

УДК 331.101

В. А. Андронов, д. т. н., проф., проректор

В. М. Стрілець, к. т. н., доц., доц. каф.

Національний університет цивільного захисту України

вул. Чернишевська, 94, м. Харків, Україна, 61023

ОПЕРАТИВНО-ТЕХНІЧНИЙ МЕТОД СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИМ ПІДРОЗДІЛОМ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО ХАРАКТЕРУ З ВИКИДОМ НЕБЕЗПЕЧНОЇ ХІМІЧНОЇ РЕЧОВИНИ

В основу розробленого методу покладено ранжування заданих показників за результатами аналізу трифакторної поліноміальної моделі в нормованих змінних, яка відображає залежність часу локалізації надзвичайної ситуації з викидом небезпечної хімічної речовини від параметрів викиду, підготовленості рятувальників і комбінації засобів індивідуального захисту. Розробка оперативно-технічних рекомендацій відбувається відповідно до максимальних перепадів в однофакторних моделях, що одержані на рівнях, що відповідають координатам екстремумів, а також у центрі факторного простору багатфакторної моделі.

Ключові слова: надзвичайна ситуація екологічного характеру, небезпечна хімічна речовина, аварійно-рятувальні роботи, оперативно-технічні рекомендації.

Постановка проблеми. Ефективне проведення аварійно-рятувальних робіт (АРР) першим пожежно-рятувальним підрозділом (ППРП) під час ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин (НС НХР) вимагає розробки комплексу оперативно-технічних заходів, реалізація яких забезпечить скорочення часу ліквідації НС при обмеженнях на людські й технічні ресурси, не знижуючи при цьому рівня безпеки рятувальників. На цей час Україна відійшла від стереотипів СНД, де пожежно-рятувальні підрозділи займаються переважно гасінням пожеж та ліквідацією наслідків дорожньо-транспортних пригод [1–3], і законодавчо встановила [4, 5], що пожежно-рятувальні підрозділи займаються як гасінням пожеж, так і ліквідацією всіх можливих (як це прийнято у розвинутих країнах світу [6–8]), у тому числі техногенних з викидами небезпечних хімічних речовин, надзвичайних ситуацій. В той же час проведення АРР першим ПРП ускладнюється тим, що засоби індивідуального захисту особового складу були розроблені для використання в умовах, які відповідають найгіршим умовам пожежі, тоді як умови в НС НХР можуть бути на 1–2 порядки гірші [9]. Враховуючи це, проблема невідповідності існуючого аварійно-рятувального озброєння в ПРП сучасним завданням, які стоять перед ним стосовно ліквідації техногенних НС НХР, є актуальною і вимагає системних досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що процес ліквідації НС НХР є предметом вивчення з різних сторін:

– з позицій розвитку НС ці питання розглядали В. Маршалл [10], О. Є. Басманов [11], В. К. Воробйов [12] та ін.;

– з позицій організації робіт з ліквідації надзвичайної ситуації – В. В. Владимиров [13], Є. П. Михно [14], В. Г. Аветисян [15] та ін.;

– з позицій загальної теорії профілактики – М. М. Брушлинський [16], Ю. М. Глуховенко [17], А. І. Хянікяйнен [18].

Проте у всіх цих випадках вони не розглядали процес ліквідації НС НХР першим ПРП із позицій

забезпечення якості функціонування системи «рятувальник – засоби захисту і ліквідації аварії – НС НХР» (СРЗЗНС).

Так було здійснено в [19], де наведено загальний підхід до розробки оперативно-технічного методу (ОТМ) скорочення часу проведення АРР першим ПРП в умовах техногенних НС, який полягає в розробці оперативно-технічних рекомендацій (ОТР) відповідно до максимальних перепадів в однофакторних моделях, які одержані на рівнях, що відповідають координатам екстремумів, а також у центрі факторного простору багатфакторної поліноміальної моделі. Остання отримується за результатами імітаційного моделювання відповідного процесу, проте його конкретизацію до НС НХР в [19] не було зроблено.

Постановка завдання та його вирішення. У зв'язку з цим необхідно розробити оперативно-технічний метод, який базується на результатах імітаційного моделювання, скорочення часу локалізації першим пожежно-рятувальним підрозділом техногенної надзвичайної ситуації з викидом небезпечної хімічної речовини.

Під час розробки імітаційної моделі, яка стане основою імітаційного експерименту, треба враховувати, що для обґрунтування відповідних ОТР [16] необхідно отримати впорядковану множину показника ефективності (як такий якого можна розглядати час локалізації НС НХР) проведення АРР ПРП у вигляді багатфакторного полінома.

