

УДК 656.26

В.К. Мироненко¹, М.Д. Кацман², В.І. Мацюк¹

¹ Державний економіко-технологічний університет транспорту, Київ

² Південно-Західна залізниця, Київ

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ЛІКВІДУВАННІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

У статті розглянуті моделі інформаційних процесів аналізу обстановки та вироблення рішення керівника оперативного штабу з ліквідації наслідків залізничних транспортних ситуацій. Отримані результати щодо швидкої стабілізації інформаційного потоку із збільшенням числа ліквідаційних робіт, які знаходяться в межах горизонту планування, тобто при збільшенні граничного часу ефективної дії рішення ОПР на проведення більш одного етапу робіт. Успішне планування дій, контроль за ходом їх виконання неможливі без СППР, яка базується на розгалуженій високопродуктивній мережі зв'язку, сучасних засобів нагляду за місцями проведення робіт та надзвичайної ситуації, а також підготовленого персоналу.

Ключові слова: інформаційні процеси, вироблення рішення, залізничні надзвичайні ситуації, планування дій, система підтримки прийняття рішень.

Пункти управління силами і засобами залізничної функціональної підсистеми реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру з відповідними оперативними штабами, що створюються при виникненні таких ситуацій, диспетчерським апаратом і черговим персоналом управління і служб являють собою ієрархічну структуру, яка відповідає структурі залізничного транспорту.

Місцем розташування пункту управління найвищого (першого рівня) може стати майбутній Центр управління рухом поїздів, що буде створюватися для Публічного акціонерного товариства «Українські залізниці», другий рівень управління процесами реагування на надзвичайні ситуації складатимуть пункти управління регіональних філій залізниць, до третього рівня управління відносяться аналогічні пункти управління дирекцій залізничних

перевезень, які безпосередньо керують підрозділами залізничного транспорту, що входять до складу залізничної функціональної підсистеми (виконавці).

На місці виникнення надзвичайної ситуації та проведення локалізаційних та ліквідаційних робіт розгортаються основні та запасні пункти управління відповідного рівня керівництва, як правило, один з них розташовується у відновному поїзді (мобільний пункт управління) з необхідними для функціонування засобами зв'язку, обчислювальною технікою та обладнанням.

У контурі керування «пункт управління – ліквідаційні підрозділи» циркулює командна інформація (накази, розпорядження, вказівки тощо) та інформація про параметри небезпечних факторів надзвичайної ситуації, стан підрозділів, результати їх дій, зміни обстановки, матеріально-технічне забез-

печення тощо у вигляді відповідних доповідей (повідомлень). Наприклад, первинне повідомлення про катастрофи та аварії вміщує, зокрема, інформацію про дату, час і місце події; відомості про аварійний поїзд; кількість загиблих і травмованих осіб; ступінь пошкодження рухомого складу, об'єктів і споруд; метеорологічні умови на момент події; характеристики місцевості події, а також інформацію про труднощі доступу до рухомого складу або особливі вимоги, що стосуються прибуття на місце події; інформацію про вантаж, наявність і характер небезпечних вантажів; дані про організацію та проведення аварійно-відбудовних робіт та інші достовірні відомості про транспортну подію, що відомі на момент подання інформації [1].

Так, при виборі варіанта постановки рухомого складу на рейки оперативним штабом аналізуються повідомлення керівників підрозділів щодо характеру сходження (одного колеса, візка, одного візка повністю або всіх візків, ушкодження конструкції шкворневого з'єднання з рамою вагона та його місце під кузовом рухомого складу, розташування рухомого складу стосовно колії тощо), рельєфу місцевості, наявних поблизу комунікацій, будівель, енергоме-

режі, інших споруд, місцезнаходження та готовності до роботи сил і засобів.

Керівнику оперативного штабу спільно із фахівцями залізничного транспорту необхідно здійснити аналізування великої кількості інформації від керівників різних функціональних підрозділів, що виконують певні функції з реагування на надзвичайні ситуації (начальники пожежних та відновних поїздів, аварійно-польових команд, керівники відбудовних підрозділів з відновлення електропостачання, зв'язку тощо). Це інформація про результати розвідки місця події організації і результати проведення робіт з локалізації надзвичайної ситуації та ліквідації її наслідків, проведення евакуації людей і техніки, ужиття необхідних заходів безпеки, організації і результатів проведення заходів всебічного забезпечення дій щодо реагування на небезпечну ситуацію тощо.

