принципы и методы определения норм нагрузок на ландшафты. – М. : ИГ АН СССР, 1987. – 32 с.

4. Рыбалов А. А. Качество окружающей среды: методические подходы оценки / А. А. Рыбалов // Экологическая экспертиза. – 2001. – №1. – С. 12 – 66.
5. Sladecsek V. System of water quality from biological point of view / V. Sladecsek // *Ergebn.himnol.* – 1973. – V. 7. – p. 1 – 128.
6. Шайн А. С. Интегральные оценки и их использование при долгосрочном прогнозировании качества воды рек / А. С. Шайн // Комплексная оценка качества поверхностных вод. – 1984. – № 6. – С. 24 – 33.
7. Варламов Е. Н. Применение экологических показателей оценки состояния окружающей среды в системе мониторинга окружающей среды в соответствии с рекомендациями ЕЭК ООН / Е. Н. Варламов, Л. Л. Юрченко // *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : IV міжнар. наук.-практ. конф., 3-5 жовт, 2008 р. : зб. наук. ст. – X. : Райдер, 2008. – С. 55 – 60.*
8. Керівництво щодо здійснення інтегральної оцінки стану довкілля на регіональному рівні. – Офіц. вид. – К. : М-во охорони навколишнього природного середовища України, 2008. – 54 с. – (Нормативний документ Мінохорони природи України. Керівництво).
9. Integrated Risk Information System (IRIS) : [Електронний ресурс] / U. S. Environmental Protection Agency (EPA). – Режим доступу : <http://www.epa.gov/iris>.
10. Toxicity Criteria Database : [Електронний ресурс] / California Environmental Protection Agency (EPA). – Режим доступу : <http://www.oehha.org/risk/chemicalDB/index.asp>.
11. Киселев А.Ф. Оценка риска здоровью / А. Ф. Киселев, К. Б. Фридман. – СПб. : Питер, 1997. – 100 с.
12. Качинський А. М. Системний аналіз визначення пріоритетів в екологічній безпеці України / А. М. Качинський. – Київ, 1995. – 46 с. – (Препринт / Національний інститут стратегічних досліджень ; № 42).
13. Коваленко Г. Д. Екологічний ризик погіршення стану навколишнього природного середовища України при збереженні існуючих тенденцій антропогенного навантаження / Г. Д. Коваленко, Г. В. Півень, О. В. Рибалова // *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : V міжнар. наук.-практ. конф., 7-10 жовт, 2009 р. : зб. наук. ст. – X. : Райдер, 2009. – С. 78 – 85.*
14. Поддашкін О. В. Комплексна оцінка якісного стану ґрунтів Харківської області / О. В. Поддашкін, О. В. Рибалова // *Еколо-*

гія і здоров'я людини, охорона водного і повітряного басейнів, утилізація відходів : XV міжнар. наук.-практ. конф., 22-23 груд, 2007 р. : зб. наук. ст. – Харків, 2007. – С. 309 – 322.

15. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / [В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіюк та ін.]. – К. : Символ-Т, 1998. – 28 с.

Рыбалова О.В., Белан С.В., Варивода Е.А.

Определение уровня экологической опасности в регионах Украины на основе оценки экологического риска

В статье рассмотрен новый подход к оценке экологического риска ухудшения состояния компонентов окружающей природной среды при условии сохранения существующих тенденций антропогенной нагрузки. Используя представленные методы, рассчитаны макроэкологические показатели современного состояния атмосферного воздуха, почв, поверхностных вод и уровня радиационного загрязнения в Украине. Определены регионы Украины с высоким уровнем экологической опасности.

Ключевые слова: экологические риски, атмосферный воздух, почвы, поверхностные воды, уровень радиационного загрязнения, регионы Украины

Rybalova O.V., Belan S.V., Varyvoda Ye.O.

The determination of environmental danger level in Ukrainian regions on the basis of environmental risks assessment

The new approach to the environmental risks assessment based on the prevention of extraordinary situations of environmental genesis is studied in the article. Based on the presented methodology the macroecological indicators of the conditions of atmosphere, soils, waters and level of radiation contamination are calculated. The regions with high level of environmental danger are determined

Key words: environmental risk, atmosphere, soils, waters, level of radiation contamination, regions of Ukraine

*Семкив О.М., канд. техн. наук, проректор, НУГЗУ,
Барбашин В.В., канд. техн. наук, нач. каф., НУГЗУ*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ СИСТЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕЕ СОСТОЯНИЯ

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

Показаны особенности оценки эффективности мероприятий системы гражданской обороны с использованием приращения величины предотвращенного ущерба. Проанализированы зависимости приращения величины предотвращенного ущерба от приращения значений факторов, определяющих некоторые показатели системы гражданской обороны.

Ключевые слова: система гражданской обороны, величина предотвращенного ущерба

Постановка проблемы. Для системы гражданской обороны, как и для других сфер деятельности, эффективность является определяющим понятием. Эффект, получаемый за счет проведения мероприятий гражданской обороны (ГО), осуществляемых системой ГО, заключается в снижении общего ущерба, наносимого населению и материальным ценностям на территории Украины, за счет уменьшения потерь населения, материального и финансового урона. Такое понимание эффективности мероприятий ГО положено в основу выбора в качестве показателя эффективности мероприятий ГО величины предотвращенного ущерба за счет проведения рассматриваемых мероприятий ГО [1]. Для того, чтобы добиться повышения эффективности данных мероприятий, необходимо определиться с порядком оценки данной эффективности, ввести необходимое количество показателей состояния системы ГО, определить факторы, влияющие на них, и с учетом вклада каждого из показателей в величину предотвращенного ущерба, исследовать влияние каждого из показателей на данную величину.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах, касающихся затронутых вопросов [1-5], как правило, наибольшее внимание уделяется оценке эффективности мероприятий

ГО на основе статистических данных о фактической величине ущерба, а также на основе экспертной оценки последствий воздействия опасностей и возможностей ГО по предотвращению потерь населения и снижению экономического ущерба. Не менее важным и достаточно интересным, по мнению авторов, является подход, использующий показатели состояния системы ГО.

Постановка задачи и ее решение. Анализ подходов к оценке эффективности мероприятий системы ГО на основе показателей ее состояния позволяет записать следующую формулу расчета приращения величины предотвращенного ущерба

$$\Delta D = D \cdot \sum_{i=1}^n v_i \cdot \frac{\sum_{j=1}^{m_i} \Delta k_{ij}}{m_i}, \text{ усл.ед.} \quad (1)$$

где D - величина предотвращенного ущерба, усл.ед.; v_i - вклад i -го показателя состояния системы ГО в величину предотвращенного ущерба, причем $0 < v_i < 1$, $\sum_{i=1}^n v_i = 1$; n - количество показателей, принятых к рассмотрению; Δk_{ij} - приращение коэффициента j -ого фактора, определяющего i -ый показатель состояния системы ГО, причем $0 < k_{ij} < 1$; m_i - количество факторов i -го показателя.

На основании накопленного опыта и обобщения результатов ранее проведенных исследований Центра стратегических исследований МЧС России, к числу показателей, определяющих эффективность мероприятий ГО, следует отнести следующие (в скобках указаны их вклады в величину предотвращенного ущерба и коэффициенты факторов, их определяющих).

1. Наличие необходимой нормативной правовой и организационно-плановой документации ($v_1 = 0,02$; k_{11} - достаточность (относительно количества) имеющихся нормативных документов; k_{12} - достаточность (относительно количества) имеющихся плановых документов).

2. Состояние системы оповещения ГО ($v_2 = 0,12$; k_{21} - доля населения, оповещаемого об опасности; k_{22} - доля систем оповещения, оснащенных современным оборудованием).

3. Состояние систем управления ГО и мониторинга окружающей среды и обстановки ($v_3 = 0,15$; k_{31} - доля готовых пунктов

управления; k_{32} – доля развернутых систем мониторинга; k_{33} – уровень внедрения АИУС в системы управления).

4. Возможности органов управления и сил ГО по эвакуации населения из городов и населенных пунктов ($v_4 = 0,08$; k_{41} – доля эвакуируемого населения).

5. Подготовленность населения к действиям в условиях чрезвычайных ситуаций ($v_5 = 0,10$; k_{51} – доля населения, прошедшего подготовку по ГО).

6. Возможности системы ГО по укрытию населения в защитных сооружениях ($v_6 = 0,10$; k_{61} – доля населения, укрываемого в защитных сооружениях).

7. Обеспеченность населения средствами индивидуальной и медицинской защиты ($v_7 = 0,05$; k_{71} – доля населения, обеспечиваемое СИЗ; k_{72} – относительное количество населения, обеспечиваемое средствами медицинской защиты).

8. Подготовленность сил ГО к ведению аварийно-спасательных работ ($v_8 = 0,14$; k_{81} – укомплектованность личным составом; – обеспеченность техническими средствами; k_{82} – доля подготовленного и аттестованного личного состава).

9. Подготовленность к первоочередному обеспечению жизнедеятельности пострадавшего населения ($v_9 = 0,12$; k_{91} – относительный объем запасов средств жизнеобеспечения; k_{92} – относительный объем финансовых ресурсов; k_{93} – доля органов и сил ГО, готовых к оказанию помощи пострадавшим).

10. Подготовленность критически важных объектов экономики к функционированию в условиях различных видов опасности ($v_{10} = 0,12$; k_{101} – доля объектов, на которых проведены необходимые мероприятия по повышению устойчивости функционирования; k_{102} – доля объектов, на которых осуществлены меры по противодействию внезапному нападению).

С использованием формулы (1) были проведены исследования, позволяющие оценить приращение величины предотвращенного ущерба за счет приращения коэффициентов факторов k_{41} , k_{51} , k_{71} , определяющих соответственно показатели 4, 5, 7. При этом принималось: мероприятия ГО проводились в интересах населения численностью 10000 человек, из которых в отношении $N_{нас\ мп} = 5000$ человек данные мероприятия уже проводились; прираще-

нию каждого из коэффициентов факторов от 0 до 0,5 ставилось в соответствие число населения, $N_{нас} = N_{нас\text{ мп}} + N_{нас\text{ мп}} \cdot \Delta k_{ij}$, охваченного мероприятиями ГО; первоначальная величина предотвращенного ущерба принималась равной 10000 грн. Результаты исследований показаны на рис.1.

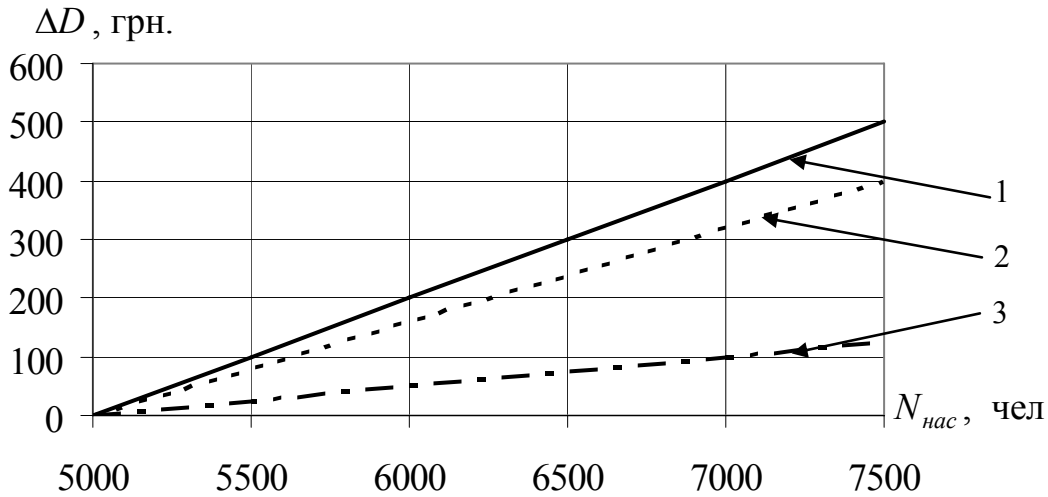


Рис. 1 – График зависимости приращения величины предотвращенного ущерба от числа населения, охваченного мероприятиями ГО: 1 – население, прошедшее подготовку по ГО; 2 – население, готовое к эвакуации; 3 – население, обеспеченное СИЗ

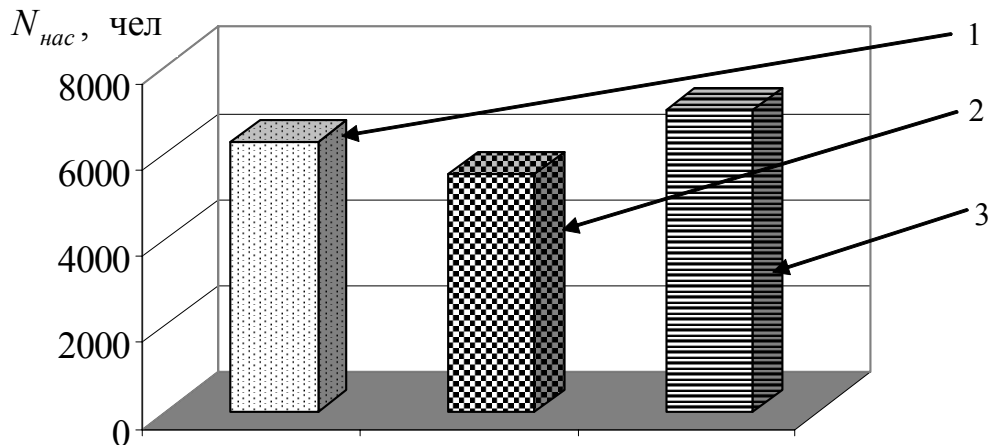


Рис. 2 – Диаграмма, показывающая необходимое число населения, охваченного одним из мероприятий ГО, для обеспечения приращения величины предотвращенного ущерба на 100 грн. при имеющейся величине - 10000 грн: 1 – население, готовое к эвакуации; 2 – население, прошедшее подготовку по ГО; 3 – население, обеспеченное СИЗ

При оценке эффективности мероприятий ГО может возникнуть задача определения необходимых значений коэффициентов факторов показателей ГО для выполнения требований к величине приращения предотвращенного ущерба. Так, на рис.2 показано, какое число населения должно быть охвачено заданным мероприятием ГО для приращения величины предотвращенного ущерба на 100 грн. при имеющейся величине - 10000 грн. (число населения получено после определения с использованием соотношения (1) необходимых значений приращений коэффициентов факторов показателей, равных: $\Delta k_{41}=0,125$, $\Delta k_{51}=0,1$, $\Delta k_{71}=0,4$).

Из анализа графиков, представленных на рис. 1, следует, что наибольшее увеличение величины приращения предотвращенного ущерба обеспечивают мероприятия, направленные на подготовку населения по ГО. Так, при увеличении числа населения с 5000 чел. до 7500 чел., охваченных данным мероприятием, приращение величины предотвращенного ущерба на 100 грн. больше, чем при проведении мероприятий по подготовке населения по эвакуации, и на 375 грн. больше, чем при обеспечении населения СИЗ.

Рис. 2 показывает, что для обеспечения приращения величины предотвращенного ущерба на 100 грн., необходимо довести число населения, подготовленного по ГО до 5500 человек, что на 720 чел. меньше, чем населения, подготовленного к эвакуации и на 1500 чел. меньше, чем населения, обеспеченного СИЗ.

Безусловно, рассматриваемые сотни грн. приращения величины предотвращенного ущерба по отношению к имеющимся 10000 грн. могут показаться достаточно небольшой величиной. В связи с этим, следует отметить, что авторы каждый раз анализировали увеличение лишь одного из рассматриваемых показателей. Очевидно, что работа по одновременному увеличению как можно большего из 10-ти предложенных показателей, обеспечит значительно большее значение величины предотвращенного ущерба.

Выводы. Проанализированы зависимости приращения величины предотвращенного ущерба за счет проведения мероприятий ГО от количества населения, в данных мероприятиях участвующего. Показано, что при одинаковом числе участия населения, наиболее эффективными из рассмотренных являются мероприятия, направленные на подготовку населения по ГО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богатырев Э.Я. Оценка эффективности действий сил гражданской обороны при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций / Э.Я. Богатырев //Сб. материалов Центра стратегических исследований гражданской защиты МЧС России. Вып. 9. - М.: ЦСИ ГЗ МЧС России, 2001.- С.52-58.
2. Курличенко И. В. Факторы, определяющие состояние и развитие гражданской обороны / И. В. Курличенко //Актуальные проблемы гражданской защиты: XI Международная научно-практическая конференция, 18-20 апреля, 2006 г.: материалы конференции. – Н.Новгород: Вектор-ТиС, 2006. – С.269-272.
3. Курличенко И.В. Перспективы развития гражданской обороны в современных условиях / И.В. Курличенко, С.С. Васильев //Совершенствование гражданской обороны в Российской Федерации: IV научно-практическая конференция, 25 октября, 2007 г.: материалы конференции. – М.: Декс-Пресс, 2007. – С.146-151.
4. Акимов В.П. Методологические подходы к оценке эффективности мероприятий гражданской обороны и защиты населения / В.П. Акимов, В.П. Малышев, Ю.Д. Макиев // Совершенствование гражданской обороны в Российской Федерации: III научно-практическая конференция, 10 октября, 2006 г.: материалы конференции. – М.: Куна, 2006. – С.164-182.

Семків О.М., Барбашин В.В.

Оцінка ефективності заходів системи цивільної оборони на основі показників її стану

Показані особливості оцінки ефективності заходів цивільної оборони з використанням прирощення величини відвернутого збитку. Проаналізовані залежності прирощення величини відвернутого збитку від прирощення значень чинників, які визначають деякі показники системи цивільної оборони.

Ключові слова: система цивільної оборони, величина відвернутого збитку

Semkiv O.M., Barbashin V.V.

Peculiarities of radiation exposure of the population of radioactively contaminated areas due to consumption of dairy products

Features of assessing the effectiveness of civil defense system, using the increment value of damage avoided, are shown. The dependence of the increment value of damage avoided from the increment value determinants, some indicators of civil defense, are shown.

Key words: civil defense system, the value of damage avoided

Семків О.М., Барбашин В.В.

*Соболь О.М., д-р техн. наук, нач. каф., НУЦЗУ,
Собина В.О., викл., НУЦЗУ*

МОДЕЛЮВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ОПЕРАТИВНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ЗАЛІЗНИЦІ

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

Наведено особливості математичної моделі та результати комп'ютерного моделювання раціонального розміщення оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, оперативні підрозділи, об'єкти залізниці

Постановка проблеми. Надзвичайні ситуації, пов'язані з аваріями та катастрофами на транспорті, характеризуються значними наслідками, насамперед, загибеллю або загрозою життю і здоров'ю людей, призводять до руйнування будівель, споруд, обладнання і транспортних засобів, порушення виробничого або транспортного процесу, завдають шкоду довкіллю. Аналіз статистичних даних за останні роки стосовно надзвичайних ситуацій техногенного характеру свідчить про те, що приблизно третина від загальної кількості загиблих та постраждалих припадає на надзвичайні ситуації, що пов'язані з аваріями та катастрофами на транспорті.

Що стосується залізничного транспорту, то значну небезпеку для транспортних засобів та пішоходів являють собою залізничні переїзди, серед яких 10% не освітлюються. Найвні дефекти у 13% стрілочних переводів, залізничні мости мають 8,5% дефектних прольотних споруд та 27% дефектного мостового полотна на дерев'яних брусах [1].

Серед об'єктів Укрзалізниці нараховуються потенційно небезпечні об'єкти, які підлягають паспортизації, серед яких тунелі, мости, сортувальні станції та станції, на яких проводиться обробка небезпечних вантажів.

Таким чином, існує актуальна проблема підвищення рівня захищеності рухомого складу та об'єктів залізниці від наслідків

надзвичайних ситуацій різного характеру.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Як зазначено в роботі [2], одним із шляхів розв'язання даної проблеми є скорочення часу реагування оперативних підрозділів (підрозділів вєнізованої 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 [3].

Постановку задачі раціонального розміщення підрозділів вєнізованої охорони на залізниці та пожежно-рятувальних підрозділів для захисту об'єктів залізниці наведено в роботі [4]. Загальну математичну модель даної задачі розглянуто в [5]. Особливості методу визначення раціональної кількості та місць розташування оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці наведено в роботі [2].