При визначенні останнього необхідно враховувати, що вихідні показники можуть мати нелінійний вплив на показники ефективності проведення АРР ПРП. Так, наприклад, можна очікувати, що підвищення рівня практичної виучки особового складу ПРП буде більш значущо впливати на час ліквідації НС при переході від початкового рівня підготовленості до середнього, ніж при переході від середнього рівня до високого. Аналогічна ситуація має місце й під час порівняння того, як швидко виконуються окремі операції в комплексі засобів індивідуального захисту (КЗІЗ), в яких ізолюючий апарат знаходиться всередині костюма, та коли використовується комбінація, при

якій ізолюючий апарат знаходиться ззовні костюма, або ж особовий склад працює в КЗІЗ, що включають до свого складу фільтрувальні протигази. Нелінійний вплив факторів в поліноміальній моделі можна врахувати їх квадратичним уявленням.

При цьому є очевидним взаємозв'язок між інтенсивністю викиду НХР і КЗІЗ рятувальників. Крім цього, можна припустити й інші взаємозв'язки між факторами. Наприклад, що підготовленість рятувальників буде більш значущо проявлятися при роботі в більш складних умовах. Ефекти взаємодії в поліноміальній моделі можуть бути враховані відповідними коефіцієнтами при добутках розглянутих факторів [20].

Таким чином, поліноміальна модель часу виконання (в кодованих змінних) розглянутого процесу проведення АСР під час ліквідації аварій з викидом НХР у загальному вигляді може бути наступною

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

де X_1, \dots, X_n – обрані для дослідження фактори, які конкретизують вихідні перемінні.

З урахуванням того, що порівняльна оцінка впливу факторів, що обрані для розгляду, мають виконуватись у нормованих перемінних [17], для обґрунтування ОТР необхідно аналізувати тотожний (1) вираз

$$y = b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_n x_n + b_{11} x_1^2 + \dots + b_{nn} x_n^2 + b_{12} x_1 x_2 + \dots + b_{(n-1)n} x_{n-1} x_n. \quad (2)$$

При виборі конкретного варіанта проведення АРР першим ПРП було враховано результати аналізу бойової роботи пожежних під час проведення бойового розгортання пожежної техніки [21–23], де було показано, що в результаті достатньо чітко заданої послідовності операцій, які виконує особовий склад, моделювання даного процесу можна представити у вигляді загального (типового) алгоритму. Аналогічна ситуація має місце і в ході реалізації основних процесів, які виконуються в ході АРР з ліквідації НС НХР. Вони також можуть бути подані у вигляді алгоритмів, які стосовно до конкретного розглянутого процесу мають загальну (типову) структуру по відношенню до інших можливих процесів ліквідації НС НХР [24].

Враховувалось, що основними задачами під час ліквідації НС НХР є локалізація зони хімічного ураження з одночасною евакуацією людей з небезпечного місця та припинення виходу НХР у навколишнє середовище. При цьому правила пошуку та евакуації постраждалих в цілому (крім того, що якщо речовина, що вийшла, є важчою за повітря, то особливу увагу слід приділяти нижче розташованим поверхам будівель та підвалам,

а також заниженим ділянкам території; якщо речовина є легшою за повітря, то, відповідно, верхнім) відповідають тим, які ПРП використовують під час гасіння пожеж та ліквідації їх наслідків. Тобто дії особового складу достатньо відпрацьовані. Аналогічна ситуація має місце й під час локалізації осередку НС шляхом зменшення швидкості випарювання за рахунок ізоляції шару НХР у вторинній хмарі за допомогою водяних завес із розпиливих струменів, які встановлюються на шляху розповсюдження хмари, або розпиленням за допомогою димовсмоктувачів [15].

Нейтралізація розлитого НХР за рахунок подання нейтралізуючих речовин може проводитись тільки силами зведеного загону, оскільки ПРП, який першим прибуває до місця НС, не має, згідно з комплектацією пожежного автомобіля, необхідної нейтралізуючої речовини.

Ліквідація джерела НС через припинення потрапляння НХР у навколишнє середовище шляхом перекриття засувок на трубопроводах, по яких подається речовина, як правило, виконується фахівцями промисловості, що обслуговують устаткування, дистанційно по відношенню до осередку НС НХР.