Дії оперативного персоналу при різного роду надзвичайних ситуаціях залежать від самої ситуації, її масштабів та розвитку процесів, які її супроводжують, тобто ці дії можуть бути дуже різноманітними, але при цьому їх можна алгоритмізувати. Приклад такої алгоритмізації дій наведено на рис. 1.

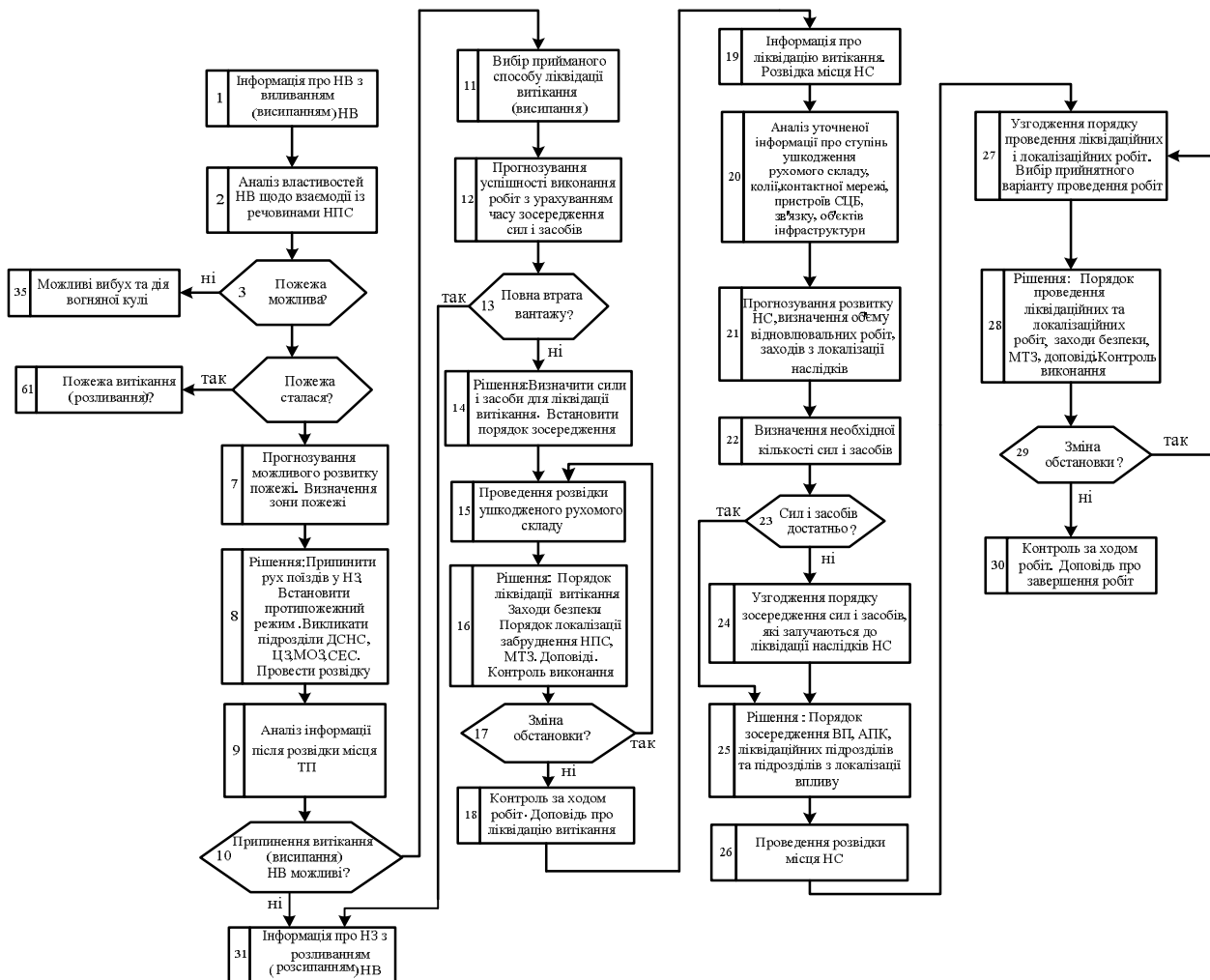


Рис. 1 Алгоритм дії оперативної штабу при НС, пов'язаній з виливанням (розсипанням) небезпечного вантажу

Кожен із блоків цього алгоритму є, по суті, кроком у певному порядку виконання робіт щодо аналізу ситуації і організації її локалізації та ліквідації наслідків.