Постановка завдання та його вирішення. Метою даної роботи є розробка алгоритму та комп'ютерне моделювання раціонального розміщення оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці.

Математична модель раціонального розміщення оперативних підрозділів наведена в роботі [5]. Але слід зауважити, що в даній роботі райони виїзду оперативних підрозділів розглядалися як кола змінного радіусу. В тому випадку, коли райони обслуговування являють собою випуклі багатокутники зі змінними метричними характеристиками, математична модель визначення раціональної кількості та місць розташування оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці приймає наступний вигляд:

$$\min_W N, \quad (1)$$

де W :

$$\begin{aligned} & \left(\bigcup_{u=1}^{N_u} L_u^0 \left(P_{L_u,1}^0, \dots, P_{L_u,n_{L_u}}^0, L_u \right) \right) \cap \left(\bigcup_{i=1}^N S_i(p_i) \right) \rightarrow \\ & \rightarrow \left(\bigcup_{u=1}^{N_u} L_u^0 \left(P_{L_u,1}^0, \dots, P_{L_u,n_{L_u}}^0, L_u \right) \right); \end{aligned} \quad (2)$$

$$\omega(m_i, m_j, p_i, p_j) \rightarrow 0, \quad i = 1, 2, \dots, N; \quad j = i + 1, \dots, N; \quad (3)$$

$$m_i = (x_1^i, y_1^i, x_2^i, y_2^i, \dots, x_{n_i}^i, y_{n_i}^i);$$

$$m_j = (x_1^j, y_1^j, x_2^j, y_2^j, \dots, x_{n_j}^j, y_{n_j}^j);$$

$$\omega(m_i, m_v, p_i, p_v) \rightarrow 0, \quad i = 1, 2, \dots, N; \quad v = 1, 2, \dots, N_v; \quad (4)$$

$$m_v = (x_1^v, y_1^v, x_2^v, y_2^v, \dots, x_{n_v}^v, y_{n_v}^v);$$

$$\omega(m_i, m_{cS_0}, p_i, p^0) \rightarrow 0; \quad i = 1, 2, \dots, N; \quad cS_0 \cup S_0 = R^2. \quad (5)$$

Тут m_i та m_j - метричні характеристики районів виїзду оперативних підрозділів, які являють собою координати вершин випуклих багатокутників в локальних системах координат; $p_i(x_i, y_i)$ та $p_j(x_j, y_j)$ - параметри розміщення випуклих багатокутників (координати полюсів багатокутників в глобальній системі координат); m_v та $p_v(x_v, y_v)$ - метричні характеристики та параметри розміщення об'єктів заборони; m_{cS_0} та $p^0(0,0)$ - метричні характеристики доповнення області S_0 , якій належать ділянки залізниці L_u^0 , до простору R^2 та параметри розміщення області S_0 , що співпадають з початком глобальної системи координат.

Таким чином, обмеження (2) описує вимогу максимального покриття об'єктів захисту, обмеження (3) являє собою умову мінімуму взаємного перетину районів виїзду оперативних підрозділів, обмеження (4) – умова мінімуму взаємного перетину районів виїзду з об'єктами заборони, обмеження (5) описує умову належності районів виїзду області S_0 .

Слід зауважити, що задача (1)÷(5) відноситься до класу задач оптимального покриття, а для формалізації обмежень (3)÷(5) використано ω -функції покриття, аналітичний вигляд яких наведено в роботі [6].

Область припустимих розв'язків даної задачі є дискретною, а для її розв'язання було розроблено метод послідовного поодинокого покриття [2]. На основі створеного методу розв'язання задачі було розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення у середовищі Delphi щодо 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 залізничного транспорту.

Результати комп'ютерного моделювання раціонального розміщення оперативних підрозділів наведено на рис. 1. В якості об'єкта захисту розглядається ділянка залізниці Красноград – Кегичівка (Харківська область). Метричні характеристики та параметри розміщення відповідних районів захисту записуються у файл.

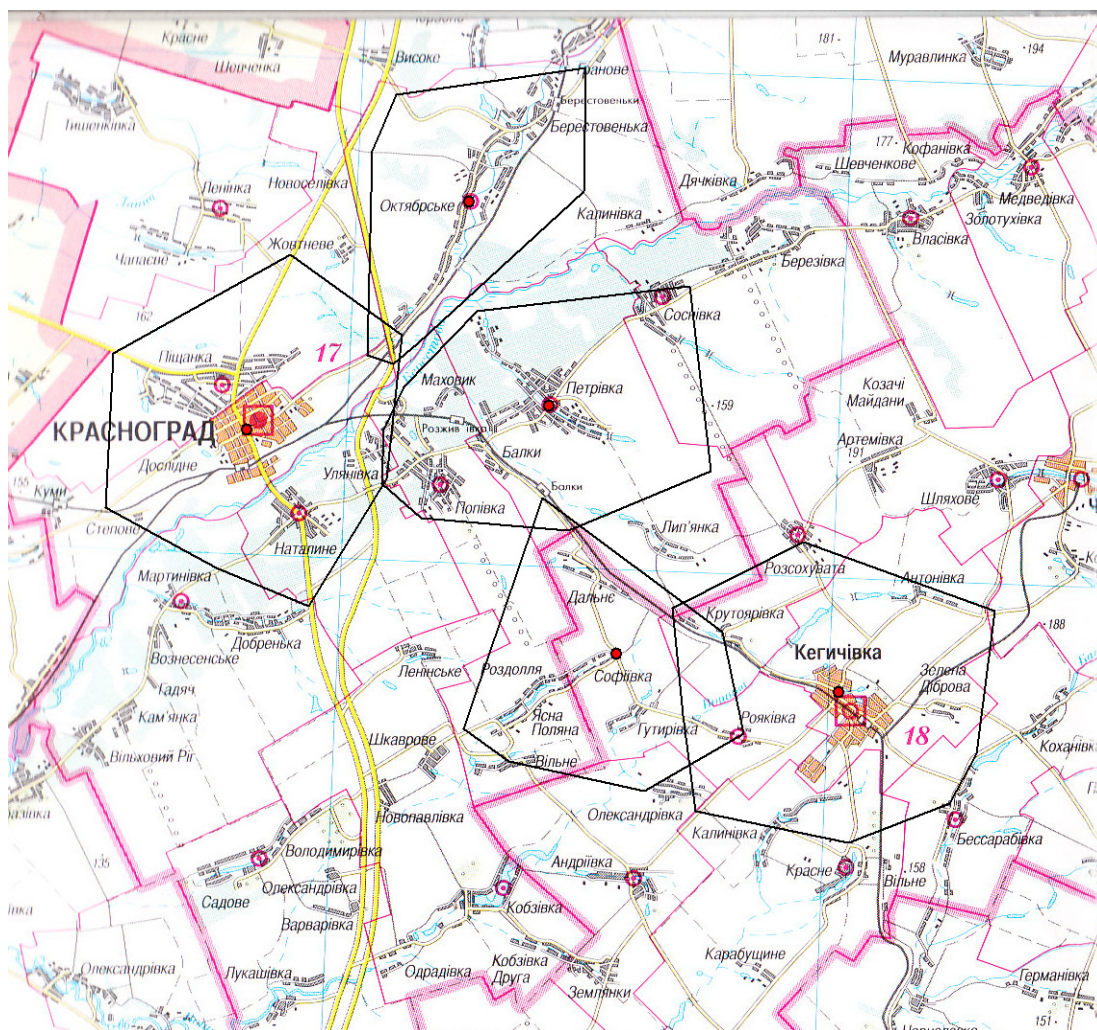


Рис. 1 – Результат комп'ютерного моделювання раціонального покриття об'єкта захисту районами виїзду оперативних підрозділів

Необхідно відзначити, що визначення метричних характеристик та параметрів розміщення районів виїзду оперативних підрозділів здійснювалося з урахуванням часу досягнення найвіддаленішої точки району виїзду, існуючої сітки доріг та рельєфу місцевості.

Висновки. В даній роботі наведено особливості математичної моделі визначення раціональної кількості та місць розташування оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці для випадку, коли райони виїзду являють собою випуклі багатокутники зі змінними метричними характеристиками. Результати комп'ютерного моделювання дозволять прийняти управлінські рішення про створення підрозділів місцевої пожежної охорони у відповідних населених пунктах та виявити труднодоступні ділянки залізниці, що потребує, в подальшому, вдосконалення тактики дій оперативних підрозділів по захисту рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua>
2. Комяк В.М. Особливості методу визначення раціональної кількості та місць розташування оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці / В.М. Комяк, О.М. Соболь, А.Г. Коссе, В.О. Собина // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. НУЦЗ України. Вип. 11. – Харків: НУЦЗУ, 2010. – С. 74-79.
3. 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.
4. Комяк В.М. Постановка задачі раціонального розміщення оперативних підрозділів для захисту рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту / В.М. Комяк, О.М. Соболь, В.О. Собина // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 9. – Харків: УЦЗУ, 2009. – С. 56 – 62.
5. Комяк В.М. Загальна математична модель раціонального розміщення оперативних підрозділів для захисту рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту / В.М. Комяк,

Моделювання раціонального розміщення оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці

О.М. Соболев, В.О. Собиная // Вестник Херсонского национального технического университета. – Херсон: ХНТУ, 2009. – Вып. 2(35). – С. 241-246.

6. Соболев О.М. Побудова ω – функцій в задачах покриття заданої області геометричними об'єктами зі змінними метричними характеристиками / Соболев О.М, Собиная В.О, Тур О.М // Міжвідомчий науково – технічний збірник «Прикладна геометрія та інженерна графіка» . Випуск 86. Відповідальний редактор В.Є. Михайленко. – К.: КНУБА, 2010р. – С. 118-122.

Соболев А.Н., Собиная В.А.

Моделирование рационального размещения оперативных подразделений для защиты железнодорожных объектов

Приведены особенности математической модели и результаты компьютерного моделирования рационального размещения оперативных подразделений для защиты железнодорожных объектов

Ключевые слова: компьютерное моделирование, оперативные подразделения, железнодорожные объекты

Sobol O.M., Sobina V.O.

Modeling the rational placements of operational subdivisions for defense the railway objects

Characteristics of mathematical model and results of computer modeling the rational placements of operational subdivisions for defense the railway objects are given

Key words: computer modeling, operational subdivisions, railway objects

*Тарадуда Д.В., ад'юнкт, НУЦЗУ,
Шевченко Р.І., канд. техн. наук, нач. лаб., НУЦЗУ,
Щербак С.М., викл., НУЦЗУ*

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НЕБЕЗПЕКИ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ АМІАЧНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ЗА ДОПОМОГОЮ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙ

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

Розроблено підхід до створення багатокритеріальної методики оцінки та управління ризиком виникнення аварії на об'єктах, до складу яких входять аміачні холодильні установки та запропоновано процедуру визначення показників небезпеки основних вузлів аміачної холодильної установки, як основи процедури визначення пріоритетів та управління ризиком виникнення аварії на об'єкті контролю

Ключові слова: аміак, холодильна установка, оцінка ризику, потенційно небезпечний об'єкт, «дерево відмов», експертна оцінка

Постановка проблеми. Не зважаючи на розгалужені заходи з безпеки, ризик виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру в усіх країнах постійно зростає. Про це свідчать аварії й катастрофи останніх років – хімічне забруднення навколишнього середовища, пожежі, вибухи та ін. У зв'язку з цим виникає потреба формування обґрунтованої процедури оцінки існуючих загроз з метою подальшого визначення попереджувальних заходів та заходів зі зниження рівня ризику аварій на потенційно небезпечних промислових об'єктах (ПНО).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз останніх досліджень з даної тематики [1,2,5–7] доводить, що зростання показників ризику виникнення надзвичайних ситуацій в Україні має додаткові підстави через неефективну економічну та політичну структуру: збільшується частка застарілих технологій і зношення обладнання, скорочується фінансування заходів із модернізації виробничих фондів, знижується рівень виконавчої і технологічної дисципліни та ін. Заходи запобігання техногенним над-

звичайним ситуаціям в Україні [8] також є не достатньо ефективними.

Аналіз останніх досліджень з питань управління ризиком виникнення аварій різної природи довів, що на даний час існують статистичні, імовірнісні, експертні, соціологічні та модельні методи оцінки техногенного ризику [11]. Але слід зауважити, що в Україні переважно розвиваються лише методи оцінки наслідків ризику техногенних аварій [10].

Постановка завдання та його вирішення. Враховуючи вищенаведене, завданням безпосереднього наукового дослідження є розробка нової методологічної бази в сфері визначення та управління ризиками виникнення аварій на промислових об'єктах.

Саме тому для цілей оцінки небезпеки під час моніторингу споріднених підприємств однієї галузі нами пропонується єдина багатокритеріальна методика оцінки ризику на основі моделі, яка формується з: середньостатистичних даних галузі, «типового» обладнання, «типових» систем ПНО, фізіологічних показників тощо. Як правило, набір обладнання та систем визначається функціями (призначенням) підприємства, що дає можливість створення відповідної узагальненої моделі. В даній роботі пропонується підхід до створення багатокритеріальної методики оцінки ризику виникнення аварійної ситуації на об'єкті, до складу якого входить типова аміачна холодильна установка (АХУ).

Запропонована методика являє собою оцінку небезпеки об'єкта за критеріями трьох рівнів (рис 1.).

До критеріїв першого рівня відносяться:

- технічна надійність системи;
- зовнішній вплив;
- вплив суб'єкта.

Критерії першого рівня являються критеріями абсолютного ризику і відображають фактичний рівень небезпеки об'єкта. Вони включають фактори небезпеки, що здійснюють основний негативний вплив на об'єкт контролю. Фактори небезпеки визначаються при детальному аналізі технологічного процесу на установці та статистичних даних її аварійності.

Критерієм другого рівня є «взаємовплив» основних елементів установки при впливі на них факторів небезпеки (ФН) критеріїв першого рівня, що визначаються на I етапі та призводять до виникнення аварійної ситуації.

Критеріями третього рівня є критерії відносного ризику:

- збиток від аварії;
- затрати на профілактику.

Розробка критеріїв третього рівня є важливим етапом методики, адже оцінка об'єкта за критеріями перших двох рівнів не дозволяє управляти ризиком виникнення аварій на об'єкті, так як дані критерії являються абсолютними. За допомогою критеріїв третього рівня управління ризиком виникнення аварій на об'єкті стає можливим. Це відбувається завдяки організації зворотного зв'язку між критеріями третього та першого рівнів.

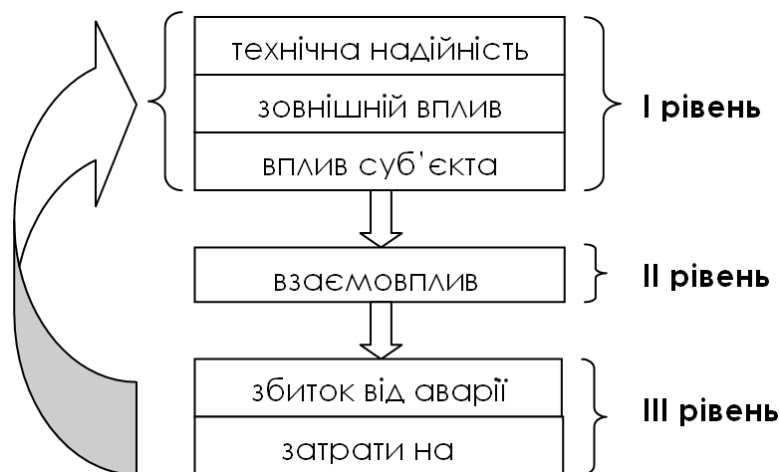


Рис. 1 – Запропонована схема управління ризиком виникнення аварії на об'єктах, до складу яких входять аміачні холодильні установки

Оцінка небезпеки об'єкта за критеріями першого рівня проводиться різними методами. Так оцінка «технічної надійності» установки проводиться на основі логіко-імовірнісної моделі причинно-наслідкових зв'язків аварійності досліджуваної системи з відмовами її елементів (дерева відмов) (рис. 2).

Дерево відмов складається з ініціюючих, проміжних та кінцевої події. Кінцевою подією є аварійна зупинка АХУ. Проміжними подіями є виникнення небезпечних ситуацій, що призводять до виникнення кінцевої події. Ініціюючими подіями являються відмови найменш надійних елементів системи. Об'єктивною характеристикою роботи таких елементів є середній наробіток до відмови λ .

Визначення показників небезпеки основних елементів аміачної холодильної установки за допомогою багатокритеріальної методики оцінки та управління ризиком виникнення аварій

Далі, шляхом застосування теорії імовірності та теорії надійності, за формулою (1) визначимо коефіцієнти абсолютних ризиків відмови основних елементів установки $P_1^1, P_2^1, P_3^1, \dots, P_a^1$ за критерієм «технічна надійність».

$$P_n^1 = 1 - \prod_{i=1}^a Q_i = 1 - \prod_{i=1}^a e^{-\frac{\tau_i}{\lambda_i}}, \quad (1)$$

де a – кількість основних елементів установки; Q_i – імовірність безвідмовної роботи i -го компоненту n -го елемента установки; λ_i – середній наробіток до відмови i -го компоненту n -го елемента установки, τ_i – час роботи i -го компоненту n -го елемента установки, [год].

Наприклад:

1) визначення коефіцієнта абсолютного ризику відмови продуктопроводу до проміжної ємності проводиться за наступною формулою

$$P_2^1 = 1 - Q_{2,1} = 1 - e^{-\frac{\tau_{2,1}}{\lambda_{2,1}}}, \quad (1.1)$$

так як відмова даного елемента обумовлена виникненням однієї ініціюючої події, яка характеризується середнім наробітком до відмови $\lambda_{2,1}$;

2) визначення коефіцієнта абсолютного ризику відмови проміжної ємності проводиться за формулою (1.2)

$$P_3^1 = 1 - Q_{3,1} \cdot Q_{3,2,1} \cdot Q_{3,2,2} \cdot Q_{3,2,3} \cdot Q_{3,2,4} \cdot Q_{3,3}, \quad (1.2)$$

а, враховуючи формулу (1), формулу (1.2) можна записати у наступному вигляді

$$P_3^1 = 1 - e^{-\frac{\tau_{3,1}}{\lambda_{3,1}}} \cdot e^{-\frac{\tau_{3,2,1}}{\lambda_{3,2,1}}} \cdot e^{-\frac{\tau_{3,2,2}}{\lambda_{3,2,2}}} \cdot e^{-\frac{\tau_{3,2,3}}{\lambda_{3,2,3}}} \cdot e^{-\frac{\tau_{3,2,4}}{\lambda_{3,2,4}}} \cdot e^{-\frac{\tau_{3,3}}{\lambda_{3,3}}}, \quad (1.3)$$

так як відмова даного елемента обумовлена виникненням не однієї, а декількох ініціюючих подій, які характеризується середніми наробітками до відмови $\lambda_{3,1}, \lambda_{3,2,1}, \lambda_{3,2,2}, \lambda_{3,2,3}, \lambda_{3,2,4}, \lambda_{3,3}$.

Стосовно ж оцінка небезпеки об'єкта за іншими критеріями першого рівня, а саме «зовнішній вплив» та «вплив суб'єкта», то, у зв'язку з відсутністю статистичних даних про вплив факторів небезпеки даних критеріїв на об'єкт контролю, її доцільно проводити шляхом поєднання методів експертних оцінок [3] та аналізу ієрархії Т.Сааті [9].

За допомогою елементу попарних порівнянь методу аналізу ієрархії Т.Сааті експертам пропонується оцінити вплив на кожен з основних елементів системи наступних факторів небезпеки:

1. За критерієм «зовнішній вплив»:

1.1. Знеструмлення в результаті зовнішнього впливу;

1.2. Припинення водопостачання до системи охолодження в результаті зовнішнього впливу;

1.3. Розгерметизація елементів установки в результаті зовнішнього впливу.

2. За критерієм «вплив суб'єкта»:

2.1. Помилки персоналу, пов'язані з відсутністю досвіду;

2.2. Помилки персоналу, пов'язані з професійним «вигоранням»;

2.3. Помилки персоналу, пов'язані з недосконалістю режиму праці.