В той же час основні операції з відновлення герметичності пошкодження за допомогою бандажів, затискачів тощо або підготовки до перекачування НХР із пошкодженої ємності в резервні досить сильно співпадають з операціями, які можуть мати місце у випадку локалізації осередку НС методом реконденсації, оскільки у всіх цих випадках передбачається: підготовка обладнання та комплексу засобів індивідуального захисту (виконуються в умовах, придатних для дихання і роботи без засобів захисту середовища); робінг (одягання ізолюючого костюма із включенням в засіб індивідуального захисту органів дихання) КЗІЗ; доставка в умовах впливу НХР обладнання, необхідного для проведення АРР поблизу осередку НС; безпосередня ліквідація джерела зараження (або, залежно від обраного способу, локалізація зони зараження); контроль того, що процес у цілому виконаний.

Враховуючи те, що під час локалізації осередку НС методом реконденсації необхідно перенести систему кріплення, настил, піддон та рукав для відводу НХР, підготувати їх та забезпечити сполучення рукава із системою кріплення з подальшим закриттям пробіони горловиною рукава та здійснити завершальні операції, порядок локалізації ПРП осередку НС НХР методом реконденсації має вигляд, представлений на рисунку 1.

Видно, що імітаційна оцінка не може бути здійснена без попереднього визначення параметрів розподілу часу виконання основних підзадач, що витрачається відповідними номерами розрахунку. Для цього можливе проведення натурних експериментів на існуючих зразках пожежно-рятувальної техніки, яка стоїть на озброєнні в ПРП.

В той же час знання закономірностей виконанні основних операцій та наявність порядку проведення

ПРП процесу ліквідації НС НХР (див. рис. 1) дозволяє перейти до імітаційного моделювання. Видно, що при цьому фактично всі обчислення можуть бути виконані із застосуванням стандартних

підпрограм, що дозволяє процес імітаційного моделювання на структурному рівні (див. рис. 2) подати у вигляді взаємодії чотирьох основних блоків.