Наприклад, нижче наведено графік надходження інформації про виконання технологічного процесу постановки аварійного рухомого складу на рейки (рис. 2), що здійснюється відповідно до одного з типових варіантів, передбачених нормативним документом [2].

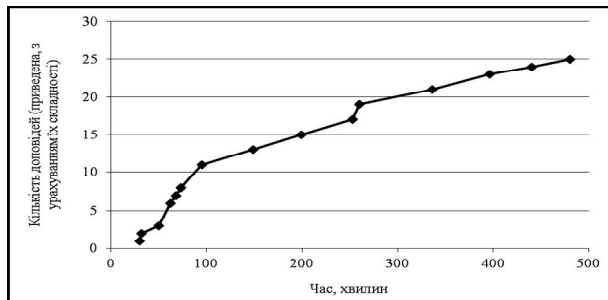


Рис. 2. Графік надходження повідомлень про ліквідацію сходу з рейок аварійного рухомого складу

З рис. 2 видно, що зовнішній вид графіка технологічного процесу постановки аварійного рухомого складу на рейки дуже нагадує криву експоненціальної залежності кількості повідомлень (з урахуванням їх «складності») від часу їх надходження (на початку та в кінці кожної послідовної роботи) згідно з прийнятим порядком виконання робіт [2].

«Складність» повідомлення визначається тим, що в ньому може міститися декілька «простих» повідомлень – наприклад, про закінчення робіт з прибирання вагона (одне повідомлення) і про початок приведення залізничного вантажопідіймального крану у транспортне положення (друге повідомлення). Складність повідомлення вимірюється коефіцієнтом складності $k_w \geq 1$, величина якого залежить від характеру виконуваних робіт.

Припущення про експоненціальний характер залежності потребує підтвердження. Запропонуємо наступну математичну модель процесу надходження повідомлень з урахуванням їх складності:

$$I_w(t) = mk_w \left(1 - \exp\left(-\frac{k_w}{t_w} \cdot t\right) \right), \quad (1)$$

де $I_w(t)$ – кількість повідомлень, з урахуванням їх складності, у поточний момент часу t , одиниць «простих» повідомлень;

m – кількість робіт (кожна тривалістю t_i , де $i=1,2,\dots,m$), що виконуються послідовно згідно з прийнятим порядком виконання робіт;

k_w – коефіцієнт складності повідомлень при виконуваних роботах;

\bar{t}_w – середня тривалість виконання однієї роботи, яка дорівнює

$$\bar{t}_w = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_i.$$

Для перевірки достовірності цього припущення було використано типові технології виконання робіт та їх нормативні тривалості [2], причому кожна робота, якщо вона виконується вчасно, супроводжується мінімальною кількістю повідомлень (r_{\min}). Якщо ж роботи виконуються з відхиленням від нормативного графіку, тоді кількість повідомлень може бути й більшою (r_{\max}). За формулою (1) розраховані теоретичні значення кількості повідомлень, які співставленні з нормативними на рис. 3.

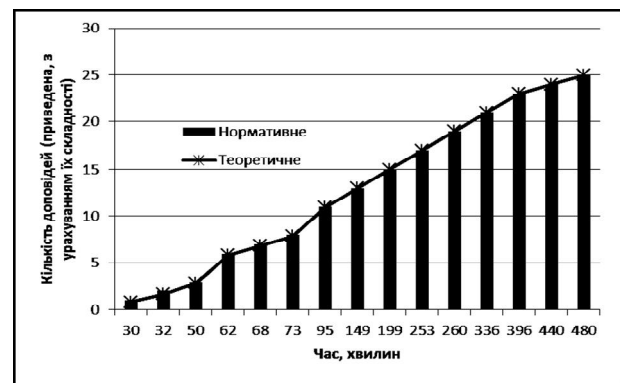


Рис. 3. Результати моделювання потоку повідомлень про ліквідацію сходу з рейок аварійного рухомого складу

З рис. 3 видно, що запропонована математична модель дає надзвичайно близькі до реальних результати – починаючи з 8-ої за порядком роботи розбіжностей між нормативними та теоретичними значеннями практично відсутні, що дає підставу використовувати надалі саме цю математичну модель.