Як основні ми виділили наступні елементи системи:

1. Компресорну машину першого ступеню (КМ-1);

2. Продуктопровід до проміжної ємності (ПП до ПЄ);

3. Проміжну ємність (ПЄ);

4. Продуктопровід до компресорної машини другого ступеню (ПП до КМ-2);

5. Компресорну машину другого ступеню (КМ-2);

6. Продуктопровід до конденсатору (ПП до К);

7. Конденсатор (К);

8. Продуктопровід до лінійного ресиверу (ПП до ЛР);

9. Лінійний ресивер (ЛР);

10. Продуктопровід до циркуляційного ресиверу (ПП до ЦР);

11. Циркуляційний ресивер (ЦР);

12. Продуктопровід до насоса для перекачування холодильного агента до холодильної камери (ПП до Н ХК);

13. Насос для перекачування холодильного агента до холодильної камери (Н до ХК);

14. Продуктопровід до розподільчого пристрою (ПП до РП);

15. Розподільчий пристрій (РП);

16. Продуктопровід до випаровувача (ПП до В);
17. Випаровувач (В);
18. Продуктопровід до насосу для перекачування холодильного агента до компресорної машини першого ступеню (ПП до Н КМ-1);
19. Насос для перекачування холодильного агента до компресорної машини першого ступеню (Н до КМ-1);
20. Продуктопровід до компресорної машини першого ступеню (ПП до КМ-1).

Вибір експертів пропонується проводити в декілька етапів. У якості експертів на першому етапі визначається N (для відповідного «дерева відмов» (рис.2) $N=6$ [3]) фахівців у сфері цивільного, протипожежного, екологічного та інформаційного захисту, а також фахівців у сфері холодильної промисловості та безпеки холодильних машин. Застосовуючи «лавиноподібний» підхід до визначення кількості експертів, їм у свою чергу пропонується вибрати, також по шість фахівців. Таким чином, отримується перелік у 36 осіб, з якого виключаються прізвища, що повторюються. Таким самим чином проводяться наступні етапи відбору експертів доти, поки вибрані експерти, в свою чергу, нових прізвищ не надали. На цьому вибір експертів закінчується.

Для фіксації результату порівняння пари факторів небезпеки пропонується використовувати шкалу наступного типу (шкалу ієрархії Сааті):

- 1 – рівноцінність;
- 3 – помірна перевага;
- 5 – сильна перевага;
- 7 – дуже сильна перевага;
- 9 – найбільша (крайня) перевага.

Значення 2, 4, 6 та 8 є перехідними. Особа, що приймає рішення (експерт), враховуючи свій досвід у даному питанні, попарно порівнює вплив факторів небезпеки відповідного критерію на кожен з основних елементів установки і ставить коефіцієнт k , використовуючи значення шкали ієрархії Сааті ($k=1,2,3,\dots,9$ або $1/1, 1/2, 1/3,\dots, 1/9$). Результати парних порівнянь впливу факторів небезпеки відповідного критерію окремо на кожен з основних елементів установки записуються у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати парних порівнянь впливу факторів небезпеки m -ого критерію на n -ий елемент установки

	Фактор небезпеки 1.	Фактор небезпеки 2.	Фактор небезпеки 3.	...	Фактор небезпеки l .	Сума рядка	Нормовані значення
Фактор небезпеки 1.	$k_n^{1,1,m}$	$k_n^{1,2,m}$	$k_n^{1,3,m}$	...	$k_n^{1,l,m}$	\sum_1^l	$w_n^{m,1}$
Фактор небезпеки 2.	$\frac{1}{k_n^{1,2,m}}$	$k_n^{2,2,m}$	$k_n^{2,3,m}$	...	$k_n^{2,l,m}$	\sum_2^l	$w_n^{m,2}$
Фактор небезпеки 3.	$\frac{1}{k_n^{1,3,m}}$	$\frac{1}{k_n^{2,3,m}}$	$k_n^{3,3,m}$	...	$k_n^{3,l,m}$	\sum_3^l	$w_n^{m,3}$
...
Фактор небезпеки l .	$\frac{1}{k_n^{1,l,m}}$	$\frac{1}{k_n^{2,l,m}}$	$\frac{1}{k_n^{3,l,m}}$	...	$k_n^{l,l,m}$	\sum_l^l	$w_n^{m,l}$
Сума передостаннього стовпчика						$\sum \sum_i^l$	

В таблиці 1 прості дроби переводяться в десяткові, рядки таблиці сумуються і суми записуються у передостанній стовпчик, значення якого також сумуються. В останній стовпчик таблиці 1 записуються нормовані значення коефіцієнтів впливу j -го фактору небезпеки m -ого критерію на n -ий елемент установки, які розраховуються за формулою

$$w_n^{m,j} = \frac{\sum_i^l}{\sum \sum_i^l}. \quad (2)$$

Отримані значення коефіцієнтів впливу факторів небезпеки m -ого критерію на n -ий елемент установки кожного експерта записуються в таблицю 2.

Таблиця 2 – Результати обробки експертної оцінки впливу факторів небезпеки m -ого критерію на n -ий елемент установки

	Фактор не-безпеки 1.	Фактор не-безпеки 2.	Фактор не-безпеки 3.	...	Фактор не-безпеки l .
Експерт 1.	$w_n^{1,m,1}$	$w_n^{1,m,2}$	$w_n^{1,m,3}$	...	$w_n^{1,m,l}$
Експерт 2.	$w_n^{2,m,1}$	$w_n^{2,m,2}$	$w_n^{2,m,3}$	...	$w_n^{2,m,l}$
Експерт 3.	$w_n^{3,m,1}$	$w_n^{3,m,2}$	$w_n^{3,m,3}$	...	$w_n^{3,m,l}$
...
Експерт c .	$w_n^{c,m,1}$	$w_n^{c,m,2}$	$w_n^{c,m,3}$	...	$w_n^{c,m,l}$
Середнє значення коефіцієнту впливу	$\bar{w}_n^{m,1}$	$\bar{w}_n^{m,2}$	$\bar{w}_n^{m,3}$	...	$\bar{w}_n^{m,l}$

Розрахунок величин середнього значення коефіцієнта впливу j -го фактору небезпеки m -ого критерію на n -ий елемент установки проводиться за формулою

$$\bar{w}_n^{m,j} = \frac{\sum_{i=1}^c w_n^{i,m,j}}{c}. \quad (3)$$

З метою виключення з загального числа оцінок, що суттєво відрізняються від середнього значення, доцільно проводити багатоступеневу процедуру дельфійського методу вирівнювання індивідуальних оцінок експертів і приведення їх до відповідного загального показника [3]. Для цього проводиться аналіз отриманих оцінок і виділення експертів, які дали оцінки, що суттєво відрізняються від загальної маси.

Сумарний коефіцієнт небезпеки n -го елемента установки за критеріями «зовнішній вплив» та «вплив суб'єкта» розраховується за формулою

$$P_n^m = \sum_{j=1}^l \bar{w}_n^{m,j}. \quad (4)$$

Отримані сумарні коефіцієнти небезпеки основних елементів установки за трьома критеріями запишемо у вигляді таблиці 3.

Таблиця 3 – Зведена таблиця коефіцієнтів небезпеки основних елементів установки за критеріями I-го рівня

	Елемент 1.	Елемент 2.	Елемент 3.	...	Елемент a.	Сума рядка
Критерій 1.	P_1^1	P_2^1	P_3^1	...	P_a^1	\sum_1^a
Критерій 2.	P_1^2	P_2^2	P_3^2	...	P_a^2	\sum_2^a
Критерій 3.	P_1^3	P_2^3	P_3^3	...	P_a^3	\sum_3^a

Для подальшого коректного застосування отриманих коефіцієнтів небезпеки при дослідженні взаємозв'язків елементів установки та визначенні загальних показників небезпеки цих елементів при впливі на них факторів небезпеки трьох критеріїв першого рівня отримані коефіцієнти небезпеки необхідно пронормувати таким чином, щоб їх сума по кожному критерію дорівнювала одиниці. Для цього необхідно просумувати кожен рядок таблиці 3, а отримані значення записати у останній стовпчик цієї ж таблиці. Після чого нормовані значення коефіцієнтів небезпеки визначимо за формулою

$$p_n^m = \frac{P_n^m}{\sum_i^a} \quad (5)$$

Отримані значення нормованих коефіцієнтів небезпеки є показниками небезпеки основних елементів аміачної холодильної установки за критеріями першого рівня, що мають наступний вигляд (таблиця 4).

Таблиця 4 – Показники небезпеки основних елементів установ-ки за критеріями I-го рівня

	Елемент 1.	Елемент 2.	Елемент 3.	...	Елемент a .
Критерій 1.	p_1^1	p_2^1	p_3^1	...	p_a^1
Критерій 2.	p_1^2	p_2^2	p_3^2	...	p_a^2
Критерій 3.	p_1^3	p_2^3	p_3^3	...	p_a^3

Висновки. В результаті роботи запропоновано підхід до визначення показників небезпеки основних вузлів аміачної холодильної установки за критеріями першого рівня, які є базовими показниками для визначення взаємовпливів між вузлами та пріоритетів при управлінні ризиком виникнення аварії на об'єкті контролю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аверин Г.В. Анализ опасностей аммиачных компрессорных установок / Г.В. Аверин, В.М. Москалец // Вестник Донецкого университета. Серия А. Естественные науки. – 2008. – №3. – С. 32 – 40.
2. Бахвалов О. А. Основные причины аварий при эксплуатации аммиачных холодильных систем / О. А. Бахвалов // Холодильная техника. – 2001. № 7. – С. 11 – 12.
3. Бурков В.Н. Получение и анализ экспертной информации / В.Н. Бурков, Л.А. Панкова, М.В. Шнейдерман – М.: ИПУ, 1980. – 50 с.
4. Диллон Б. Инженерные методы обеспечения надежности систем / Б. Диллон, Ч. Сингх ; пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 318 с.
5. Дрозд І.П., Охота А.С. До обґрунтування прийнятних рівнів ризику життєдіяльності в Україні // Матеріали науково-практичної конференції «Проблеми прогнозування та попередження надзвичайних ситуацій природного, природно-

- техногенного та техногенного походження». Ялта, 2009. – С. 20 – 23.
6. Лифар В.О. Моделі надзвичайних ситуацій та метод оцінки техногенного ризику в автоматизованій системі забезпечення безпеки виробництва : дис. кандидата технічних наук : 05.13.06 / Лифар Володимир Олексійович. – Х., 2007. – 278 с.
 7. Міхно Ю.О. Аналіз небезпечних режимів роботи холодильних машин / Ю.О. Міхно, О.В Кулаков // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2007. – №5. – С. 146 – 150.
 8. Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2008 році : Національна доповідь / [авт.–упоряд. Ю.Ю.Колесніченко]. – К.: Чорнобильінтерінформ, 2009. – 380 с.
 9. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Томас Саати ; пер.с англ. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.
 10. Тарадуда Д.В., Шевченко Р.І. Аналіз існуючої прогностичної бази щодо ризику виникнення аварій на хімічно-небезпечних об'єктах // Матеріали науково-практичної конференції «Об'єднання теорії та практики – запорука підвищення боєздатності оперативно-рятувальних підрозділів». Х.: УЦЗУ, 2008. – С. 166 – 168.
 11. Тарадуда Д.В., Шевченко Р.І. Аналіз та класифікація науково-методичного забезпечення процесу визначення ризиків аварій на хімічно небезпечних об'єктах // Матеріали науково-практичної конференції «Актуальні проблеми наглядково-профілактичної діяльності МНС України». Х.: УЦЗУ, 2008. – С. 44 – 47.

Тарадуда Д.В., Шевченко Р.І., Щербак С.Н.

Определение показателей опасности основных элементов аммиачной холодильной установки с помощью многокритериальной методики оценки и управления риском возникновения аварий

Разработан подход к созданию многокритериальной методики оценки и управления риском возникновения аварии на объектах с аммиачными холодильными установками, и предложена процедура определения показателей опасности основных узлов аммиачной холодильной установки, которые в дальнейшем помогут при определении приоритетов во время процесса управления риском возникновения аварии на объекте контроля

Ключевые слова: аммиак, холодильная установка, оценка риска, потенциально опасный объект, «дерево отказов», экспертная оценка

Taraduda D.V., Shevchenko R.I., Sherbak S.N.

Determination indexes of danger basic elements of ammoniac refrigeration unit by the multicriterion method of estimation and management the risk origin of failures

Going near creation of multicriterion method estimation and management the risk of origin of failure is developed on objects with the ammoniac refrigeration settings and procedure of determination of indexes of danger of basic knots of ammoniac refrigeration unit, which in future will help at determination of priorities during the process of management the risk of origin of failure on the object of control, is offered

Key words: ammonia, a refrigerating machinery, an estimation of the risk, potentially dangerous object, «a tree of refusals», expert estimation

УДК 614.8

*Тесленко А.А., канд. физ.-мат. наук, доц., НУГЗУ,
Олейник В.В., канд. техн. наук, нач. каф., НУГЗУ,
Дудак С.А., преп., НУГЗУ*

ДВУШАГОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ

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

Рассматривается методология оценки опасности объектов, состоящая из двух этапов. Сначала строится имитационная модель объекта. Затем модель изучается с целью определения опасности объекта, который она представляет. При необходимости возможна частичная оптимизация объекта с целью понижения его опасности.

Ключевые слова: модель, оптимизация, объект повышенной опасности, категория, взрывобезопасность, идентификация

Постановка проблемы. Бесперывное расширение масштабов хозяйственной деятельности человека сопровождается неуправляемой динамикой роста производства, которое приводит к частому возникновению техногенных ситуаций, что характеризуется резким отклонением от норм явлений и процессов. Они сопровождаются катастрофами и авариями с многочисленными человеческими жертвами, огромными материальными потерями и нарушением условий жизнедеятельности [1,2].

После Чернобыльской катастрофы произошла переоценка системы взглядов на безопасность. Стало очевидным, что для развития теории безопасности необходимо усовершенствование системы оценки и прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Наряду с этим для принятия эффективных управленческих решений необходима количественная информация об уровнях опасностей и угроз и их зависимости от разных факторов. Для получения такой информации необходим специальный инструментарий: модели, методики, законодательно-нормативные документы.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросам управления в условиях чрезвычайных ситуаций и построения информационных систем поддержания принятия решений в условиях ЧС, посвящены исследования и публикации многих русских ученых и специалистов - А.Н. Елохина, А.В. Измалкова, Р.З. Хамитова, В.Г. Крымского и других. В последние годы за границей активно развиваются научно-практические работы в области риск-менеджмента, среди которых можно выделить работы Дж. Апосталакиса, Л. Гуоссена, С. Гуаро, Р. Кука, Х. Кумамото, Ф. Лисса, В. Маршалла, Г. Сейвера, Е. Хенли.

Довольно широкое применение среди информационных систем прогнозирования возможных чрезвычайных ситуаций в разнообразных областях нашло имитационное моделирование. К наиболее известным системам следует отнести:

- компьютерную систему для моделирования поступления в окружающую среду и распространение химических веществ - компонентов отработанных газов автотранспорта [3];
- компьютерную систему для оценки рисков [4];
- мощную компьютерную систему для оценки радиационных и химических рисков Министерства энергетики США [5];
- инструменты для оценки экологического риска [6];

Среди русскоязычных компьютерных программ и систем в области имитационного моделирования чрезвычайных ситуаций на опасных объектах следует отметить следующие [7]:

- медико-экологическая информационная система "Медекориск - АТМОСФЕРА", что представляет собой специализированный пакет, который позволяет оценивать риск для здоровья, связанный с загрязнением атмосферного воздуха. Данный пакет разработан для системы лабораторного мониторинга качества атмосферного воздуха. Также была выпущена версия для включения в проекты Arc View GIS, а также для работы с программными

продуктами, которые осуществляют расчет полей приземных концентраций от источников выброса промышленных предприятий;

- - программа "Оценка риска", которая дает возможность относительно определения радиусов зон поражения при действии: чрезмерного давления в фронте воздушной ударной волны при взрыве, теплового излучения пожаров разлива ЛВЖ и ГВ на человека и графического представления результатов расчета;

- - программа "Оценка убытка" позволяет количественно оценить: экономические убытки от аварий на опасных производственных объектах; убытки при расследовании аварии на опасном производственном объекте, при разработке декларации промышленной безопасности, страховании ответственности организаций, которые эксплуатируют опасные производственные объекты;

- - программа "ТОКСИ" позволяет определить: количество химически опасных веществ, которые поступили в атмосферу при разных сценариях аварии, пространственно-временное поле концентрации химически опасных веществ в атмосфере, размеры зон химического и графически представить результаты расчета [8] и др.

Постановка задачи и ее решение. Во всех вышеперечисленных работах решался вопрос прогнозирования возможных чрезвычайных ситуаций в разнообразных областях, но для имитационного моделирования процессов использовались устаревшие подходы и языковые структуры. Это ограничивает возможность использования этих разработок в других областях и снижает их эффективность.

Представленный научно-исследовательский подход [10-13] в целом решает те же вопросы, но в отличие от вышеупомянутых работ, в данном подходе компьютерные имитационные модели разрабатываются не путем создания компьютерных программ на существующих языках программирования, а двухэтапным путем. Сначала создается язык имитационного моделирования для конкретного применения. Потом, с помощью этого языка создаются необходимые имитационные модели. (Подход к решению конкретной задачи то же двухэтапный. Сначала создается подходящая имитационная модель, на соответствующем языке, потом она исследуется подходящими методами в требуемых целях.) Такой подход позволяет привлечь к разработке имитационных моделей специалистов предметной области, которые не являются специалистами в программировании. Таким образом, специалисты пред-

метной области приближаются к разработке имитационных моделей, которая разрешит поднять моделирование на принципиально новый уровень.

Для решения этой задачи используется имитационное моделирование технологических процессов с целью уменьшения последствий возможных аварий на базе созданного комплекса программных средств.

Специфические трудности моделирования для задач, связанных с мероприятиями по уменьшению вероятности возникновения аварий, состоят в:

- - идентификации всех возможных источников риска для здоровья населения и окружающей среды в пределах исследуемого объекта;
- - анализе и выделении приоритетных источников риска;
- - анализе и оценке приоритетных источников риска по вероятности возникновения опасного события и последствиям реализации возможного опасного события.

Концепция моделирования в данном случае должна базироваться на двух главных принципах:

- - доступность и возможность для пользователя проведения в рамках единой программной системы всех классических этапов имитационных исследований;
- - возможность работы с данными инструментальными средствами для максимально широкого круга специалистов с помощью простого и удобного конструирования исследуемой системы из базовых «кирпичей».

Задача, которая поставлена в разработке данного направления исследований, заключается в попытке объединения моделей, которые описывают категорирование, идентификацию и химическое заражение местности. Интересным в этой работе есть согласования результатов расчетов за этими тремя направлениями и поиск корреляции между ними.

С точки зрения принципиальной возможности прогнозирования техногенных аварий и рекомендуемых изменений объекта наличие программного обеспечения не является обязательным, т.е. не имеет принципиального значения. Однако, для оптимизации необходим большой объем вычислений. Трудно поверить в хорошее качество оптимизации «вручную» даже при минимальной сложности объекта и целей оптимизации. В настоящей работе представлен опыт оптимизации минимально сложного объекта.

Определены объемы трудозатрат и качество оптимизации. Для решения задачи впервые использован проблемно-ориентированный язык программирования для моделирования задач в области чрезвычайных ситуаций, предложенный в работах [9-13]. В данной статье предлагается пример исследования основанный на макро-парсере объединяющем три языка, соответствующих интерпретаторам «Категория», «Идентификация», «Химическое заражение» [9-13]

Рассмотрим достаточно простой пример частичной оптимизации (или рационализации), однако такой, чтобы он мог показать возможность решения сложных задач. Предположим, на некотором предприятии имеется два помещения (будем называть их помещение 1 и помещение 2), в которых находятся две разновидности оборудования: установки типа 1 и установки типа 2. Для простоты будем считать, что в технологическом процессе отсутствуют трубопроводы, вентиляции и т. п. В помещении 1 находятся 3 установки типа 1 и 2 установки типа 2. В помещении 2 находятся 2 установки типа 1 и 4 установки типа 2. Объем помещения 1 - 1000 м³, объем помещения 2 - 2000 м³. В установке 1 используется единственное вещество бутилен (0.3 кг), в установке 2 ацетон, (СН₃СОСН₃ – 1.3 кг). Предположим, принято решение заменить отработавшие свой ресурс установки типа 1 и 2 на установки, большей вместимости. В помещении 1 это по одной установке типа 1 и 2. В помещении 2 это одна установка типа 1 и две установки типа 2. Установки будут изготавливаться на опытном заводе этого же предприятия. Требуется определить вместимость этих установок в следующих условиях. Опытный завод будет изготавливать серию единичных установок (имеющих один объем) каждой разновидности. Требуется увеличить вместимость установок так, чтобы помещения не попали в категории «А» и «Б».