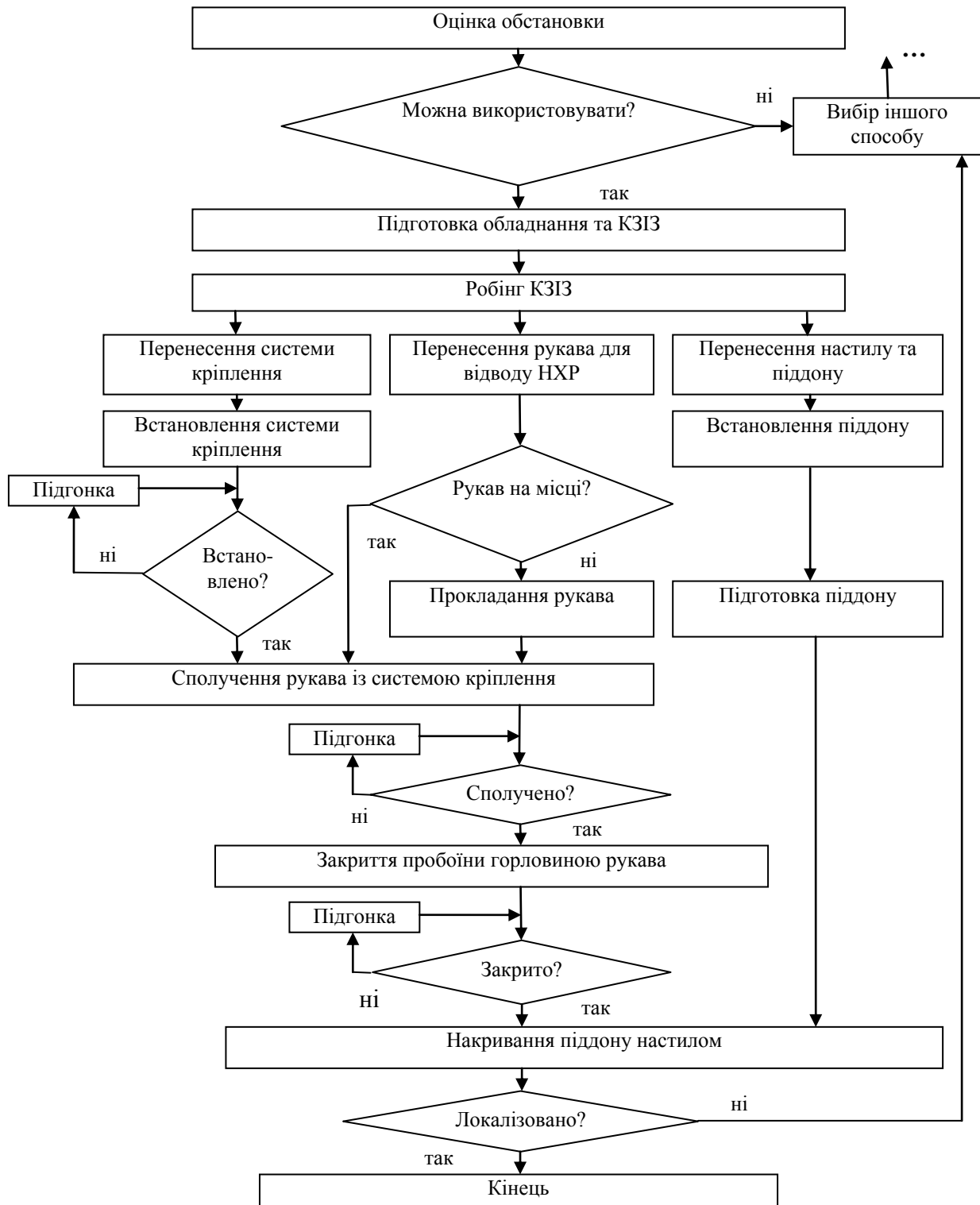


Рисунок 1 – Порядок локалізації пожежно-рятувальним підрозділом зони зараження методом реконденсації

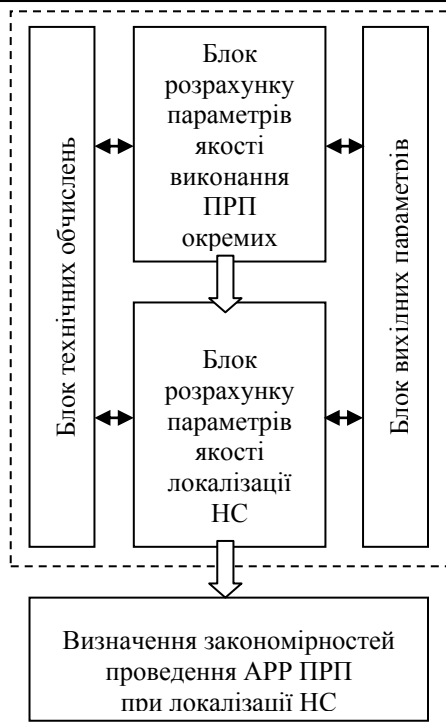


Рисунок 2 – Процес імітаційного моделювання проведення АРР ПРП під час локалізації НС НХР методом реконденсації на структурному рівні

Блок вихідних параметрів містить відомості про послідовність переходів від однієї операції до іншої відповідно до порядку локалізації НС (див. рис. 1). Наприклад, момент початку операції із закриття пробіни горловиною рукава для відведення НХР визначається максимальним значенням з часу завершення операції по встановленню системи кріплення або операції з прокладання рукава. В цьому блоці містяться також статистичні показники,

що характеризують імовірнісний характер виконання окремих операцій або переходів від однієї операції до іншої відповідно до обраного плану проведення імітаційного експерименту.

Блок технічних обчислень генерує випадкові числа та здійснює визначення параметрів часу виконання окремих операцій відповідно до закону розподілу, а також оцінку усереднених статистичних показників, які характеризують якість процесу локалізації НС НХР у цілому. Блок розрахунку параметрів якості виконання ПРП окремих операцій локалізації НС НХР методом реконденсації за результатами застосування закономірностей виконання конкретних операцій відповідно до обраного плану імітаційного експерименту визначає моменти початку та завершення кожної операції. Блок розрахунку параметрів якості локалізації НС НХР здійснює визначення усереднених показників якості виконання (часу виконання) всього процесу локалізації НС НХР в цілому та відповідно до плану експериментальних досліджень формує масив результатів, який є необхідним для визначення закономірностей проведення АРР ПРП під час локалізації НС НХР.

Аналіз послідовності локалізації ПРП зони зараження методом реконденсації (див. рис. 1) показує, що для події, яка не є вихідною, момент її початку визначається за максимальним часом завершення тих операцій, виконання яких є обов'язковою передумовою її здійснення. Тобто в основу імітаційного моделювання такого виду АРР можна покласти підходи, що застосовуються в мережевому плануванні та управлінні. З урахуванням цього та особливостей імітаційного розкриття закономірностей АРР ПРП (див. рис. 2), порядок здійснення розрахунку параметрів, які характеризують дії ПРП під час локалізації НС, має вигляд, наведений на рисунку 3.