В реальності кількість складних повідомлень коливається між r_{\min} та r_{\max} , причому кожне складне повідомлення може містити декілька простих, а кожне з них – різну кількість «слів» чи інших одиниць інформації, що визначає її загальний об'єм та інтенсивність потоку. Як визначити найбільш ймовірну кількість інформації та інтенсивність її потоку? Використаємо для цього математичну модель, в основу якої покладено графік, наведений на рис. 4 і логіка якої пояснена нижче.

Правилами [3] встановлено, що при розробленні плану реагування на надзвичайну ситуацію визначається порядок надання повідомлень (доповідей, донесень) про хід виконання запланованих робіт.

Припустимо, що для усіх m робіт технологічного графіку встановлений такий порядок надання повідомлень про хід їх виконання: для робіт, що проходять у штатному режимі мінімальне число

повідомлень (r_{\min}), для робіт із порушенням графіку виконання за різних причин – число повідомлень

(r_{\max}), що відповідає раніше прийнятому порядку надходження повідомлень.

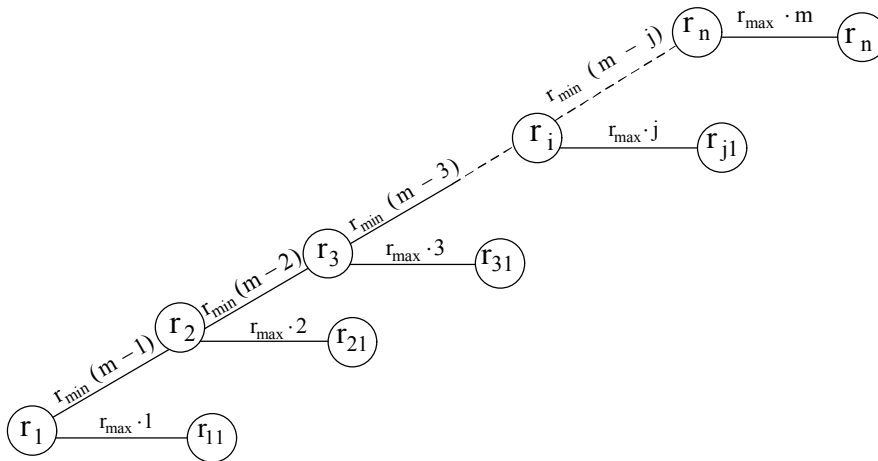


Рис. 4. Діаграма розрахунку кількості доповідей

Так, якщо порушення графіку проведення робіт виникло при виконанні однієї роботи, а усі інші роботи виконані своєчасно, то загальне число доповідей (r_1) буде:

$$r_1 = r_{\max} \cdot 1 + r_{\min}(m - 1).$$

У ситуації, коли порушення графіків сталося у двох роботах, а інші виконані своєчасно, загальне число доповідей (r_2) становить

$$r_2 = r_{\max} \cdot 2 + r_{\min}(m - 2).$$

Для j робіт з порушенням графіків виконання робіт, загальне число доповідей (r_j) буде:

$$r_j = r_{\max} \cdot j + r_{\min}(m - j) = r_{j1} + r_{j2}.$$

При порушенні графіків робіт у всіх m роботах, число доповідей (r_m) становить:

$$r_m = r_{\max} m.$$

Такі міркування, які ілюструються діаграмою, що подана на рис. 4, приводять до того, що загальна кількість доповідей (r) становитиме

$$r = \sum_{j=1}^m (r_{\max} j + r_{\min}(m - j)).$$

Визначимо імовірності подання доповідей про порушення технологічних процесів виконання робіт (P_{j1}):

$$P_{j1} = \frac{r_{j1}}{r} = \frac{r_{\max} \cdot j}{\sum_{j=1}^m (r_{\max} j + r_{\min}(m - j))}.$$