Полный текст программы для определения категорий помещений в данном случае многократно выполнялся модулем оптимизации Optim, описанным и доступным в [11]. В каждом этапе выполнения программа модифицируется так, что переменным Маса_ГГ#1 и Маса_ГГ#2 присваивались случайные значения из диапазона 0.1 – 7кг, которые и определяют максимальную загрузку аппаратов после реконструкции. Функция цели была сформирована таким образом, чтобы минимизировать отличие избыточного давления взрыва от 5 кПа при максимальных значениях Маса_ГГ#1 и Маса_ГГ#2.

$$\alpha = K_0 \cdot ((5 - \Delta P_1)^2 + (5 - \Delta P_2)^2) + K_1 / (\text{Маса_ГГ\#1})^2 + K_2 / (\text{Маса_ГГ\#2})^2$$

где α - функция цели, K_0 , K_1 , K_2 – весовые коэффициенты, ΔP_1 , ΔP_2 - избыточное давление взрыва в первом и втором помещении соответственно, определяемое по алгоритмы описанному в [14].

В результате решения данной задачи определено, что при заданных условиях оптимальная вместимость установки 1 - 1.46 кг, установки 2 - 1.32 кг (рис.1). Из рис.1 видно, что оптимизация происходит по двум переменным, которые меняются от 0.1 до 7кг. Используется метод случайного поиска с обучением. Для поиска всех экстремумов применяется мультистарт. Точность нахождения результата оценивается на основе средней величины последних трех шагов и близка к точности арифметических результатов (т.е. не хуже 10^{-13} кг).

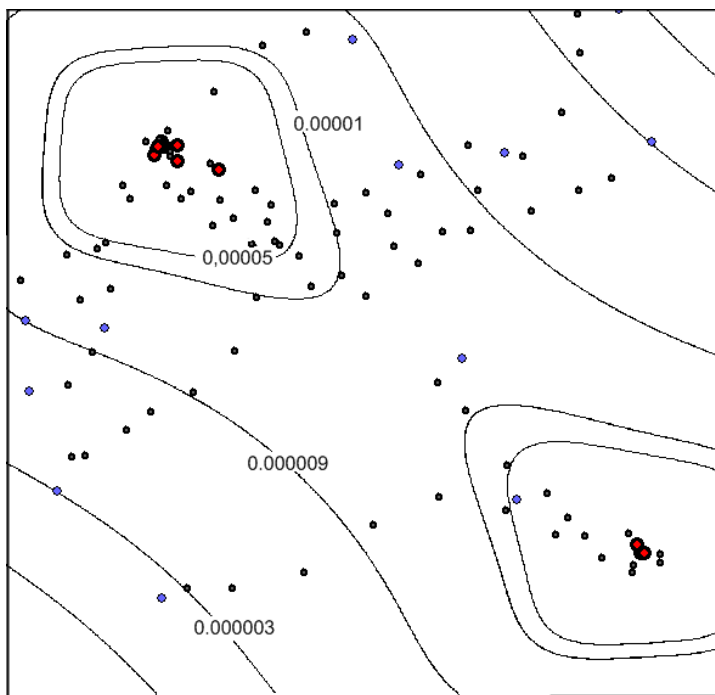


Рис. 1 – Построение изолиний

Рассмотренный пример относительно прост. Он взят исключительно для наглядности. На рисунке 1 демонстрируются особенности оптимизационного процесса в рамках средств разработанного авторами программного обеспечения. На рисунке (окно с линиями уровня) представлен один из двух действующих вариантов рисования линий уровня, который является более скоростным

и допускающим совместное рисование картины линий уровня и отображение хода оптимизационного процесса. Отображение линий уровня в таком варианте в данной версии программы несколько дефектно, что видно из рисунка.

Выводы. Рассмотренная двухэтапная методология оценки опасности объектов является эффективно работающей. При необходимости, позволяет быстро повторять процедуру оценивания для различных вариантов устройства объектов, что позволяет находить рациональные решения, исходя из конкретно поставленных задач. Предусмотрено применение средств оптимизации. Приспособленные под данную двухэтапную методологию средства позволяют проводить частичную оптимизацию. В некоторых случаях конкретно заданной функции цели возможно полная оптимизация.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. 8.06.2000 р.
2. Абрамов Ю.О., Грінченко Є.М., Кірючкін О.Ю та інші. Моніторинг надзвичайних ситуацій. Підручник. Вид-во: АЦЗУ м. Харків, 2005,- 530 с.
3. CALINE 4 Software - Caltrans Division of Environmental Analysis. <http://www.dot.ca.gov>.
4. alpha CARES - Cumulative and Aggregate Risk Assessment Evaluation System - <http://alphaCARES.org>.
5. RESRAD Codes - потужна комп'ютерна система для оцінки адіаційних і хімічних ризиків Міністерства енергетики США - <http://web.ead.anl.gov>.
6. Ecological Risk Analysis Tools and Applications - інструменти для оцінки екологічного ризику - <http://www.hsrdr.ornl.gov>.
7. Стоєцький В.Ф., Дранишников Л.В., Єсипенко А.Д. Управління техногенною безпекою об'єктів підвищеної небезпеки. Тернопіль: Видавництво Астон, 2005. 408 с.
8. Гуц А.К., Коробицын В.В., Лаптев А.А., Паутова Л.А., Фролова Ю.В. Социальные системы. Формализация и компьютерное моделирование. Учебное пособие. - Омск: Омск. гос. ун-т, 2000. - 160 с.

9. Тесленко О.О., Михайлюк О.П., Олейник В.В. Досвід застосування імітаційного моделювання до ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки/ Зб. Наук. Пр. УЦЗ України «Проблеми надзвичайних ситуацій». Вип.. 7 – Харків: УЦЗУ, 2008, - С.139-14.
10. Тесленко А.А., Михайлюк А.П., Олейник В.В. К вопросу использования имитационного моделирования при прогнозировании последствий выброса опасных химических веществ при авариях на промышленных объектах./ Зб. Наук. Пр. УЦЗ України «Проблеми надзвичайних ситуацій». Вип.. 8, – Харків: УЦЗУ, 2008, - С.194-198.
11. <http://www.emergencemodeling.narod.ru/>
12. <http://www.predictionmodels.narod.ru/>
13. Тесленко О.О., Михайлюк О.П., Олейник В.В. Досвід застосування імітаційного моделювання до ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки/ Зб. Наук. Пр. УЦЗ України «Проблеми надзвичайних ситуацій». Вип.. 7 – Харків: УЦЗУ, 2008, - С.139-14.
14. НАПБ Б.03.002.-2007 Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою.

Тесленко О.О., Олейник В.В., Дудак С.О.

Двокроковий підхід до оцінки небезпеки об'єктів

Розглядається методологія оцінки небезпеки об'єктів, що складається з двох етапів. Спочатку створюється імітаційна модель об'єкта. Потім модель вивчається з метою визначення її небезпеки. При необхідності можлива часткова оптимізація об'єкта з метою зниження його небезпеки.

Ключові слова: модель(оптимізація), об'єкт підвищеної небезпеки, категорія, вибухобезпека, ідентифікація

Teslenko A.A., Oleynik V.V., Dudak S.A.

The approach by two steps to objects danger estimation

The methodology of estimation of danger of objects that consisting of two stages is considered. The simulation model of object is built at first. Then a model is studied with the purpose of determination of her danger. Partial optimization of object is possible with the purpose of lowering of his danger if necessary.

Key words: model, the object of the increased danger, category, explosion safety

*Толкунов І.О., ст. преп., НУЦЗУ,
Попов І.І., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ*

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ ПОЛІВ
КОНЦЕНТРАЦІЇ АЕРОІОНІВ У ПОВІТРЯНОМУ СЕРЕДОВИЩІ
ПРИМІЩЕНЬ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МНС УКРАЇНИ**
(представлено д-ром техн. наук Яковлевою Р.А.)

На основі аеродинамічних розрахунків розподілу повітря в приміщеннях спеціального призначення МНС України, проведені теоретичні дослідження розповсюдження аероіонів в основній ділянці потоків іонізованого повітря та запропонована математична модель, яка описує ці процеси

Ключові слова: аероіон, аероіонізація, коронний аероіонізатор, нормативний аероіонний режим, штучна іонізація повітря, керований генератор аероіонів, приміщення спеціального призначення МНС України

Постановка проблеми. Мінімально необхідний рівень концентрації легких аероіонів (AI) у приміщеннях спеціального призначення МНС України (ПСП) може бути забезпечений оптимізацією архітектурно-будівельних факторів, таких як кратність повітрообміну, об'ємно-планувальні параметри, будівельні матеріали, що використовуються в огороджуючих конструкціях та оздобленні тощо [1]. Для отримання більш високих концентрацій легких AI , характерних для оптимального аероіонного режиму, необхідне їх штучне продукування за допомогою спеціальних приладів. Апарати, за допомогою яких здійснюється штучна іонізація повітря, називаються аероіонізаторами або генераторами аероіонів. Реалізація методів штучної аероіонізації в ПСП потребує знання конкретних даних про розподіл концентрацій аероіонів в повітряному середовищі мешкання при певних способах організації повітрообміну, отримання яких експериментальним шляхом пов'язано зі значними труднощами, а теоретична задача про розподіл AI в повітряному середовищі вентиляованих приміщень на теперішній час потребує вирішення в формі, яка була б зручною для практичного використання [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз способів нормалізації іонного складу повітряного середовища доводить, що нормативний аероіонний режим в ПСП найбільш ефективним чином може бути реалізований шляхом подачі в приміщення штучно іонізованого повітря за допомогою стаціонарних коронних аероіонізаторів, що вмонтовані в систему життєзабезпечення (СЖЗ), як найбільш ефективного варіанту в медико-технічному та економічному відношенні [3].

В цьому випадку аероіонний режим залежить від організації повітрообміну, який забезпечується встановленими СЖЗ, та в значній мірі визначається способом розподілу повітря в приміщенні, а розрахунки по визначенню концентрації АІ в робочій зоні ведуться з урахуванням властивостей і закономірностей приточних струменів для умов їх прямого впливу [4]. В той же час, закономірності процесу іоноутворення і створення нормативного аероіонного режиму повітряного середовища ПСП потребує подальшого дослідження [5].

Постановка завдання та його вирішення. Компактні турбулентні струмені утворюються при випуску повітря з приточних отворів з невеликим співвідношенням розмірів сторін: циліндричних труб, круглих і прямокутних отворів як відкритих, так і закритих решітками, перфорованими листами тощо [6].

У зв'язку з цим, метою даного дослідження являється продовження теоретичних досліджень, які були представлені в роботі [7] та стосувалися математичної інтерпретації процесів турбулентного переносу аероіонів в початковій ділянці потоків повітря в ПСП. Дана робота передбачає математичне моделювання процесів турбулентного переносу АІ в основній ділянці потоків повітря в приміщеннях спеціального призначення МНС України.

Використовуючи схему на рис. 1, яка розглядалася в [7], встановимо закономірності розподілу концентрації аероіонів в основній ділянці компактного струменя, який витікає з тонкої труби.

Формулу для розрахунку осьової швидкості в основній ділянці струменя запишемо у вигляді

$$V_x = \frac{mV_0\sqrt{F_0}}{x}, \quad (1)$$

де V_0 – швидкість витоку приточного повітря, м/с; F_0 – площа приточного отвору, м²; x – відстань від приточного отвору до певної то-

чки на осі струменя, м; m – аеродинамічна характеристика приточного струменя, яка визначає темп затухання швидкості по довжині струменя, визначається із співвідношення

$$m = \frac{\theta\phi}{c\sqrt{\pi}};$$

c – експериментальна постійна, вірогідне значення якої дорівнює 0,082; π – математична константа, дорівнює 3,14; θ – коефіцієнт, який враховує неізотермічність струменя, визначається із співвідношення

$$\theta = \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_\infty}};$$

ρ_0 – масова щільність повітря, яке витікає, кг/м³; ρ_∞ – масова щільність оточуючого повітря, кг/м³; ϕ – коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу швидкості руху повітря по площі приточного отвору, визначається із співвідношення

$$\phi = \left[\int_0^1 \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 d \frac{F}{F_0} \right]^{1/2};$$

V – швидкість руху повітря в довільній точці струменя, яка задана координатами x та r , м/с; r – радіальна відстань від осі струменя до довільної точки в його об'ємі, м; dF – елементарна площа поперечного перетину струменя, в межах якої швидкість однакова, м².

Сумісне рішення (3) із [7] та (1) дозволяє отримати значення швидкості в будь-якій точці основної ділянки струменя

$$V = \frac{mV_0\sqrt{F_0}}{x} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{r}{cx} \right)^2 \right]. \quad (2)$$

При розрахунку швидкості руху повітря нижня межа застосування формул (4) з [7] та (2) визначається довжиною початкової ділянки $x_{поч}$, яка для компактного струменя дорівнює

$$x_{\text{ноч}} = m\sqrt{F_0}. \quad (3)$$

Розподіл надлишкових концентрацій AI в основній ділянці компактного струменя для випадку біполярної іонізації ($n_0^- > n_0^+$) з урахуванням прийнятих в [7] допущень буде описуватися системою рівнянь

$$\begin{cases} \rho_0 V_0^2 F_0 = \int_0^\infty \rho V^2 dF \\ n_p^- V_0 F_0 = \int_0^\infty n^- V dF + \int_{x_p}^x dx \int_0^\infty \left[\alpha n^- n^+ + \frac{qk^- n^-}{\varepsilon \varepsilon_0} (n^- - n^+) \right] dF \\ n_p^+ V_0 F_0 = \int_0^\infty n^+ V dF + \int_{x_p}^x dx \int_0^\infty \alpha n^- n^+ dF \end{cases} \quad (4)$$

де x_p – відстань по осі струменя від приточного отвору до робочої зони, м (рис. 1) [7]; n_p^\pm – надлишкова концентрація легких аероіонів негативної та позитивної полярності в робочій зоні, м^{-3} ; n^\pm – надлишкова концентрація легких аероіонів негативної та позитивної полярності в довільній точці приточного струменя, м^{-3} ; α – коефіцієнт рекомбінації легких аероіонів; q – елементарний заряд, Кл; k^- – електрична рухливість негативних легких аероіонів, $\text{м}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$; ε – відносна діелектрична постійна повітря, Ф/м; ε_0 – електрична постійна, Ф/м; dx – елементарна відстань, в межах якої швидкість руху повітря в приточному струмені однакова, м.

В загальному випадку система (4) не вирішується в квадратурах, а часткові рішення системи залежать від співвідношення постійних величин і початкових умов, які входять в неї.

Визначимо розподіл надлишкових концентрацій AI в основній ділянці компактного струменя для випадків, що найбільш часто зустрічаються в практиці штучної аероіонізації.

Для випадку біполярної іонізації ($n_0^- > n_0^+$), коли можна не враховувати вплив ефектів електростатичного розсіювання, система (4) має вигляд

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho_0 V_0^2 F_0 = \int_0^{\infty} \rho V^2 dF \\ n_p^- V_0 F_0 = \int_0^{\infty} n^- V dF + \int_{x_p}^x dx \int_0^{\infty} \alpha n^- n^+ dF \\ n_p^+ V_0 F_0 = \int_0^{\infty} n^+ V dF + \int_{x_p}^x dx \int_0^{\infty} \alpha n^- n^+ dF \end{array} \right. \quad (5)$$

Подібність процесів перенесення тепла і домішок в приточних струменях дозволяє характеризувати зміну надлишкових концентрацій аероіонів по довжині струменя без врахування впливу ефектів електростатичного розсіювання і рекомбінації комплексом коефіцієнтів l

$$l = \frac{(1 + \sigma)\theta}{2\sqrt{\pi c \varphi}}. \quad (6)$$

де σ – експериментальна постійна, вірогідне значення якої дорівнює 0,8.

Для ізотермічних струменів, що витікають з рівномірною швидкістю, коли $\theta = \varphi = 1$, маємо

$$m = 6,88 \text{ та } l = 6,2. \quad (7)$$

Для існуючих систем розподілу повітря значення коефіцієнта m практично завжди більше значення коефіцієнта l . Це дозволяє визначити відстань до робочої зони x_p у вигляді

$$x_p = l\sqrt{F_0} \quad (\text{при } x_p < x_{\text{поч}}). \quad (8)$$

Тоді в (5) концентрації $AI n_p^\pm$ в перехідному перетині струменя визначаються із співвідношень (14), (15) з [7] та (8)

$$n_p^+ = n_{l\sqrt{F_0}}^+ = \frac{\Delta n_0}{\frac{1}{K_y} \exp\left(\alpha \Delta n_0 \frac{l\sqrt{F_0}}{V_0} - 1\right)} \quad (9)$$

та

$$n_p^- = n_{l\sqrt{F_0}}^- = \frac{\Delta n_0}{1 - K_y \exp\left(-\alpha \Delta n_0 \frac{l\sqrt{F_0}}{V_0}\right)}; \quad (10)$$

де K_y – коефіцієнт уніполярності легких AI , $K_y = \frac{n_0^+}{n_0^-}$; n_0^\pm – надлишкова концентрація легких позитивних і негативних AI на початку витоку, m^{-3} ; Δn_0 – різниця надлишкових концентрацій легких позитивних і негативних AI на початку витоку, m^{-3} , $\Delta n_0 = n_0^+ - n_0^-$.

У рівняннях системи (5) елементарна площа dF уявляє собою елементарне кільце радіусом r і шириною dr

$$dF = 2\pi r dr. \quad (11)$$

Використовуючи співвідношення (3), (8) з [7] та (6), (11), шляхом відповідних перетворень рівнянь системи (5) отримуємо

$$\begin{cases} n_x^+ = n_x^- - \frac{\Delta n_0 l \sqrt{F_0}}{x} \\ n_x^- = -\frac{V_0 \sigma \sqrt{F_0}}{\alpha \pi c^2 l} \left[\frac{1}{x^2} + \frac{(n_x^+)' }{x n_x^+} \right] \end{cases} \quad (12)$$

Вирішуючи систему (12) з початковими умовами (9) та (10), знаходимо розрахункові формули для визначення надлишкових концентрацій негативних та позитивних легких AI на осі компактного ізотермічного струменя при рівномірному витоку ($n_0^- > n_0^+$)

$$n_x^- = \frac{\Delta n_0 l \sqrt{F_0}}{x \left\{ 1 - K_y \exp \left[-\frac{\alpha \Delta n_0}{V_0} \left(\frac{\pi c^2 l^2}{\sigma} x + l \sqrt{F_0} - \frac{\pi c^2 l^2}{\sigma} l \sqrt{F_0} \right) \right] \right\}} \quad (13)$$

та

$$n_x^+ = \frac{\Delta n_0 l \sqrt{F_0}}{x \left\{ \frac{1}{K_y} \exp \left[\frac{\alpha \Delta n_0}{V_0} \left(\frac{\pi c^2 l^2}{\sigma} x + l \sqrt{F_0} - \frac{\pi c^2 l^2}{\sigma} l \sqrt{F_0} \right) \right] - 1 \right\}}. \quad (14)$$

Для випадку біполярної іонізації з коефіцієнтом уніполярності $K_y = 1$ ($n_0^+ = n_0^- = n$) система (12) має вигляд

$$\begin{cases} n_x^- = n_x^+ \\ n_x^+ = -\frac{V_0 \sigma \sqrt{F_0}}{\alpha \pi c^2 l} \left[\frac{1}{x^2} + \frac{(n_x^+)' }{x n_x^+} \right]. \end{cases} \quad (15)$$

Вирішуючи (15) з початковими умовами

$$n_p^\pm = \frac{n_0^\pm}{1 + \alpha n_0^\pm \frac{l \sqrt{F_0}}{V_0}} \text{ при } x_p = l \sqrt{F_0}, \quad (16)$$

отримуємо

$$n_x^\pm = \frac{n^\pm l \sqrt{F_0}}{x \left(n_0^\pm \frac{\alpha \pi c^2 l^2}{\sigma} \frac{x}{V_0} + \alpha n_0^\pm \frac{l \sqrt{F_0}}{V_0} - n_0^\pm \frac{\alpha \pi c^2 l^2}{\sigma} \frac{l \sqrt{F_0}}{V_0} + 1 \right)}. \quad (17)$$

При уніполярній іонізації повітря розподіл надлишкових концентрацій аероіонів в основній ділянці струменя визначатиметься співвідношеннями

$$\begin{cases} I_x = I_0 \\ \frac{n_0^\pm}{1 + \frac{qk^\pm}{\varepsilon_0 \varepsilon} n_0^\pm \frac{x_p}{V_0}} = \int_0^\infty n^\pm V dF + \int_{x_p}^x dx \int_0^\infty \frac{qk^\pm}{\varepsilon_0 \varepsilon} (n^\pm)^2 dF, \end{cases} \quad (18)$$

де I_x – кількість руху секундної маси повітря у всіх перетинах струменя, або поточний імпульс, $\text{кг}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$; I_0 – кількість руху початкової маси приточного повітря в струмені, або початковий імпульс $\text{кг}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Рішення (18) для випадку негативної (позитивної) уніполярної аероіонізації з початковими умовами

$$n_p^\pm = \frac{n_0^\pm}{1 + \frac{qk^\pm}{\varepsilon_0\varepsilon} n^\pm \frac{l\sqrt{F_0}}{V_0}} \text{ при } x_p = l\sqrt{F_0}, \quad (19)$$

дає значення надлишкової концентрації аероіонів на осі основної ділянки компактного струменя

$$n_x^\pm = \frac{n_0^\pm l \sqrt{F_0}}{x \left(n_0^\pm \frac{qk^\pm}{\varepsilon_0\varepsilon} \frac{\pi c^2 l^2}{\sigma} \frac{x}{V_0} + n_0^\pm \frac{qk^\pm}{\varepsilon_0\varepsilon} \frac{l\sqrt{F_0}}{V_0} - n_0^\pm \frac{qk^\pm}{\varepsilon_0\varepsilon} \frac{\pi c^2 l^2}{\sigma} \frac{l\sqrt{F_0}}{V_0} + 1 \right)}. \quad (20)$$

Висновки. На основі аеродинамічних розрахунків розповсюдження потоків іонізованого повітря та закону збереження електричного заряду запропонована математична модель, яка описує процеси розподілу аероіонів в приміщеннях спеціального призначення при різних способах організації повітрообміну.