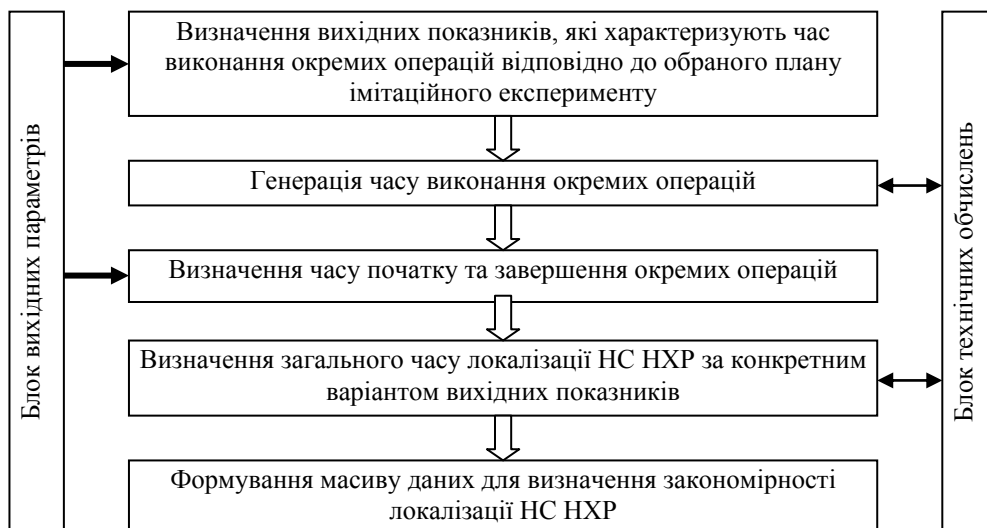


Рисунок 3 – Порядок розрахунку основних параметрів, які характеризують дії особового складу

Тобто алгоритм імітаційної моделі локалізації ПРП НС НХР являє собою адаптацію мережевої моделі, яка реалізує алгоритм роботи пожежних-рятувальників, з урахуванням циклів та імовір-

нісного характеру АРР, що вимагає попереднього визначення параметрів розподілу часу виконання основних операцій.

При відборі основних факторів доцільно враховувати побажання експертів, які залучаються до аналізу закономірності проведення АРР ПРП, не розглядати одночасно більше трьох факторів [25]. Це вони пояснюють тим, що вплив більшої кількості факторів, які впливають на СРЗЗНС оцінити складно, оскільки її стан постійно та достатньо швидко змінюється. З урахуванням цього та результатів, аналізу особливостей проведення АРР ПРП, наведених в [26], виділені такі значущі фактори, які характеризують процес ліквідації НС НХР як СРЗЗНС: x_1 – приведена інтенсивність Ψ викиду НХР; x_2 – підготовленість особового складу; x_3 – комбінація засобів індивідуального захисту рятувальників, в якій будуть працювати рятувальники. Крім цього, експерти також вказали на доцільність оцінки впливу обраних факторів, коли вони міняються на двох рівних інтервалах. Це вони пов'язують із незначною протяжністю більшості операцій, які складають загальний процес проведення АРР.

Аналіз відібраних факторів показує, що можна очікувати їх нелінійного впливу на загальний час проведення АРР ПРП під час локалізації НС з викидом НХР. Так, стосовно приведеної інтенсивності ψ викиду НХР (x_1) в [27] відмічено, що при $\psi = 1 \frac{\text{кг/с}}{\text{мг/м}^3}$ ($x_1 = -1$) всі операції повинні виконуватись особовим складом в комплексі засобів індивідуального захисту, який передбачає обов'язкову наявність ізолюючого апарата всередині ізолюючого костюма; при $\psi = 0,1 \frac{\text{кг/с}}{\text{мг/м}^3}$ ($x_1 = 0$) – обов'язкова наявність ізолюючого апарата, який може бути вдягнутий й поверх ізолюючого костюма; при $\psi = 0,01 \frac{\text{кг/с}}{\text{мг/м}^3}$ ($x_1 = +1$) – рятувальники можуть бути у фільтрувальних протигазках. Можна передбачати, що фактор x_1 на час проведення АРР буде впливати нелінійно.

В [28] зазначено, що час виконання окремих операцій з рівнем значущості 0,05 описується нормальним законом і, залежно від рівня підготовленості рятувальників, змінюється за експоненціальним законом. Це свідчить про те, що наявні експериментальні результати можуть бути використані як вихідні під час здійснення імітаційного моделювання. Крім того, їх аналіз дозволяє стверджувати, що рівень практичної виучки буде сильніше позначатися на часі розглянутого процесу при переході від початкового рівня підготовленості ($x_2 = -1$) до середнього ($x_2 = 0$), ніж при переході від середнього до високого ($x_2 = +1$). Аналогічна ситуація має місце і при порівнянні того, як швидко виконуються окремі операції в комплексі засобів індивідуального захисту 1-го типу, коли ізолюючий апарат знаходиться всередині костюма ($x_3 = -1$), в порівнянні з тими, коли використовується комбінація, при якій ізолюючий апарат знаходиться зовні костюма ($x_3 = 0$), або ж особовий склад працює в комбінації ізолюючого костюма з фільтруючим протигазом ($x_3 = +1$).