Аналогічно імовірності доповідей про нормальний хід технологічних робіт визначається:

$$P_{j2} = \frac{r_{j2}}{r} = \frac{r_{\min} \cdot (m - j)}{\sum_{j=1}^m (r_{\max} j + r_{\min}(m - j))}.$$

Математичне сподівання кількості доповідей про порушення ходу робіт становить:

$$M[r_{j1}] = \sum_{j=1}^m \frac{r_{\max} \cdot j}{\sum_{j=1}^m (r_{\max} \cdot j + r_{\min}(m - j))} \cdot j.$$

Математичне сподівання кількості доповідей про нормальний хід робіт буде:

$$M[r_{j2}] = \sum_{j=1}^m \frac{r_{\min} \cdot (m - j)}{\sum_{j=1}^m (r_{\max} \cdot j + r_{\min}(m - j))} \cdot (m - j).$$

Математичне сподівання загальної кількості доповідей становить:

$$M[r] = M[r_{j1}] + M[r_{j2}].$$

Результати проведеного чисельного експерименту щодо визначення характеру зміни величини математичного сподівання повідомлень різної конкретизації про хід проведення ліквідаційних робіт приведені на рис. 5.

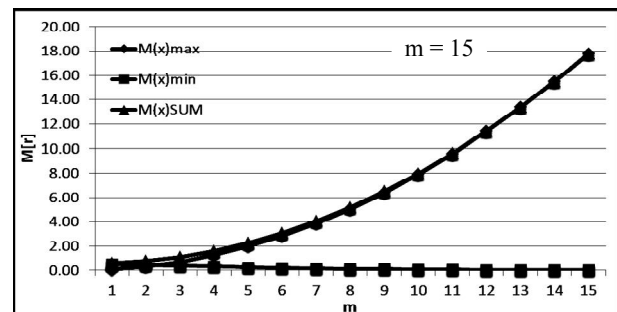


Рис. 5. Характер зміни математичного сподівання числа повідомлень про хід виконання ліквідаційних робіт

З рис. 5 видно, що на характер зміни математичного сподівання $M[r]$ значно впливає складова

$M[r_{ij}]$. Наприклад, при $m = 15$, $r_{\min} = 2$, на цю складову при $r_{\max} = 3$ припадає 73% повідомлень, при $r_{\max} = 7$ – 94% повідомлень а при $r_{\max} = 11$ – 97% повідомлень. Необхідно відмітити, що на повідомлення з максимальною конкретизацією (деталізацією) припадає й такий самий відсоток часу, необхідний як для їх передавання по каналах зв'язку, так й для усвідомлення ОПР..

Характер залежності зміни $M[r]$ від максимальної величини конкретизації повідомлення (r_{\max}) поданий на рис. 6.

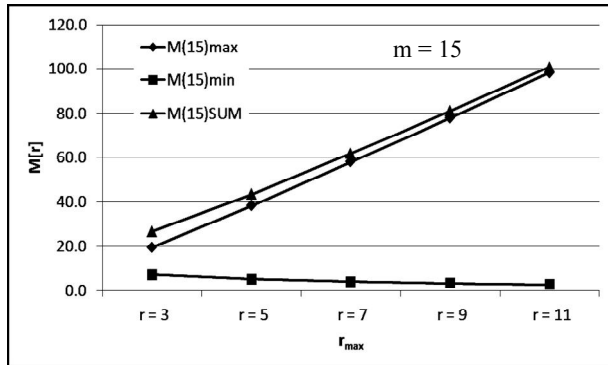


Рис. 6. Залежність середньої кількості повідомлень від їх максимальної кількості та кількості робіт $M[r] = f(m, r_{\max})$

З рис. 6 видно, що із збільшенням величини r_{\max} при визначеній кількості робіт (m), величина $M[r]$ стрімко зростає за лінійним законом.