Отримані аналітичні співвідношення, що визначають розподіл надлишкової концентрації негативних та позитивних AI в межах основної ділянки приточного струменя, які можуть бути використаними для приточних отворів, які мають невеликі розміри та розташовані на відносно невеликій відстані від робочої зони.

Необхідні комплексні дослідження сумісного впливу на процеси формування полів концентрації аероіонів в ПСП джерел природної та штучної іонізації повітря, а також інженерна інтерпретація результатів цих досліджень в формі, зручній для практичного використання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шилкин А.А., Соловьев С.П. Рекомендации по совершенствованию аэроионного режима внутренней среды общественных

- зданий / А.А. Шилкин, С.П. Соловьев. – М.:ЦНИИЭП учебных зданий, 1982. – 36 с.
2. 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.
 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 // Проблеми 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. Толкунов И.А. Теоретическое исследование процессов переноса аэроионов в потоках воздуха в помещениях специального назначения МЧС Украины / И.А. Толкунов, И.И. Попов, В.В. Барбашин // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2010. – №11. – С.137-145.

Толкунов И.А., Попов И.И.

Моделирование процессов формирования полей концентрации аэроионов в воздушной среде помещений специального назначения МЧС Украины

На основе аэродинамических расчетов распределения воздуха в помещениях специального назначения МЧС Украины, проведено теоретическое исследование распространения аэроионов на основном участке потоков 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

Tolkunov I.A., Popov I.I.

Pour the design of forming processes the concentration of aeroions in the air environment of apartments of the special setting 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 on the basic area of streams of the ionized air and a mathematical model, describing these processes, is offered

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 [556.114:574.63] (285.33)

*Третьяков О.В., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ,
Пономаренко Р.В., ад'юнкт, НУЦЗУ*

**ЗАСТОСУВАННЯ СТРУКТУРИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ВИНИКНЕННЯ,
РОЗВИТКУ І ПРОТИДІЇ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ
ЗА УЧАСТЮ ОБ'ЄКТІВ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ**

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

Проведений аналіз дієвості підходу структуризації процесів розвитку та протидії надзвичайним ситуаціям та виявлено можливі шляхи пристосування його для природно-техногенних надзвичайних ситуацій, які можуть виникнути на об'єктах питного водопостачання, з метою їх уникнення

Ключові слова: надзвичайні ситуації, ресурс захисту, іонообмінні матеріали, технологія виробництва питної води

Постановка проблеми. Підвищення ефективності управління заходами запобігання і реагування на надзвичайні ситуації (НС) стає все більш актуальною задачею для органів та підрозділів Міністерства з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи (МНС), у зв'язку із зростанням втрат і витрат внаслідок тяжких аварій та стихійних лих. Можливості традиційних підходів до забезпечення надійності виробничих процесів і фізичного захисту населення у потенційно небезпечних регіонах об'єктивно обмежені наявними

ресурсами на їхню реалізацію. Тому в умовах ризику виникнення і небезпеки НС потрібна більш ефективна мобілізація ресурсів захисту, а також більш раціональне їх використання у запобіжних, рятувальних і відновлювальних заходах. Відповідно в цих умовах зростають вимоги до оперативності і обґрунтованості управлінських рішень, оскільки будь-які зволікання чи нераціональні дії неминуче призводять до збільшення втрат і витрат. Однак зазначені вимоги взаємно суперечливі. Для підвищення оперативності рішень необхідно зменшувати витрати часу на збір, обробку і надання необхідної вихідної інформації, а для підвищення їх обґрунтованості — збільшувати часові витрати. Традиційні технології управління не спроможні розв'язати це протиріччя [1, 2].

Управління регіональною безпекою є по суті процесом підготовки, прийняття і контролю виконання рішень щодо захисту населення, господарських об'єктів і природного середовища регіону від НС різного походження. Цей процес є загальноприйнятим, тобто по суті має схожий алгоритм виконання, для різних галузей промисловості в Україні, але для більш ефективного функціонування необхідна його конкретизація відповідно до специфіки виробничого процесу. В першу чергу, для об'єктів питного водопостачання, як об'єктів життєзабезпечення населення, потенційно небезпечних об'єктів, а також з метою виконання покладених задач на регіональні служби та підрозділи цивільного захисту України (ЦЗ), у зв'язку з їх призначенням, як співвиконавців Загальнодержавної програми «Питна вода України на 2006-2020 рр.» Якісне удосконалення управління регіональною безпекою досягається шляхом системного використання математичних моделей і методів, комп'ютерно-телекомунікаційних засобів і технологій.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Практичним підтвердженням ефективності такого підходу є розробка ряду автоматизованих систем підтримки управлінських рішень з регіональної безпеки. Зокрема, в Україні було створено систему «Інформ-Чорнобиль» [3] для управління комплексними заходами з ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи, а також систему «Центр» [1] для прогнозного моделювання обстановки та управління силами і засобами в зонах хімічного зараження, радіоактивного забруднення, катастрофічних затоплень, сейсмічних руйнувань та ін. Для інформаційного забезпечення заходів по захисту населення і територій від НС техногенного і природного характеру створено першу чергу Урядової інформаційно-аналітичної системи з питань

Застосування структуризації процесів виникнення, розвитку і протидії надзвичайним ситуаціям за участю об'єктів питного водопостачання

НС [4]. На Заході функціонують відомі аналогічні системи IRIS (Німеччина), RIMNET (Великобританія), ARAC (США) та інші, що забезпечують постійний контроль за радіаційно-небезпечними об'єктами, прогнозування та аналіз наслідків можливих чи реальних аварійних ситуацій, інформаційну підтримку захисних заходів.

Потреба єдиного науково обґрунтованого підходу до комплексної автоматизації інформаційних процесів в ієрархічній структурі управління захисними заходами в умовах ризику і небезпеки НС різного походження розглянута в роботі [1]. Формалізований опис процесів розвитку і протидії НС відображається, як встановлення системоутворюючих причинно-наслідкових зв'язків між джерелами небезпеки, об'єктами ураження і ресурсами захисту. Оскільки ці казуальні зв'язки призводять до зміни станів і властивостей взаємодіючих компонентів, застосовують подієвий підхід для їхнього визначення [5, 6, 7]. Подією називається стрибкоподібна зміна властивостей того чи іншого компонента, під час якої він переходить у якісно новий стан. Кожна подія відбувається під впливом взаємозумовлених зовнішніх і внутрішніх факторів. Перші спрямовані на компонент з боку оточуючого його середовища, другі — з середини компонента. За природної властивості кожний компонент або створює опір несприятливим впливам зовнішнього середовища, або навпаки — переходить у стан небезпечний для цього середовища. Результати взаємодії компонентів під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів проявляються у вигляді послідовних подій, що характеризують процеси розвитку і протидії НС. Кожна з цих подій реалізує певний казуальний зв'язок між станом-причиною і одним із можливих станів-наслідків взаємодіючих компонентів.

Постановка завдання та його вирішення. Проведення аналізу дієвості підходу структуризації процесів розвитку та протидії НС та пристосування його для природно-техногенних НС, за участю об'єктів питного водопостачання, з метою вибору дієвого ресурсу захисту для уникнення їх виникнення.

Виходячи з викладеного раніше, можна сказати, що процеси виникнення НС можна представити у загальному вигляді орієнтованим мультиграфом

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

вершини C якого, відповідають якісно різним станам складових компонентів НС, а дуги P — альтернативним подіям, що відбуваються при зміні цих станів.

Кожен компонент у будь-якому стані може породжувати ряд альтернативних подій, які визначають можливі варіанти нових станів цього чи інших компонентів. Складові компоненти НС утворюють взаємозалежну тріаду

$$C = \{V, X, Z\}, \quad (2)$$

де: $V = \bigcup_{\gamma} V_{\gamma}$ — множина джерел небезпеки; $X = \bigcup_{\alpha} X_{\alpha}$ — множина об'єктів ураження; $Z = \bigcup_{\beta} Z_{\beta}$ — множина ресурсів захисту.

Зміна станів цих компонентів відбувається під дією факторів

$$P = \{U, R\}, \quad (3)$$

де U — множина непересічних підмножин вражаючих впливів W і захисних заходів M ; R — множина внутрішніх факторів ураження Q і захисту F .

Будемо вважати, що фактори W і Q викликають переходи компонентів у небажані стани, а фактори M і F — у бажані.

Для побудови графової моделі при застосуванні структуризації процесів виникнення, розвитку і протидії НС за участю об'єктів питного водопостачання було обрано Карачунівський водопровідний комплекс (КВК), який призначено для господарсько-питного водопостачання частини міста Кривого Рогу (населення близько 400 тис. чол.).

Комплекс споруд КВК включає: джерело водопостачання (Карачунівське водосховище); насосні станції I-го підйому; реагентне господарство; блок очисних споруд фільтрувальної станції (камери реакції, горизонтальні відстійники, фільтри, резервуари чистої води); хлораторна первинного і вторинного хлорування; насосні станції II-го підйому; шламонакопичувач. Карачунівське водосховище утворено на злитті річок Інгулець, Бічна і Боковенька і має проектний об'єм — 308,5 млн. м³.

Побудову графової моделі проводили у три етапи. На першому етапі розглядалися можливі шляхи попередження виникнення НС, які можуть мати місце при участі об'єктів питного водопоста-

чання, у загрозовий період. Другий та третій етапи враховували наслідки виникнення НС, можливі варіанти рятування та подальшого відновлення об'єктів ураження за участю наявних або альтернативних ресурсів захисту.

Оскільки цивільний захист – це система організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних та протиепідемічних заходів, які здійснюються силами і засобами центральних та місцевих органів виконавчої влади, з метою запобігання та ліквідації НС, які загрожують життю та здоров'ю людей, завдають матеріальних збитків у мирний час і в особливий період, то на першому етапі побудови графової моделі процесу розвитку і протидії НС було проведено структурування факторів, які визначають загрозовий період, а саме всебічне обстеження заданого об'єкту для виявлення альтернативних джерел небезпеки – V_γ ; потенційних об'єктів ураження – X_α ; наявних ресурсів захисту – Z_β .

На початку побудови графової моделі розроблялися можливі сценарії прояву небезпечних факторів, які впливають на стан води в Карачунівському водосховищі та, як наслідок, на стан питної води, що в подальшому може призвести до виникнення НС техногенного характеру пов'язаних з вмістом домішок у воді понад гранично допустимі концентрації.

Для оцінки вихідних станів джерел небезпеки, які можуть виникнути в середовищі об'єктів ураження, було використано показник загрозовості – V^{ρ_γ} . Основні джерела небезпеки, для умов Карачунівського водосховища, було взято з таблиці, взаємозв'язок та можливі сценарії розвитку цих джерел в об'єктах ураження відображено на рисунку.

Структурований вигляд наявності факторів небезпеки наведено у таблиці.

При цьому стан джерел характеризувався за найбільш важкими сценаріями здатності джерел формувати зони ризику (рис.).

Переходи джерел у ці стани спричиняються факторами Q_ρ

$$Q^\rho = V_\gamma \rightarrow \bigcup_{\rho=1}^h X_\alpha^{\rho_\varepsilon} \quad (4)$$

Тут X^{ρ_ε} – показники уразливості, що характеризують можливі погіршення стану води в Карачунівському водосховищі при невиконанні попереджувальних заходів (ρ – зона ураження, ε – попереджувальні заходи). Попереджувальні заходи при цьому пови-

нні бути спрямовані на організацію виробництва питної води з якістю, що відповідає вимогам чинних санітарних норм, в умовах виникнення НС техногенного характеру та існуючою технологією її виробництва.

Таблиця – Структуризація факторів, які визначають загрозовий період для Карачунівського водопровідного комплексу

Джерела небезпеки, V_γ	Об'єкти ураження, X_α	Ресурси захисту, Z_β
V^1_γ – стан притоків водосховища	X^1_α – стан води в водосховищі	Z^1_β – технологічний процес виробництва питної води
V^2_γ – аварії на підприємствах, що скидають води у притоки водосховища	X^2_α – біота водосховища	Z^2_β – організація постачання питної води з інших джерел
V^3_γ – активний розвиток водоростей у водосховищі	X^3_α – питна вода виготовлена за технологією водопровідного комплексу	Z^3_β – створення нового технологічного процесу виробництва питної води *
V^4_γ – замор риби		
V^5_γ – комплекс споруд водопровідного комплексу		
V^6_γ – комунікації постачання питної води		

* - розглядалося, як можливо потенціальний ресурс захисту.

На сьогоднішній день технологія виробництва питної води на КВК є одним з основних існуючих ресурсів, який може бути використаний в якості первинного попереджувального заходу і тим самим запобігти можливості переходу об'єктів ураження в кризовий стан, а в подальшому і після кризовий. Оскільки існуюча технологія виробництва питної води вичерпала свій потенціал щодо її якісного виробництва, як свідчать проведенні нами наукові дослідження [8], то дія джерел небезпеки на об'єкти ураження безумовно призведе до їх переходу в кризовий період, тим самим визначається її не спроможність, як ресурсу захисту попередити виникнення НС техногенного характеру, в умовах КВК.

З вищесказаного випливає, що на сьогоднішній день, при використанні діючої технології виробництва питної води на КВК існує постійна загроза дії вражаючих впливів – W_ρ (5) на населення, внаслідок вживання неякісної питної води.

$$W_{\rho} : V_{\gamma}^{\rho} \times X_{\alpha} \rightarrow \bigcup_{\varepsilon=1}^{\alpha} X_{\alpha}^{\rho\varepsilon} \quad (5)$$

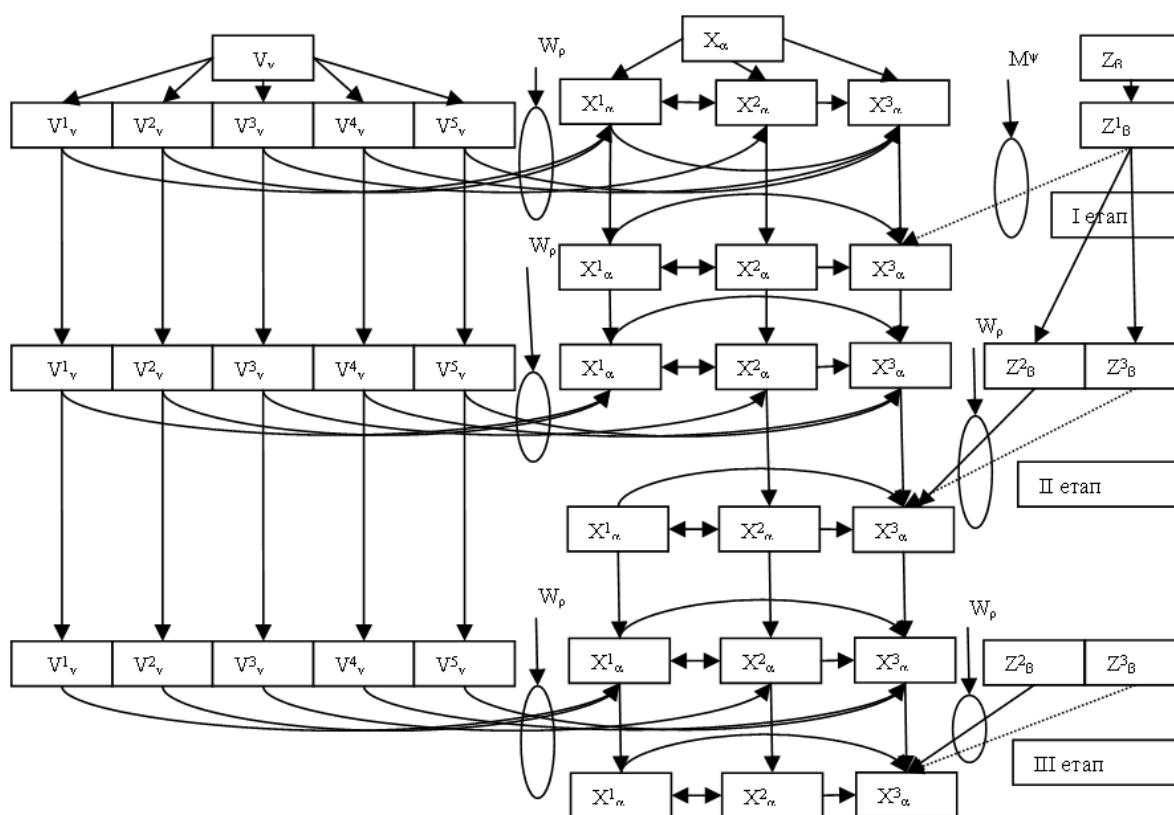


Рис. – Структуризація процесів розвитку та протидії надзвичайним ситуаціям при участі об'єктів питного водопостачання

Під загрозою вражаючих впливів на населення внаслідок вживання не якісної питної води розуміється – інфекційні захворювання, масові отруєння, захворювання на вірусний гепатит А (ВГА), яке за медико-соціальним значенням та економічними збитками посідає одне з провідних місць в інфекційній патології у нашій країні.

Для запобігання можливих втрат необхідно розробити варіантні попереджувальні заходи і відповідні угруповання ресурсів для їхньої реалізації. В цьому випадку такими є:

- організація альтернативного постачання питної води з інших джерел;
- розробка та впровадження принципово нового технологічного процесу виробництва питної води, здатного забезпечити її якість на нормативному рівні в будь який період розвитку надзвичайних ситуацій, будь то загрозливий, кризовий чи після кризо-

вий, та мати необхідний запас технологічної міцності щодо можливого погіршення стану вихідної води.