При цьому є очевидним взаємозв'язок між інтенсивністю викиду НХР та комбінацією засобів індивідуального захисту рятувальників. Крім того, можна передбачити й інші взаємозв'язки між факторами; наприклад, що підготовленість рятувальників більш сильно проявляється під час роботи в більш складних умовах. Тобто математична модель залежності часу локалізації ППРП НС НХР від параметрів викиду, підготовленості рятувальників та комбінації засобів індивідуального захисту, які вимірюються в нормованих оцінках, в загальному вигляді є наступною

$$y(x) = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_{11} \cdot x_1^2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + b_2 \cdot x_2 + b_{22} \cdot x_2^2 + b_{23} \cdot x_2 \cdot x_3 + b_3 \cdot x_3 + b_{33} \cdot x_3^2 \quad (3)$$

Виходячи з вищевикладеного, доцільно обрати план імітаційного експерименту $3 \times 3 \times 3$ – традиційний план техніко-економічних експериментів, який використовується при дослідженні впливу окремо кожного з трьох факторів на трьох рівнях (за інших рівних умов) і має добрі статистичні характеристики та кращі за точністю оцінки всіх коефіцієнтів регресії $\{ks\}$ [20].

При проведенні багатофакторного імітаційного моделювання відповідно до обраного плану найгірші показники відповідають рівню “-1-1-1”, середні – рівню “0 0 0”, а найкращі – “+1+1+1”.

Зміна відібраних факторів на трьох рівнях через рівні інтервали дозволяє суттєво спростити побудову поліноміальних моделей, які необхідно знайти, оскільки в результаті цього під час розрахунку оцінок коефіцієнтів b_0, b_i, b_{ii}, b_{ij} та відповідних значень дисперсій можна використовувати готові формули [20].

Інтерпретацію отриманої моделі (3) доцільно проводити за наростаючого ступеня ризику відвернути правильну гіпотезу. Значущість коефіцієнтів регресії за цим методом перевіряється багатократно від рівня значущості $\alpha = 0,01$ до $\alpha = 0,5$, враховуючи під час оцінки похибок розрахунку коефіцієнтів регресії середню дисперсію вимірів. При кожному рівні ризику будуватиметься граф зв'язку між факторами. Найбільш достовірними є висновки, які будуть зроблені за графом, який відповідає рівню значущості $\alpha = 0,01$. За графом, що відповідає рівню значущості $\alpha = 0,5$, робиться обережний «рівно можливий» висновок, який може бути корисним на стадії початку пошукових робіт.

Взявши для аналізу двосторонній ризик $\alpha = 0,1$, оскільки розробка оперативних рекомендацій відноситься до пошукових робіт, можна вилучити незначні ефекти. Це дозволить спростити для аналізу кінцеву модель (3) та перейти до ранжування за максимальним перепадом Δy в однофакторних моделях $y = f_i(x_i)$, що одержані при стабілізації інших факторів x_i на рівнях, що

відповідають координатам екстремумів y_{\min} та y_{\max} , а також у центрі факторного простору [19].

Аналіз ваги коефіцієнтів в однофакторних моделях у центрі факторного простору

$$\begin{aligned} & (x_0^{(1)} \geq x_0^{(2)} \geq \dots \geq x_0^{(n-1)} \geq x_0^{(n)}) = \\ & = \text{rang} \left\{ \begin{array}{c} |b_{y_0(x_1)}| \\ \dots \\ |b_{y_0(x_n)}| \end{array} \right\}, \end{aligned} \quad (4)$$

та на його края

$$\begin{aligned} & (x_{\min(\max)}^{(1)} \geq x_{\min(\max)}^{(2)} \geq \dots \geq x_{\min(\max)}^{(n)}) = \\ & = \text{rang} \left\{ \begin{array}{c} |b_{y_{\min(\max)}(x_1)}| \\ \dots \\ |b_{y_{\min(\max)}(x_n)}| \end{array} \right\}, \end{aligned} \quad (5)$$

дозволить провести ранжування обраних факторів та визначити, який з них є найбільш вагомим та навпаки у кожній зоні. Ці висновки стануть основою конкретних оперативно-технічних рекомендацій,

оскільки обрані фактори характеризують як технічну (фактор x_3), так і оперативну складові: роботу особового складу (людський фактор x_2) ПРП під час ліквідації НС в умовах впливу НХР (фактор навколишнього середовища x_1).