Після проведення попереджувальних заходів за допомогою існуючих ресурсів захисту визначався новий стан питної води виготовленої з води водосховища залежно від спроможності доведення її до якості, визначеної нормативними документами, за існуючою технологією водопідготовки, як існуючого ресурсу попереджувальних заходів. При цьому оцінка нового стану виконувалася за допомогою показника опірності, що характеризує можливості об'єктів чинити протидію очікуваним вражаючим впливам за допомогою попереджувальних заходів. Переходи об'єктів у нові стани реалізуються під дією зовнішніх факторів у вигляді попереджувальних заходів M_{ψ}

$$M^{\psi} : Z_{\beta}^{\psi} \times X_{\alpha}^{\rho_{\varepsilon}} \rightarrow \bigcup_{v=1}^b X_{\alpha}^{\psi_v} \quad (6)$$

Для зменшення первинних втрат на кризовому чи після кризовому періодах необхідно розробити варіантні рятувальні заходи та встановити необхідні угруповання ресурсів для їхньої реалізації, будь то забезпечення населення привозною питною водою, чи питною водою з інших джерел водопостачання. Ці дії будуть тягнути за собою певні матеріальні витрати, які кількісно вже будуть перевищувати витрати на попереджувальні заходи на першому етапі розвитку НС. Застосування нової технології підготовки питної води, як ресурсу захисту, на даному етапі не можливе, оскільки потребує значних часових витрат на її впровадження.

На сьогоднішній день у випадку виникнення НС техногенного характеру пов'язаних з забрудненням питної води, сили та засоби служби ЦЗ не здатні провести рятувальні або (та) відновлювальні заходи в короткий термін, оскільки в їх розпорядженні не має жодних швидкодіючих ресурсів захисту на місцях. Тому як наслідок органи місцевого управління змушені будуть використовувати альтернативне джерело для забезпечення населення якісною питною водою, а саме організацію постачання питної води виготовленої з інших джерел водопостачання, але це буде пов'язано із значними матеріальними витратами.

Розрахунок можливих витрат з місцевого бюджету на забезпечення питною водою частини населення м. Кривий Ріг під час

виникнення НС техногенного характеру пов'язаних з вмістом домішок у питній воді понад гранично допустимі концентрації, виходячи з середньостатистичної потреби людини в питній воді на добу (біля 5 л) при середній ціні за 1 л привозної води 0,5 грн. та чисельності населення частини міста 400 тис. чол., становитимуть – 1 млн. грн. на добу, без врахування витрат на доставку води у мікрорайони міста.

Проведені нами науково-дослідні дослідження, дозволили розробити нову технологію виробництва питної води в умовах Карачунівського водопровідного комплексу, яка складається з наступних технологічних стадій: коагуляція з додатковим введенням Na_2CO_3 → відстоювання → катіонування на фільтрі з катіонітом КУ-2-8 → декарбонізація → аніонування на фільтрі з аніонітом АВ-17-8 [9]. Реалізація запропонованої технології забезпечує досягнення наступних основних показників якості питної води: $pH = 7,6$, вміст солей жорсткості 0,3 – 0,7 ммоль/л, вміст сульфатів 19 – 32 мг/л, сухий залишок 343 – 472 мг/л. Запропонована технологія забезпечує досягнення цих показників якості питної води навіть при збільшенні у двічі вмісту домішок у воді водосховища.

Для впровадження нової технології виробництва питної води на КВК та використання її як основного ресурсу захисту, як в умовах НС техногенного характеру так і в умовах повсякденного забезпечення населення міста питною водою, якість якої відповідає вимогам санітарних норм, необхідно близько 45 млн. грн. з урахуванням витрат на проектування, закупку обладнання, монтаж, випробовування та додаткові експлуатаційні витрати. Новий технологічний процес виробництва питної води, є основним та дієвим ресурсом захисту, населення від НС за участю об'єкту питного водопостачання.

Висновок. Проведений аналіз дієвості підходу структуризації процесів розвитку та протидії НС дозволив виявити можливі шляхи пристосування його для природно-техногенних НС, які можуть виникнути на об'єктах питного водопостачання, з метою вибору дієвого ресурсу захисту та уникнення їх виникнення. Побудована модель процесів виникнення, розвитку та протидії НС, в умовах КВК, дає змогу досліджувати варіанти прояву джерел небезпеки, оцінювати рівень ризику виникнення тієї чи іншої НС, виявляти найбільш критичні та уразливі компоненти, в тому чи іншому стані об'єктів ураження під впливом джерел небезпеки, а

також розробити адекватні контрзаходи у вигляді впровадження нового технологічного процесу виробництва питної води.

ЛІТЕРАТУРА

1. Биченок М.М. Основи інформатизації управління регіональною безпекою /М. Биченок – К.: ІПНБ РНБОУ, 2005. – 196 с.
2. Концепції Загальнодержавної цільової програми розвитку цивільного захисту на 2009—2013 роки: за станом на 20 серпня 2008 р. / Кабінет Міністрів України. — Офіц. вид. — К. : Парлам. вид-во, 2008. — (Бібліотека офіційних видань)
3. Довгий С. О., Копійка О.В. Автоматизована система для підтримки прийняття рішень при ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС / Довгий С О., Копійка О.В. — К.: Наук. Думка, 2001. — с 211 – 266.
4. Додонов А. Г. Введение в теорию живучести вычислительных систем / Додонов А. Г., Кузнецова М. Г., Горбачик Е. С – К.: Наук, думка, 1990.-180 с.
5. Управление ресурсами в чрезвычайных ситуациях // Механизация и автоматизация упр. — 1991. — № 4. - С. 28-32.
6. Касти Дж. Большие системы. Связность, сложность и катастрофы / Касти — Москва: Мир, 1982. — 216 с.
7. Михалевич В. С, Волкович В. Д., Быченко Н. Н. Проблемы моделирования и управления защитой региона в чрезвычайных ситуациях / В. Михалевич, В. Волкович, Н. Быченко УСиМ. – 1991. –№ 8.- С. 3-12.
8. Третьяков О. В. Розробка технології виробництва питної води високої якості для Карачунівського водопровідного комплексу. / О. В. Третьяков. – Харків: УЦЗУ, 2008. – 76 с (звіт з НДР, Держ. реєстр. 0108U004230).
9. Третьяков О. В. 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).

Третьяков О.В., Пономаренко Р.В.

Применение структуризации процесса возникновения, развития и противодействия чрезвычайным ситуациям с участием объектов питьевого водоснабжения

Проведенный анализ действенности подхода структуризации процессов развития и противодействия чрезвычайным ситуациям и выявлены возможные пути приспособления его для природно-техногенных чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть на объектах питьевого водоснабжения, с целью их избегания

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, ресурс защиты, ионообменные материалы, технология производства питьевой воды

Tretyakov O.V., Ponomarenko R.V.

Application structuring the origin, development and countering emergencies objects with drinking water

The analysis of the effectiveness of the approach of structuring processes of development and combating of emergencies and found ways to adapt it to the natural man-made emergencies that may occur in drinking water supply facilities in order to avoid them

Key words: emergencies, resource protection, ion exchange materials, production technology of drinking water

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*

**АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ НАДІЙНОСТІ ОПЕРАТОРА
ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКОЇ СЛУЖБИ МНС
(представлено д-ром техн. наук Абрамовим Ю.О.)**

Запропоновано аналітичну модель оцінки надійності оператора оперативно-диспетчерської служби, наведено розрахунки, що підтверджують адекватність та практичну значимість моделі

Ключові слова: диспетчер, ймовірність відмови, ресурс роботоспроможності, надійність людини-оператора

Постановка проблеми. Оперативно-диспетчерська служба (ОДС) МНС являє собою складну ергатичну систему, що включає обов'язкові технічну, програмну та особистісну (оператори ОДС)

компоненти. Ефективність роботи ОДС залежить від надійності (роботоспроможності) всіх трьох компонент. При цьому безпомилковість рішень та дій при виконанні функціональних обов'язків операторами ОДС являється головною визначальною умовою щодо забезпечення ефективної діяльності ОДС. Дослідження питань надійності функціонування людини-оператора ОДС є актуальною задачею, що потребує вивчення та розв'язання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанням надійності функціонування комплексів технічних та програмних засобів присвячено достатню кількість наукових публікацій, як вітчизняних так і зарубіжних авторів [1-10]. Властивості надійності, роботоспроможності операторів в складних ергатичних системах вивчені в недостатньому обсязі, що зумовлено еволюційним розвитком таких систем та їх суттєвим ускладненням, особливо в останній час, коли стрімко впроваджуються новітні інформаційні технології. Крім того недостатнє вивчення властивостей людини-оператора в екстремальних ситуаціях зумовлено багатofакторністю та складністю процесів її діяльності, що потребує побудови більш адекватних аналітичних моделей.

Постановка завдання та його вирішення. Кожна з трьох зазначених компонент ОДС МНС, перед безпосереднім застосуванням за призначенням, обов'язково проходить початковий етап свого життєвого циклу: технічні засоби – етап доопрацювання та дослідної експлуатації; програмні засоби - етап від лагодження та тестування; людина-оператор - етап адаптації до майбутньої професійної діяльності. Для оператора даний етап зводиться до навчання визначеній діяльності, адекватній поведінці, або до відпочинку для відновлення розумової та фізичної робото спроможності, тренуванню і т. ін. Інакше – організм людини-оператора володіє більш широким спектром властивостей, загальною рисою яких є можливість навчання, адаптації його до визначеного виду діяльності. Тому і подання безпомилковості діяльності людини - оператора за допомогою аналітичних моделей може бути вельми різноманітним.

Розглядається випадок, побудови аналітичної моделі для ситуації коли відновлення ресурсу роботоспроможності передує його витраті. Така ситуація є характерною для більшості видів діяльності людини-оператора. Ситуація відновлення ресурсу іррегулярно, тобто в процесі діяльності людини – оператора або через невеликі проміжки часу, що характерно для нештатних ситуацій дія-

льності ОДС, потребують побудови багатofакторних моделей і в даній роботі не розглядаються.

Обґрунтовано, з точки зору практичних застосувань, приймемо припущення, що процес навчання людини-оператора (адаптації до майбутньої професійної діяльності) знижує можливість виникнення помилкових дій в майбутньому. В якості кількісної міри такої події приймемо ймовірність попередження відмови організму людини-оператора в процесі його функціональної діяльності за час t . Нехай оператор проходив навчання на протязі відрізку часу τ , за сукупності умов навчання ζ . З фізичних міркувань слідує що значення даної ймовірності має бути тим меншим, чим більший проміжок часу τ і чим жорсткіші вимоги комплексу умов навчання ζ .

В загальному випадку враховуємо, що організм людини-оператора і в процесі навчання (як і в процесі основної функціональної діяльності) може втрачати свою роботоспроможність. Тому умовна ймовірність успішної діяльності оператора за час t , за умови що він на протязі проміжку часу τ навчався в умовах ζ складе

$$P_y = \frac{P(t + x(\tau)\varepsilon)}{P(x(\tau)\varepsilon)}, \quad (1)$$

де $P(t, \varepsilon)$ - безумовна ймовірність успішної діяльності оператора в умовах ε ; $x(\tau)$ - інтервал часу роботоспроможності оператора в умовах ε , який еквівалентний по витраті ресурсу роботоспроможності оператора за час τ в умовах ζ .

Міра еквівалентності може бути перерахована на основі обраної відомої моделі перерахунку величини ресурсу, наприклад [6]. Якщо $x(\tau) = 0$, то при $t = 0$ організм людини-оператора повністю роботоспроможний після закінчення процесу навчання (новий організм). Крива інтенсивності його відмов для цього випадку буде зсунута відносно початкового положення праворуч по вісі часу на величину τ . Фома кривої інтенсивності відмов залишиться незмінною. Якщо $x(\tau) = 0$ то при $t = 0$ організм людини-оператора залишається роботоспроможним, але інтенсивність його відмов в момент $t = 0$ дорівнює інтенсивності відмов в момент τ (старий організм). Зсуву кривої праворуч не відбувається. У випадку частко-

вої втрати роботоспроможності крива інтенсивності відмов зсувається праворуч на величину $x(\tau)$, $0 < x(\tau) \ll \tau$.

З виразу (1) інтенсивність відмови

$$\lambda_o(t, \tau) = \lambda(t + x(\tau), \varepsilon), \quad (2)$$

де $\lambda(t, \varepsilon)$ - інтенсивність відмови при відсутності навчання оператора.

Виходячи з припущень, інтенсивність відмови організму оператора, за умови його навчання, буде мати вид

$$\Lambda(t, \varepsilon) \approx P(\tau, \zeta) \lambda(t + x(\tau), \varepsilon). \quad (3)$$

Таким чином побудова моделі інтенсивності відмови (3) формально зводиться до зменшення безумовної інтенсивності відмови організму оператора $P(\tau, \zeta)$ та зсуву кривої інтенсивності відмов праворуч на величину $x(\tau)$, що відображує процеси навчання та оновлення ресурсу організму людини-оператора.

Якщо (3) розглядати як провідну функцію потоку відмов на вісі часу, то відповідний випадковий процес типу відновлення можна віднести до класу нестационарних процесів квазіпуасонівського типу процесів індексу τ .

В подальшому розгляді підлягає випадок, коли організм людини-оператора після процесу навчання є повністю відновленим. Окрім того, якщо $\lambda(t, \varepsilon) = \lambda(\varepsilon) = \text{const}$, то передісторія існування процесу до моменту часу $t=0$ не впливає на його подальшу поведінку, але інтенсивність відмови, як і раніше, буде зменшуватись в $P_K(\tau, \zeta)$ разів.

Визначимо $P_K(\tau, \zeta)$ як керуючу функцію інтенсивності відмови організму людини-оператора. Визначимо принципи її побудови. Покладемо, що оператор до початку виконання функціональних обов'язків навчався на протязі інтервалу часу τ в умовах ζ . Використавши ансамблеву модель випробувань припустимо що на випробування відібрано N_0 однотипних, за складом функціональних дій, операторів, помилки в роботі яких можуть бути усунені. За час τ можуть бути усунені похибки в діях у $n(\tau)$ операторів. Відповідно, $N_0 - n(\tau)$ - число операторів, похибки яких усунені бути не можуть, а $P_K(\tau) = (1 - n(\tau)) / N_0$ - ймовірність події, що за час

τ похибка оператора усунена не буде. Інтенсивність появи похибки в діях оператора за інтервал часу τ знаходиться як

$$\nu(\tau) = -\frac{P'_K(\tau)}{P_K(\tau)}. \quad (4)$$

Диференціальне рівняння (4) за початкової умови $P_K(\tau) = 1$ з врахуванням комплексу умов навчання ζ має вид

$$P_K(\tau, \zeta) = \exp \left\{ -\int_0^\tau \nu(z, \zeta) dz \right\}. \quad (5)$$

Даний вираз визначає ймовірність не усунення похибки оператора, яка в майбутньому може виникнути за умови відмови організму оператора, при навчанні його протягом інтервалу часу τ в умовах навчання ζ . При цьому інтенсивність похибки визначається як відносна швидкість її виявлення та усунення. Вона визначається як відношення числа виявлених на короткому інтервалі часу похибок за одиницю часу до середньої кількості операторів, які залишилися роботоспроможними до моменту часу τ .

Запропонований підхід, порівняно з відомими, є більш об'єктивним, оскільки він безпосередньо не пов'язаний з числом похибок, що отримані в виразах. Якість навчання оператора визначається лиш ймовірністю, яка залежить від тривалості навчання τ та комплексу умов навчання ζ , і, на відміну від методу статистичних випробувань, величина N_0 потрібна тільки для обґрунтування знаходження ймовірності $P_K(\tau, \zeta)$. Сутність запропонованої моделі полягає в тому, що відносне потенційне число похибок оператора в майбутньому, після навчання, зменшується в $P_K(\tau, \zeta)$ разів.

У відповідності до припущення, що ресурс роботоспроможності оператора відновлюється повністю, після його навчання ймовірність успішного виконання функціональних завдань за час t складе

$$P_0(t, \tau) = \exp \left\{ -\int_0^t \lambda(z, \varepsilon) dz \exp \left\{ -\int_0^\tau \nu(u, \zeta) du \right\} \right\}. \quad (6)$$

Показник першої експоненти являє собою ресурс роботоспроможності (надійності) оператора

$$R(t, \varepsilon, \tau, \zeta) = \int_0^t \lambda(z, \varepsilon) dz \exp \left\{ - \int_0^{\tau} \nu(u, \zeta) du \right\}, \quad (7)$$

де $\int_0^t \lambda(z, \varepsilon) dz = r(t, \varepsilon)$ - відпрацьований ресурс роботоспроможності оператора за час t , в умовах ε .

Величина $\theta(t, \zeta) = \int_0^{\tau} \nu(u, \zeta) du$ являє собою відновлений ресурс роботоспроможності, отриманий оператором в процесі навчання за період τ в умовах ζ . Для складових отриманих виразів (6) та (7) доцільні наступні подання

$$P_0(t, \tau) = \exp \{ -r \exp \{ -\theta \} \} = P_0(r, \theta), \quad (8)$$

$$R(t, \theta) = r \exp \{ -\theta \}. \quad (9)$$

Аналіз отриманих моделей дозволяє стверджувати, що надійність оператора залежить від ресурсу роботоспроможності. Вона буде тим меншою, чим більше вироблений ресурс r , і тим більшою, чим більше відновлений ресурс θ .

З чого слідує принцип роботоспроможності оператора: роботоспроможність оператора в майбутньому залежить від величини ресурсу роботоспроможності $R(r, \theta)$ та не залежить від того яким шляхом він отриманий.

Математично даний принцип може бути поданий у наступним чином

$$P_0(t, \varepsilon; \theta / t_1, \varepsilon_1; \theta_1) = P_0(t, \varepsilon; \theta / t_2, \varepsilon_2; \theta_2), \quad (10)$$

за умови

$$P_0(t, \varepsilon; \theta_1) = P_0(t_2, \varepsilon_2; \theta_2). \quad (11)$$

Або, в залежності від ресурсу

$$P_0(R/R_1) = P_0(R/R_2), \quad (12)$$

за умови

$$P_0(R_1) = P_0(R_2). \quad (13)$$

Доведемо практичну значимість запропонованої аналітичної моделі надійності людини-оператора.

Розглянемо випадок коли $\lambda(t, \varepsilon) = \lambda(\varepsilon)$; $\nu(\tau, \zeta) = \nu(\zeta)$. Тоді ймовірність (6) прийме вид

$$P_0(t, \tau) = \exp\{-\lambda t \exp\{-\nu \tau\}\}. \quad (13)$$

При цьому умова (10) виконується, якщо $\lambda_1 t_1 = \lambda_2 t_2$ та $\nu_1 \tau_1 = \nu_2 \tau_2$, де $\lambda_1 = \lambda(\varepsilon_1)$, $\lambda_2 = \lambda(\varepsilon_2)$, $\nu_1 = \nu(\zeta_1)$, $\nu_2 = \nu(\zeta_2)$.

Необхідно визначити ймовірність відмови оператора в умовах ε_0 , якщо відома ймовірність відмови в умовах ε^* , $\varepsilon^* > \varepsilon_0$, $\theta_1 \neq \theta_2$. Згідно лінійної моделі форсованих випробувань складемо систему рівнянь

$$\begin{cases} \int_0^t \lambda(z, \varepsilon_0) dz \exp\left\{-\int_0^{\tau_1} \nu(u, \zeta_1) du\right\} = \int_0^{x(t)} \lambda(z, \varepsilon_0 + \Delta\varepsilon) dz \exp\left\{-\int_0^{\tau_2} \nu(u, \zeta_2) du\right\} \\ \varepsilon_0 t = (\Delta\varepsilon_0 + \Delta\varepsilon)x(t) \end{cases} \quad (14)$$

де ε_0 , $\varepsilon_0 + \Delta\varepsilon$ - постійні швидкості зміни визначаючого параметру роботоспроможності оператора; $t, x(t)$ - час досягнення параметром межі роботоспроможності для даної швидкості зміни.

Система (14) зводиться до диференціального рівняння в часткових похідних, рішення якого за початкової кривої

$$\lambda(t, \varepsilon^*) \exp\left\{-\int_0^{\tau_2} \nu_2(z, \zeta_2) dz\right\} \text{ має вид}$$

$$\lambda(t, \varepsilon_0) = \frac{\exp\{-\theta_2\} \varepsilon_0}{\exp\{-\theta_1\} \varepsilon^*} \lambda\left(\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon^*} t, \varepsilon^*\right). \quad (15)$$

З аналізу виразу (15) слідує, що прогнозоване значення інтенсивності відмови в нормальному режимі випробувань ε_0 порівня-

но з форсованим режимом ε^* додатково змінюється в $\exp\{-\theta_2\}/\exp\{-\theta_1\}$ разів. При цьому чим більше відновлений ресурс θ_2 порівняно з θ_1 , тим нижче інтенсивність відмов в нормальному режимі. Коефіцієнт $\exp\{-\theta_1\}\varepsilon^*/(\exp\{-\theta_2\}\varepsilon_0)$ являє собою коефіцієнт прискорення випробувань. Для даного випадку він буде тим більшим, чим жорсткіше режим форсування ε^* і більше відновлений ресурс θ_2 .