Висновки. Оперативно-технічний метод скорочення часу локалізації пожежно-рятувальним підрозділом надзвичайної ситуації екологічного характеру з викидом небезпечної хімічної речовини полягає в розробці оперативно-технічних рекомендацій відповідно до максимальних перепадів в однофакторних моделях, які одержані на рівнях, що відповідають координатам екстремумів, а також у центрі факторного простору багатофакторної поліноміальної моделі, отриманої за результатами імітаційного моделювання відповідно до традиційного плану техніко-економічних експериментів $3 \times 3 \times 3$ й такої, що відображає залежність часу локалізації пожежно-рятувальним підрозділом надзвичайної ситуації екологічного характеру від параметрів викиду, підготовленості рятувальників та комбінації засобів індивідуального захисту, які вимірюються в нормованих оцінках.

Література

1. Сведения о чрезвычайных ситуациях, происшедших на территории Российской Федерации за 12 месяцев 2015 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/CHrezvichajnie_situacii/2015_god.
2. Сведения о чрезвычайных ситуациях в Республике Беларусь по данным учета МЧС [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://mchs.gov.by/rus/main/ministry/statistics/stat2/~page__m17=1.
3. Анализ фактов чрезвычайных ситуаций, происшедших на территории Республики Казахстан [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://yvision.kz/post/14371>.
4. Кодекс цивільного захисту України : за станом на 1 липн. 2013 р. / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К. : Офіційний вісник України, 2012. – № 89. – 9 с.
5. Про затвердження Положення про Оперативно-рятувальну службу цивільного захисту Державної служби України з надзвичайних ситуацій : за станом на 3 липн. 2014 р. / Міністерство внутрішніх справ України. – Офіц. вид. – К. : Офіційний вісник України, 2014. – № 835/25630.
6. Federal Emergency Management Agency [Electronic resources]. – Mode of access : <https://www.fema.gov/about-agency>.
7. Гражданская оборона ФРГ [Электронный ресурс]. – Зарубежное военное обозрение. – 2015. – Режим доступа : <http://www.zvo.su/voennaya-ekonomika/grazhdanskaya-oborona-frg.html>
8. Fire Service in Japan [Electronic resources] – Mode of access : http://www.kaigai-shobo.jp/pdf/Fire_Service_jpn.pdf
9. Кузьменко В. А. Аналіз можливостей використання ізолюючих апаратів під час ліквідації аварій на об'єктах із сильнодіючими отруйними речовинами / В. А. Кузьменко, Л. Л. Михальська, С. М. Щербак // Проблеми пожежної безпеки : сб. науч. тр. АПБ України. – Х. : Фолио, 2002. – Вып. 12. – С. 162 – 169.
10. Маршалл В. Основные опасности химических производств. – М. : Мир, 1989. – 671 с.
11. Басманов А. Е. Математическая модель диффузии опасных химических веществ в воздухе / А. Е. Басманов, С. С. Говаленков // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2008 – № 8. – С. 29–39.
12. Воробьев В. К. Сильнодействующие ядовитые вещества. Ликвидация аварий и тушение пожаров / В. К. Воробьев, А. В. Врублевский. – Минск : ВИПТУ МВД РБ, 1997. – 197 с.
13. Методические рекомендации по ликвидации последствий радиационных и химических аварий / [Владимиров В. А., Лукьянченков А. Г., Павлов К. Н. и др.] ; под ред. В. А. Владимировой. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС, 2004. – 340 с.
14. Михно Е. П. Ликвидация последствий аварий и стихийных бедствий / Михно Е. П. – М. : Атомиздат, 1979. – 412 с.
15. Рятувальні роботи при надзвичайних ситуаціях: навч. пос. Ч. 1 / [Аветисян В. Г., Сенчихін Ю. М., Тригуб В. В. та ін.] – К : Основа, 2006. – 360 с.
16. Брушлинский Н. Н. Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы : учебник / Брушлинский Н. Н. – М.: МИПБ МВД России, 1998. – 255 с.

17. Глуховенко Ю. М. Разработка методов совершенствования организационной структуры противопожарной и аварийно-спасательной службы: дис... канд. техн. наук : специальность 21.06.02 / Глуховенко Юрий Михайлович – М. : ВИПШТ, 1992. – 145 с.
18. Аветисян В. Г. Тушение пожаров и выполнение спасательных работ при химических заражениях / В. Г. Аветисян, А. И. Хянькяйнен. – Х. : ХИПБ МВД Украины, 1998. – 123 с.
19. Стрелец В. М. Розробка оперативно-технічного методу скорочення часу проведення аварійно-рятувальних робіт першим пожежно-рятувальним підрозділом в умовах техногенних надзвичайних ситуацій / В. М. Стрелец // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – 2016. – № 11. – С.26–36.
20. Вознесенский В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В. А. Вознесенский. – М. : Финансы и статистика, 1981. – 263 с.
21. Чучковский В. Н. Особенности прогнозирования результатов деятельности боевых расчетов пожарных автомобилей / В. Н. Чучковский, В. М. Стрелец // Проблемы пожарной безопасности : сб. науч. тр. – 1997. – Вып. 2. – С.156–159.
22. Стрелец В. М. Упрощенная оценка времени выполнения развертывания пожарно-технического вооружения / В. М. Стрелец // Информатика : зб. наук. пр. – Вып. 7. – К., Наук. Думка, 1999. – С.50–54.
23. Стрелец В. М. Имитационное моделирование аварийно-спасательных работ, проводимых в процессе извлечения пострадавшего из-под завала / В. М. Стрелец, В. Г. Аветисян // Системи обробки інформації : зб. наук. пр. НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – Вып. 2 (6). – Х., 1999. – С.78–82.
24. Васильев М. В. Представление исходных данных для имитационного моделирования процесса ликвидации чрезвычайных ситуаций с выбросом опасного химического вещества [Электронный ресурс] / М. В. Васильев, В. М. Стрелец // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2011. – № 14. – С.53–64. – Режим доступа : <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol14/Vasilev.pdf>.
25. Стрелец В. М. Имитационное моделирование работы звена газодымозащитной службы пожарной охраны / В. М. Стрелец // Системи обробки інформації : зб. наук. пр. НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – Вып. 1 (5). – Х., 1999. – С.158–161.
26. Васильев М. В. Аналіз герметичності комплексу засобів індивідуального захисту першого типу / М. В. Васильев, В. М. Стрелец, В. В. Коврегін // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2010. – № 11. – С.29–38.
27. Басманов А. Е. Зонирование местности в районе непрерывно действующего источника опасного химического вещества [Электронный ресурс] / А. Е. Басманов, М. В. Васильев, С. С. Говаленков // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2011. – № 13 – С.20–33. – Режим доступа : <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol13/Basmanov.pdf>.
28. Стрелец В. М. Раскрытие закономерностей деятельности спасателей при выполнении основных операций в процессе ликвидации аварий с выбросом опасных химических веществ / В. М. Стрелец, М. В. Васильев // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2013. – № 2. – С. 81–86.

Стаття надійшла до редакції 03.03.2017

В. А. Андронов, В. М. Стрелец

ОПЕРАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ МЕТОД СОКРАЩЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫМ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕМ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА С ВЫБРОСОМ ОПАСНОГО ХИМИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

В основу разработанного метода положено ранжирование заданных показателей по результатам анализа трехфакторной полиномиальной модели в нормированных переменных, которая отображает зависимость времени локализации чрезвычайной ситуации с выбросом опасного химического вещества от параметров выброса, подготовленности спасателей и комбинации средств индивидуальной защиты. Разработка оперативно-технических рекомендаций происходит в соответствии с максимальными перепадами в однофакторных моделях, полученных на уровнях, которые соответствуют координатам экстремумов, а также в центре факторного пространства многофакторной модели.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация экологического характера, опасное химическое вещество, аварийно-спасательные работы, оперативно-технические рекомендации.

V. Andronov, V. Strelec

OPERATIONAL-TECHNICAL METHOD OF TIME REDUCING OF LOCALIZATION BY FIRE AND RESCUE DEPARTMENT OF EMERGENCY SITUATION OF ECOLOGICAL CHARACTER WITH HAZARDOUS CHEMICAL EMISSION

In the basis of the method developed is the ranking of the indicators according to the analysis of the three-factor polynomial model of normalized variables which shows the dependence of the time of an emergency situation localization with the emission of a hazardous chemical to the parameters of the emission, preparedness of the rescuers and the combination of personal protective equipment. The development of operational and technical advice is in accordance with the maximum difference of the one-factor models produced at levels that correspond to the coordinates of the extreme, as well as in the center of the factor space of multifactor model.

Keywords: emergency situation of ecological character, hazardous chemical, rescue work, operational and technical advice.