Далі на інтервалі часу $(0, t + \tau)$ необхідно забезпечити ймовірність успішного функціонування оператора не нижче заданої P_3 , тобто

$$\exp\{-r \exp\{-\theta\}\} \geq P_3. \quad (16)$$

Розв'язання задачі полягає в тому, що слід визначити тривалість терміну навчання τ оператора в умовах ζ , щоб забезпечити виконання нерівності (16). Розкривши (16) відносно змінної τ отримаємо

$$\tau \geq \frac{1}{\nu} \ln \frac{r}{-\ln P_3}, \quad (17)$$

при цьому має виконуватися умова $P_3 > \exp\{-r\}$. Наприклад якщо $r = \lambda t = 0,01 \cdot 10 = 0,1$; $\nu = 0,2 \frac{1}{\text{год}}$, то для $P_3 \geq 0,95$ $\tau \geq 5 \cdot \ln 2 = 3,364$.

Наступне практичне застосування моделі. Нехай інтенсивність відмови оператора для деяких умов функціонування постійна та складає $0,1 \frac{1}{\text{год}}$, тобто в середньому він здійснює одну помилку за 10 год роботи. Необхідно зменшити інтенсивність відмови оператора в 10 разів, тобто вона має складати $0,01 \frac{1}{\text{год}}$. Треба визначити, яким чином слід організувати його навчання.

З виразу (13) слідує, що $\exp\{-\nu\tau\} = 0,1$, тоді $\tau = \frac{1}{\nu} \ln 10 \approx \frac{1}{\nu} 2,3$.

Жорсткість режиму навчання оператора необхідно обрати відповідно до розрахункових даних наведених в таблиці 1.

Таблиця 1 – Часові параметри режиму навчання оператора

$t, \text{год}$	1	2	4	6	8	10	100
$\nu, \frac{1}{\text{год}}$	2,3	1.15	0,58	0,38	0,29	0,23	0,04
$\frac{1}{\nu}, \text{год}$	0,43	0,87	1,72	2,63	3,44	4,34	23,2

Так наприклад, якщо середній час між проявом помилкових дій оператора дорівнює 4, 34 год, то час тренувань складає 10 год.

Отримані результати дозволяють зробити висновок, щодо практичної спрямованості та роботоздатності запропонованої аналітичної моделі.

Висновки. Запропонована аналітична модель оцінювання надійності людини-оператора, що є ймовірно близькою до моделі надійності технічних та програмних засобів. Відмінність запропонованої моделі від існуючих є формулювання та опис імовірного ресурсу роботоспроможності людини-оператора у вигляді двох взаємопротилежних за напрямом дії складових. Перша – подається у вигляді ресурсу, що витрачається, а друга – як відновлюваний ресурс роботоспроможності людини оператора.

Процес відновлення ресурсу роботоспроможності оператора подано квазіпуасоновським потоком, який зручно використовувати для ряду практичних застосувань, нарівні з управляємими напівмарківськими процесами. До недоліків даного подання можна віднести, що деякі характеристики, наприклад щільність імовірності та функцію відновлення для практичних застосувань аналітично визначити не вдається. Але це не заважає отримувати практичні результати для штатного режиму роботи операторів оперативно-диспетчерської служби МНС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Абраменко Б.С., Эксплуатация автоматизированных систем управления / Абраменко Б.С., Маслов А.Я., Немудрук Л.Н.. – СПб., 1984. – 484 с.
2. Флейшман Б.С, Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем. – М.: Сов. радио, 1991. – 226 с.
3. Кокс Д.Р., Смит В.Л. Теория восстановления. – М.: Сов. радио, 1987 – 643 с.

4. Каштанов В.А. Полумарковские модели процесса технического обслуживания. – М.: Знание, 1987. – 91 с.
5. Musa J. A theory of software reliability and its application // IEEE Trans. on software Eng., vol.SE-1, Sept. 1985. – P.312-327.
6. Смагин В.А. Физико-вероятностные модели прогнозирования надёжности изделий на основе формирования испытаний // Надёжность и контроль качества. – 1998. - № 4. – С.15-23.
7. Інформаційна модель процесу навчання /Войтович С.А., Шило С.Г., Руденко В.М., Павленко М.А. // Збірник наукових праць. – Х.: ХУ ПС, 2006. - № 4 (102). – С. 25-29.
8. Основи технічної експлуатації АСУ. [Навчальний посібник] / ІвановС.Г., Іванов Л.С., Руденко В.М., Шило С.Г. - Х.: ХУ ПС, 2007. – 308 с.
9. Модель оцінки оперативної обстановки надзвичайної ситуації оперативно-диспетчерською службою МНС. / Шило С.Г., Борозенець І.О., Феценко А.Б. //Збірник наукових праць. УЦЗ України. Вип. 9. – Х.: УЦЗУ, 2009. С.170-176.
10. Визначення закону розподілу часу оцінки обстановки оперативно-диспетчерською службою МНС. / Шило С.Г., Маляров М.В., Борозенець І.О., // Збірник наукових праць. НУЦЗ України. Вип. 11. – Х.: УЦЗУ, 2010. С.216-221.

Шило С.Г., Маляров М.В., Борозенець І.А.

Аналитическая модель надежности оператора оперативно-диспетчерской службы МЧС

Предложена аналитическая модель оценки надежности оператора оперативно-диспетчерской службы, приведены расчеты, подтверждающие адекватность и практическую значимость модели

Ключевые слова: диспетчер, вероятность отказа, ресурс работоспособности, надежности человека-оператора

Shilo S.G., Malyarov M.V., Borozenec I.O.

Analytical model of reliability of the operator operational dispatching service of the MOE

An analytical model for evaluating the reliability of operator's operational and dispatching service, shows calculations, confirming the relevance and practical significance of the model

Key words: dispatcher, the probability of failure, resource efficiency, reliability of a human operator

УДК 519.2.003.12:331.461.2

*Яковлева И.А., канд. техн. наук, проф., НУГЗУ,
Малежик А.В., адъюнкт, НУГЗУ*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНЕШНИХ ИМПУЛЬСНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНО-ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

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

Работа посвящена исследованию стойкости сложных технических систем, объектов химической промышленности, при попадании их в условия внешних воздействий (форс-мажорные обстоятельства). Всякая система подвержена влиянию внешних воздействий. Важно знать, как долго система будет в состоянии выполнять свои функции (т.е. сохранять функциональность) при полученных в результате воздействий повреждениях. Рассматривается модель распространения импульсных воздействий по системе, которая позволила выявить наиболее сильные и слабые места в ее структуре. Модель позволяет оценивать стойкость элемента системы в зависимости от его положения в структуре.

Ключевые слова: риски, теория самоорганизации-синергетики, теория управления рисками, теория взвешенных графов, модель распространения внешних воздействий по системе

Постановка проблемы. Современные технические изделия представляют собой сложные системы, состоящие из множества взаимодействующих друг с другом разнородных элементов, число которых может достигать десятков тысяч. Вместе с тем требования по эффективности функционирования и качеству производимых изделий ужесточаются. Во многом это связано с риском возникновения опасностей, аварий и катастроф при эксплуатации технических систем.

Моделирование сложных систем позволяет исследовать особенности их функционирования в различных условиях, наделять их требуемыми характеристиками и снижать риск возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Анализ последних исследований и публикаций. В работах Маршалла В. [1], Хенли Э.Дж, Кумамото Х. [2], Колодкина В.М. [3], Белова П.Г. [4, 5] и других авторов для анализа состоя-

ния безопасности объекта предлагается использование вероятностных оценок риска.

Одно из центральных мест в исследованиях по управлению рисками занимает анализ кризисов, то есть ситуаций, когда система оказывается не в состоянии в полном объеме выполнять возложенные на нее функции. При воздействии на систему внешних поражающих факторов, которые нередко являются внезапными и интенсивными, система не всегда может «противостоять» этим поражающим факторам, что в свою очередь приводит к ухудшению ее функционирования, а порой и к кризисам.

Моделирование сложных систем позволяет исследовать особенности их функционирования в различных условиях, наделять их требуемыми характеристиками и снижать риск возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС). В последнее время в работах В.В. Кульбы [6], Малинецкого Г.Г., Курдюмова С.П. [7, 8] для моделирования систем со сложной структурой предлагается использование методов теории взвешенных графов. Такой подход уже позволил обнаружить ряд синергетических эффектов в поведении систем со сложной структурой. Таким образом, можно сделать вывод, что от структуры системы зависит ее стойкость. Не менее важно также прогнозировать, как изменения в структуре системы повлияют на функционирование рассматриваемого объекта.

Постановка задачи и ее решение. Рассмотрим проблему с точки зрения теории самоорганизации-синергетики [9], и теории управления рисками [10]. В математической модели исследуемой системы должны быть представлены основные элементы, по поведению, по качеству, по эффективности функционирования которых можно достоверно судить обо всей системе. В терминах синергетики это параметры порядка моделируемого объекта. Такой подход в исследованиях, без детального представления сложных систем, процессов и явлений в них протекающих, принято называть системным синтезом [7]. О результативности использования этого подхода можно судить по многим работам [6-8, 11].

В настоящей работе этот подход реализован в виде вероятностно-детерминистической модели, описывающей распространение внешних воздействий (различного характера) среди элементов исследуемой системы. В основе модели лежат формализации структуры системы в виде графа и внешнего негативного влияния на систему в виде импульсного воздействия. Такое представление системы, находящейся в условиях внешних воздействий, позволяет

построить иерархию упрощенных моделей [11], т.е. рассмотреть различные виды внешних воздействий на систему при различных критериях ее неработоспособности (выход из строя ряда элементов системы, достижение элементами системы предельного состояния и т.д.).

Для каждой модели из иерархии упрощенных моделей конкретного сложного явления (в том числе и системы, находящейся под влиянием внешних воздействий) четко определяется область ее применимости там, где модель наиболее эффективна и полезна. Замечательной чертой иерархии упрощенных моделей является наличие базовых математических моделей [12], т.е. таких математических объектов, исследование которых позволяет эффективно строить и изучать большие классы моделей различных по своей природе явлений. Отметим, что такой подход особенно полезен, а, следовательно, и предпочтителен при построении моделей сложных систем.

В работе [15] описана модель распространения возмущений по системе. Приведенная модель определяется представлением исследуемой системы в виде взвешенного графа и формализацией внешнего влияния на систему как автономного импульсного воздействия.

Моделируемая система представляется в виде конечного графа

$$G = (V, E), \quad (1)$$

где $V = \{v_i\}$, $i = 1, n$ – множество вершин, а $E = \{e = (v, u)\}$ – множество его ребер. Вес $w_i(t) = P_{v_i}(t < T)$ – является величиной надежности элемента системы, соответствующего вершине v_i .

Импульсное воздействие на систему отражает процесс изменения весов вершин графа системы и определяется *импульсом* $\text{imp}_j(t)$, $j \in \{1, 2, \dots, n\}$ в дискретном времени $t = 0, 1, 2, 3, \dots$, который задается отношением

$$\text{imp}_j(t) = w_j(t) / w_j(t-1), \quad \text{при } t > 0. \quad (2)$$

Тогда для i -ой вершины графа G при $t \geq 0$ определим импульсное воздействие

$$w_i(t+1) = w_i(t) \prod_{k=1}^{\deg v_i} \varepsilon_{ji} \text{imp}_j(t), \quad (3)$$

ИЛИ

$$\text{imp}_j(t+1) = \prod_{k=1}^{\deg v_j} \varepsilon_{ji} \text{imp}_j(t), \quad (4)$$

полагая при этом, что $\deg v_i$ – число входящих в вершину v_i дуг.

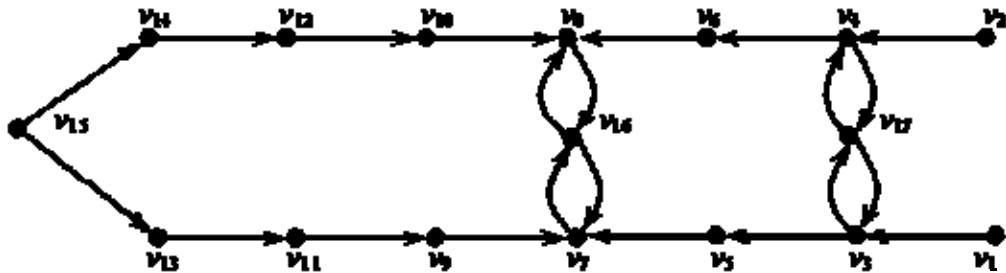


Рис. 1 – Структурная схема электроэнергетической системы

Таблица 1 – Показатели безотказности электрического оборудования

№	Наименование оборудования	Интенсивность отказов	Значение λ , 1/год
1	Источник переменного тока	В эксплуатации	0,0000025
2	Щит отключаемой нагрузки	Под нагрузкой	0,00097
3	Автоматический выключатель	При включении	0,0004
4	Щит неотключаемой нагрузки	Под нагрузкой	0,00097
5	Автоматический выключатель	В эксплуатации	$5 \cdot 10^{-5}$
6	Преобразователь переменного тока	Под нагрузкой	0,00019
7	Запорное устройство	При включении	0,0004
8	Источник постоянного тока	Под нагрузкой	$3 \cdot 10^{-6}$
9	Перемычка с автоматическим выключателем	При включении	0,0004

Исследование построенной модели необходимо для решения важной задачи – выяснить, как внешнее воздействие распространяется по структуре системы, и влияет на качественное состояние ее элементов.

Рассмотрим в качестве примера задачу моделирования внешних импульсных воздействий на систему электроснабжения промплощадок (нефтегазоконденсатного месторождения) НГКМ.

На рис.1 в виде ориентированного графа изображена структура электроэнергетической системы промплощадки НГКМ.

Таблица 2 – Значения весов $w_i(0)$ вершин $G=(V,E)$

Вершина	Значение $w_i(0) \cdot 100\%$
v_1	0.99
v_2	0.99
v_3	0.99
v_4	0.99
v_5	0.99
v_6	0.99
v_7	0.99
v_8	0,99
v_9	0,99
v_{10}	0,99
v_{11}	0,99
v_{12}	0,99
v_{13}	0,99
v_{14}	0,99
v_{15}	0,99
v_{16}	0,99
v_{17}	0,99

Опишем граф $G=(V,E)$ системы. Вершины графа G соответствуют следующим элементам системы: v_1, v_2 – основные источники переменного тока; v_3, v_4 – главные распределительные щиты отключаемой нагрузки; v_5, v_6, v_9, v_{10} – автоматические выключатели; v_7, v_8 – распределительные щиты неотключаемой нагрузки; v_{11}, v_{12} – обратимые преобразователи постоянно-переменного тока; v_{13}, v_{14} – запорные устройства; v_{15} – источник постоянного тока; v_{16}, v_{17} – переключатели с автоматическими выключателями. Элемент v_{16}

Яковлева И.А., Малежик А.В.

имеет наибольшую структурную уязвимость среди всех элементов системы, и в первую очередь, необходимо проверить его предельную надежность. Структура системы имеет четыре простых контура: (v_8, v_{16}, v_8) , (v_7, v_{16}, v_7) , (v_4, v_{17}, v_4) , (v_3, v_{17}, v_3) .

Начальные веса вершин графа определим, воспользовавшись формулой вычисления вероятности состояния элемента [5]

$$P_0(t) = e^{-\lambda t}.$$

Для определения интенсивности отказов λ воспользуемся статистическими данными [5], представленными в таблице 1.

Значения весов $w_i(0)$ вершин представлены в таблице 2.

Графики зависимости надежности элементов от импульсного воздействия представлены на рис. 2-6.

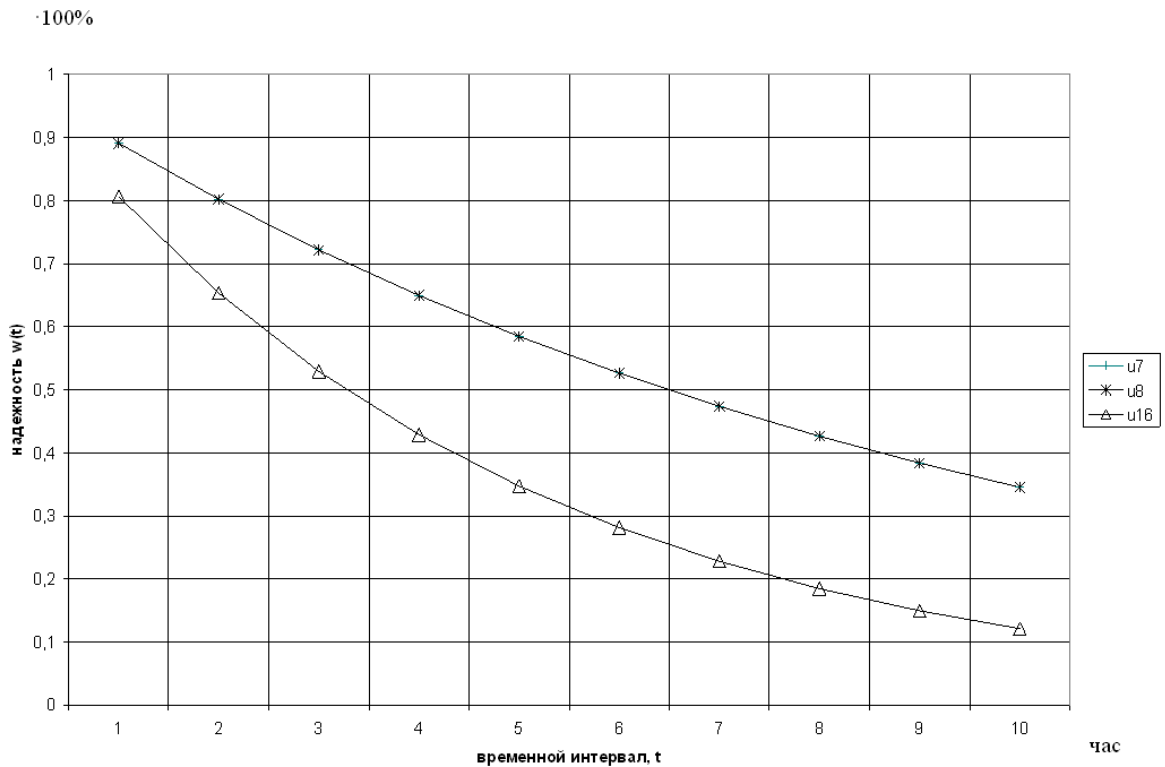


Рис. 2 – Надежность элементов v_7, v_8, v_{16} системы при импульсном воздействии $\text{Imp}(0)=(1,1,1,1,1,1,0.9,0.9,1,1,1,1,1,1,1,1)$

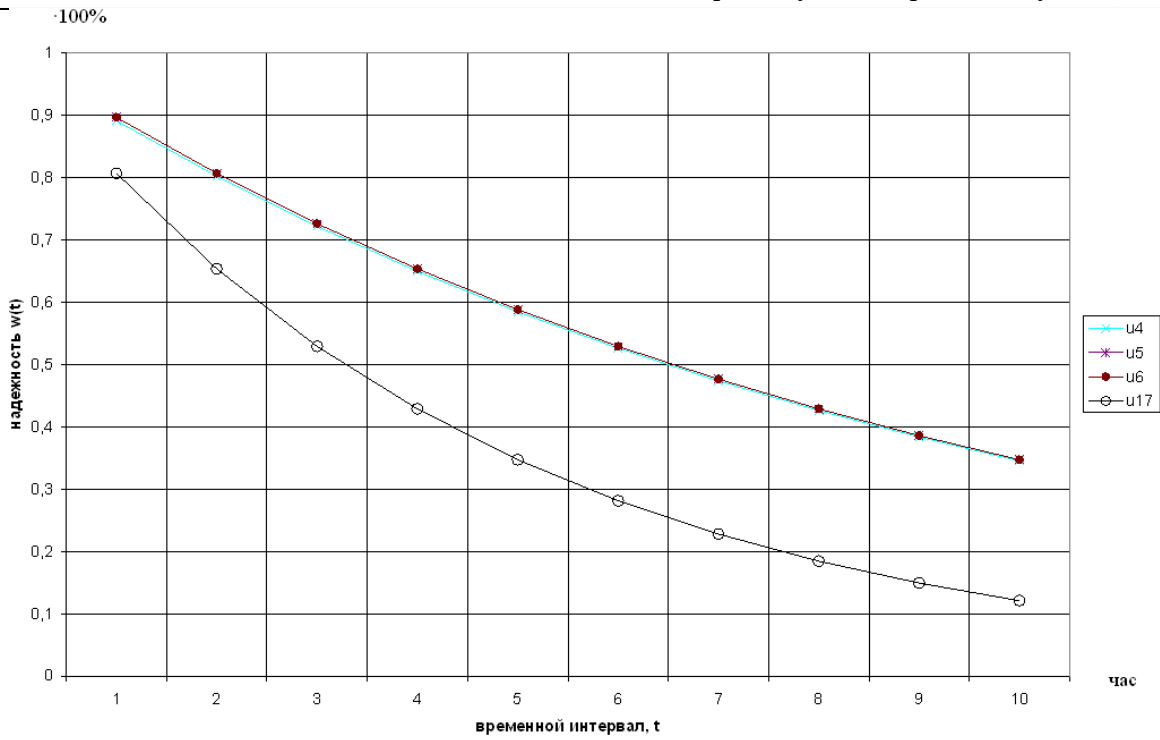


Рис. 3 – Надежность элементов u_4, u_5, u_6, u_{17} системы при импульсном воздействии $\text{Imp}(0)=(1,1,0.9,0.9,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1)$

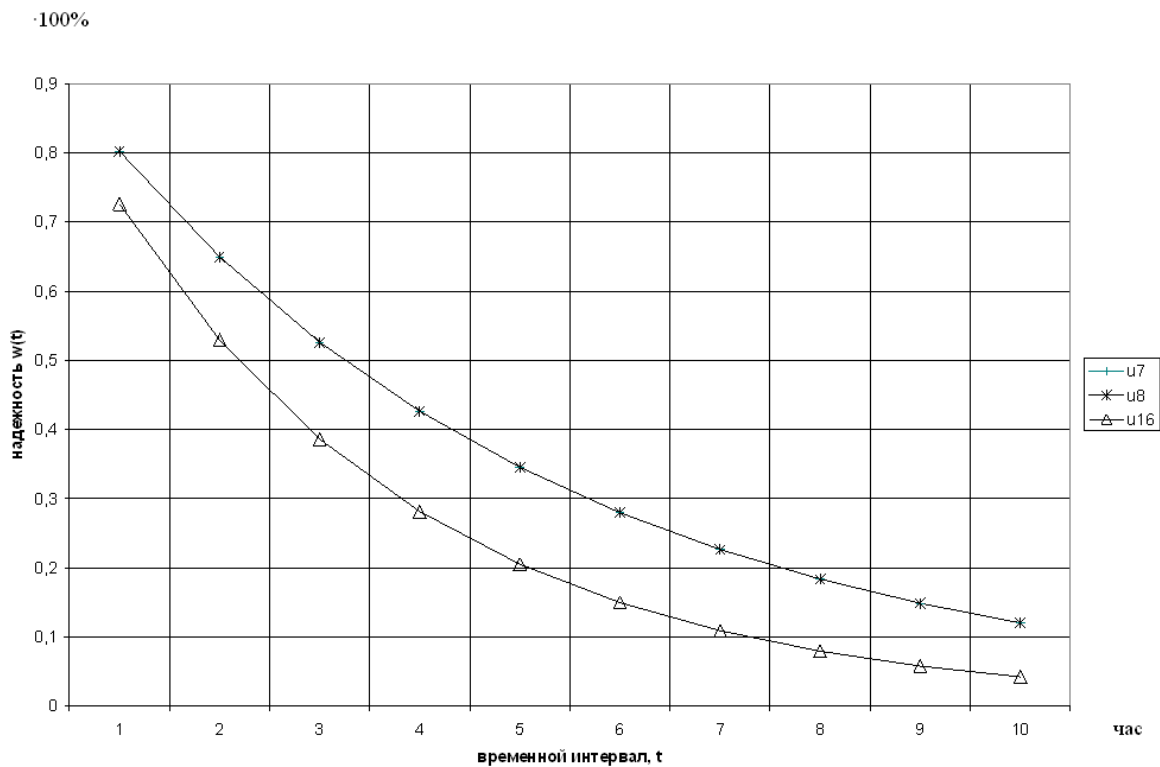


Рис. 4 – Надежность элементов u_7, u_8, u_{16} системы при импульсном воздействии $\text{Imp}(0)=(1,1,1,1,1,1,0.9,0.9,1,1,1,1,1,1,1,0.9,1)$

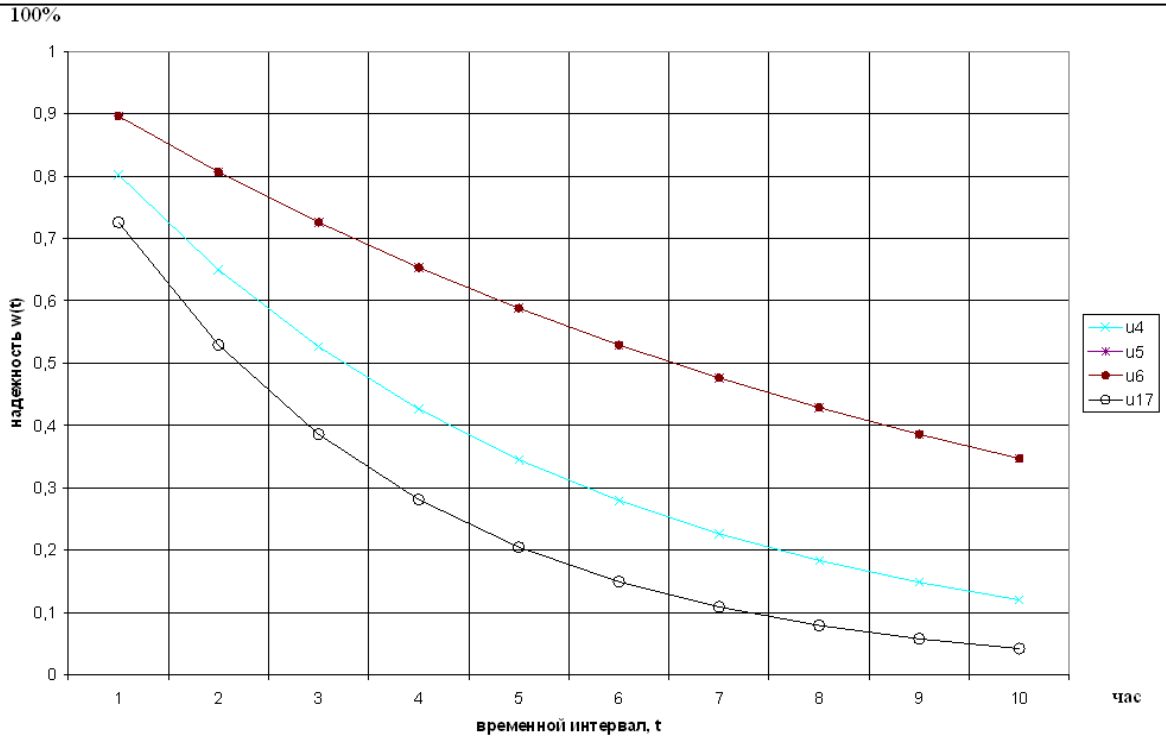


Рис. 5 – Надежность элементов u_4, u_5, u_6, u_{17} системы при импульсном воздействии $\text{Imp}(0)=(1,1,0.9,0.9,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,0.9)$

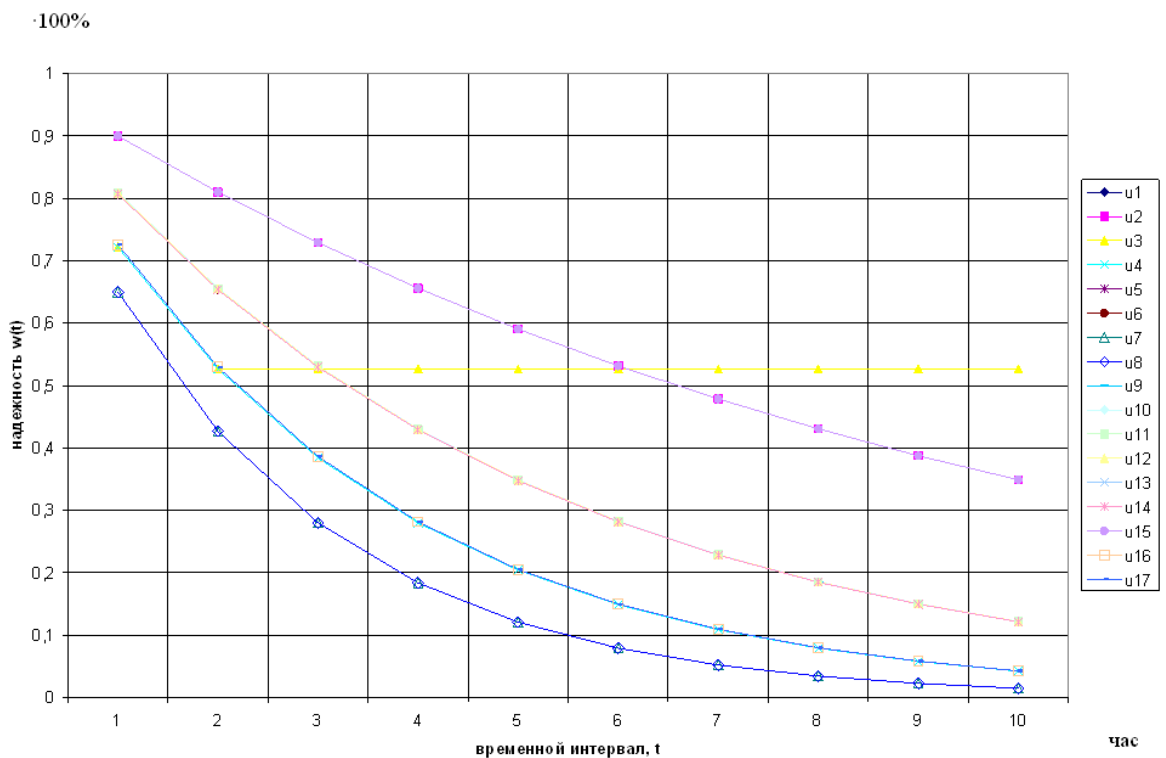


Рис. 6 – Надежность элементов системы при импульсном воздействии $\text{Imp}(0)=(0.9,0.9,0.9,0.9,0.9,0.9,0.9,0.9,0.9,0.9,0.9,0.9,0.9,0.9,0.9,0.9,0.9)$

Из проведенных исследований вытекает, что элементы U_7 и U_8 имеет наибольшую структурную уязвимость среди всех элементов системы, и, в первую очередь, необходимо проверить их предельную надежность.

Выводы. Рассмотренная в настоящей работе математическая модель распространения внешних воздействий по системе позволяет объяснить ряд явлений, наблюдаемых в сложных технических системах при попадании их в условия внешних воздействий (форс-мажорные обстоятельства). Существенной особенностью построенной модели является возможность выхода из строя при распространении импульсных воздействий по системе наиболее надежных элементов. Этот факт красноречиво подчеркивает прямую зависимость надежности элемента от его положения в структуре, а также зависимость стойкости всей системы от выбранной при проектировании структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маршалл В. Основные опасности химического производства / Пер. с англ. под. ред. Б.Б. Чайванова и А.Н. Черноплекова. – М.: Мир, 1989. – 671 с.
2. Хенли Э.Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска. – М.: Машиностроение, 1984.
3. Колодкин В.М., Мурин А.В. Петров А.К., Горский В.Г. Количественная оценка риска химических аварий. – Ижевск: Изд.дом «Удмуртский университет», 2001. – 228 с
4. Безопасность жизнедеятельности. / Под ред. С.В. Белова 2-е изд. – М.: Высшая школа, 1999.
5. Белов П.Г. Моделирование опасных процессов в техносфере. Москва: Издательство Академии гражданской защиты МЧС РФ, 1999. - 124 с.
6. Кульба В.В., Кононов Д.А., Косяченко С.А., Шубин А.Н. Методы формирования сценариев развития социально-экономических систем. - М.: СИНТЕГ, 2004. – 296 с.
7. Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и системный синтез // Новое в синергетике: взгляд в третье тысячелетие. - М.: Наука, 2002.
8. Новое в синергетике: взгляд в третье тысячелетие / Под ред. Малинецкого Г.Г., Курдюмова С.П. - М.: Наука, 2002. - 480 с.
9. Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980.

10. Владимиров В.А., Кульба В.В., Малинецкий Г.Г., Махутов Н.А. и др. Управление риском. – М.: Наука, 2000. – 230 с.
11. Ахромеева Т.С., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г., Самарский А.А. Нестационарные структуры и диффузионный хаос. М.: Наука, 1992. – 320 с.
12. Малинецкий Г.Г. Базовые модели и ключевые идеи синергетики. Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, №70. М., 1994.
13. Кочкаров А.А., Кочкаров Р.А. Предфрактальные графы в проектировании и анализе сложных структур. Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, №10. М., 2003.
14. Архипова ИЛ., Кульба В.В. Управление в чрезвычайных ситуациях. -М.: РГГУ, 1998.
15. Яковлева И.А., Панина Е.А., Малежик А.В. Использование вероятностно-детерминистической модели для прогнозирования чрезвычайных ситуаций на опасных промышленных объектах. Проблемы надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 10. – Харків: УЦЗУ, 2009.

Яковлева І.О., Малежик О.В.

Моделювання зовнішніх імпульсних впливів на основі ймовірно-детерміністичного підходу

Робота присвячена дослідженню стійкості складних технічних систем, об'єктів хімічної промисловості, при попаданні їх в умови зовнішніх впливів (форс-мажорні обставини). Будь-яка система схильна до впливу зовнішніх впливів. Важливо знати, як довго система буде в змозі виконувати свої функції (тобто зберігати функціональність) при отриманих в результаті впливів ушкодженнях. Розглядається модель розповсюдження імпульсних впливів за системою, яка дозволила виявити найбільш сильні і слабкі місця в її структурі. Модель дозволяє оцінювати стійкість елемента системи залежно від його положення в структурі.

Ключові слова: ризики, теорія самоорганізації-синергетики, теорія управління ризиками, теорія зважених графів, модель розповсюдження зовнішніх впливів по системі

Yakovleva I.A., Malezhik A.V.

Modeling external pulses based on probabilistic-deterministic approach

Work was to study stability of complex technical systems, chemical industry, in contact with them in terms of external conditions (force majeure). Every system can be affected by external influences. It is important to know how long the system will be able to perform their functions (ie, to maintain functionality) when received by the impacts of corruption. We consider a model of pulse propagation effects on a system that helped identify the most strengths and weaknesses in its structure. Model allows us to evaluate the resistance element of the system depending on its position in the structure.

Key words: risk, the theory of self-organization, synergetics, the theory of risk management, the theory of weighted graphs, the model distribution of external influences on the system

ЗМІСТ

<i>Альбоцій О.В., Федцов А.А.</i> Оцінювання ефективності роботи органів управління та підрозділів цивільного захисту	3
<i>Андронов В.А., Бабков Ю.П., Тютюник В.В., Шевченко Р.І.</i> Комплексні показники оцінювання стану природно-техногенної небезпеки адміністративно-територіальних одиниць України	9
<i>Басманов А.Е., Говаленков С.С.</i> Оценка концентрации опасных химических веществ в воздухе при непрерывной активности источника	21
<i>Білецький С.В., Кірочкін О.Ю., Тютюник В.В., Шевченко Р.І.</i> Оцінка небезпеки об'єктів міської інфраструктури в рамках підходів системи інтегральної безпеки	28
<i>Беляев В.Ю.</i> Шляхи підвищення ефективності наземної евакуації населення при надзвичайних ситуаціях	37
<i>Бородич П.Ю., Росоха С.В., Стрілець В.М.</i> Вдосконалення розрахунків на посту безпеки під час роботи в АСП при ліквідації надзвичайних ситуацій в метрополітені	44
<i>Вальченко А.И., Метелев В.А., Халыпа В.М.</i> Расчёт на прочность цилиндрического резервуара для хранения токсичных жидкостей	50
<i>Вамболь С.А., Халыпа В.М.</i> Алгоритм расчета перекрестных балок подпорных стенок гидротехнического защитного сооружения	56
<i>Горносталь С.А., Кириченко И.К., Созник А.П.</i> Оценка результатов натурных измерений и математического моделирования процессов биологической очистки сточных вод в аэротенках	61
<i>Давідюк О.В.</i> Удосконалення методу оцінки ризиків аварій з каскадним ефектом на промислових об'єктах із зрідженими газами	66
<i>Квітковський Ю.В.</i> Забезпечення захисту населення при виникненні надзвичайних ситуацій техногенного характеру шляхом укриття і евакуації	80
<i>Ключка Ю.П., Кривцова В.И., Борисенко В.Г.</i> Определение времени нагрева баллонов из композиционных материалов с водородом до момента их разрушения	86
<i>Левтеров О.А., Олійник Д.В., Тютюник В.В., Шевченко Р.І.</i> Оцінка небезпеки населення регіонів України як критерій ефективності державної системи цивільного захисту	92
<i>Мищенко И.В., Чернобай Г.А.</i> Решение задачи надежности при транспортировке опасных грузов с учетом разброса механических свойств материалов	104
<i>Пісня Л.А., Касьян О.І., Михальська Л.Л.</i> Вибір критерію оцінки техногенного впливу надзвичайних ситуацій на природне середовище	109
<i>Попов В.М., Ромин А.В., Фесенко Г.В.</i> Особенности формирования дозовой нагрузки населения радиоактивно загрязненных территорий за счет употребления молочной продукции	117
<i>Прокопов А.В., Щербак С.С.</i> О применении метода анализа иерархий для оценки эффективности деятельности предприятий и организаций МЧС Украины	122
<i>Рибалова О.В., Белан С.В., Варивода Є.О.</i> Визначення рівня екологічної небезпеки в регіонах України на основі оцінки екологічного ризику	132
<i>Семкив О.М., Барбашин В.В.</i> Оценка эффективности мероприятий системы гражданской обороны на основе показателей ее состояния	143
<i>Соболь О.М., Собина В.О.</i> Моделювання раціонального розміщення оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці	149
<i>Тарадуда Д.В., Шевченко Р.І., Щербак С.М.</i> Визначення показників небезпеки основних елементів аміачної холодильної установки за допомогою багатокритеріальної методики оцінки та управління ризиком виникнення аварій	155
<i>Тесленко А.А., Олейник В.В., Дудак С.А.</i> Двухшаговый подход к оценке опасности объектов	167

Толкунов І.О., Попов І.І. Моделювання процесів формування полів концентрації аерозолів у повітряному середовищі приміщень спеціального призначення МНС України..... 175

Третьяков О.В., Пономаренко Р.В. Застосування структуризації процесів виникнення, розвитку і протидії надзвичайним ситуаціям за участю об'єктів питного водопостачання..... 184

Шило С.Г., Маляров М.В., Борозенець І.О. Аналітична модель надійності оператора оперативно-диспетчерської служби МНС 194

Яковлева І.А., Малєжик А.В. Моделирование внешних импульсных воздействий на основе вероятностно-детерминистического подхода..... 204

Наукове видання

ПРОБЛЕМИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Випуск 12

Відповідальний за випуск Ю.О. Абрамов

Технічний редактор О.Ю. Кірючкін

Підписано до друку 09.11.2010

Вид. арк. 12,38

Ум.-друк. арк. 12,49

Формат паперу 60x84/16

Тир. 300

Зам. 847 – 2010

Ціна договірна

61023, Харків, вул. Чернишевського, 94

Електронна адреса: <http://nuczu.edu.ua/ukr/>

Типографія Національного університету цивільного захисту України