Виходячи з того, що час на прийняття рішення, як правило, є дуже обмеженим, то перед ОПР постає проблема якнайскорішого уясування інформації про обстановку, що склалася, аналізування факторів і умов, що впливають на проведення ліквідаційних робіт (тобто на мінімізацію часу) оцінювання обстановки. Зменшення цього часу, на наш погляд, можна здійснити за рахунок впровадження при проведенні відновлювальних робіт на залізничному транспорті регламенту надання повідомлень про хід їх виконання та, завдяки формалізації таких повідомлень, значно зменшити об'єм інформації, який необхідно «обробити» ОПР.

Зауважимо, що до формули (1) входить величина

$$\bar{t}_w = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_i,$$

де t_i – тривалість виконання однієї роботи.

Враховуючи, що $\sum_{i=1}^m t_i = T_e$, а $k_w = M[r]$ формулу (1) можна записати у вигляді:

$$I_w(t) = M[r] \cdot m \left(1 - \exp\left(-\frac{m}{T_e} \cdot t\right) \right). \quad (2)$$

де T_e – гранично допустимий термін припинення дії небезпечних факторів надзвичайної ситуації, встановлений наказом (цикл наказу).

Формула (2) представляє собою інтегральну функцію потоку інформації залежно від часу.

Знайдемо α_{ij} – щільність потоку інформації i -ої служби на j -тому етапі проведення робіт:

$$\alpha_{ij} = \frac{dI_w(t)}{dt} = M[r] m \frac{m}{T_e} e^{-\frac{m}{T_e} t} = \frac{M[r] m^2}{T_e} e^{-\frac{m}{T_e} t}. \quad (3)$$

Формула (3) дає можливість оцінити щільність потоку інформації на кожному з k етапів процесу виконання ліквідаційних робіт, на яких роботи виконуються підрозділами різних служб, кожна з яких є окремим джерелом інформації. Тому у формулі

$$\alpha_{ij} = \frac{M[r] m^2}{T_e} e^{-\frac{m}{T_e} t}.$$

Визначимо характер залежності $\alpha_{ij} = f(t)$ для різних значень r_{\max} при певному m . Результати обчислювального експерименту подані на рис. 7.

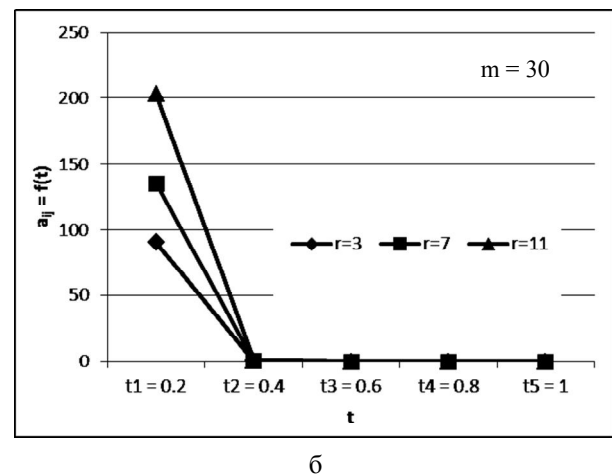
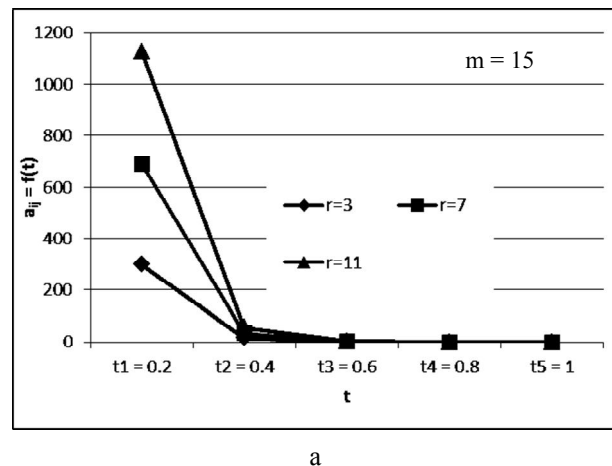


Рис. 7. Залежність $\alpha_{ij} = f(t)$

З моделі, за якою побудовано рис. 7, видно, що найбільша щільність інформаційного потоку припа-

дає на початок етапу процесу виконання ліквідаційних робіт. Отже, модель адекватно відображає сутність початкового етапу, коли необхідно надавати максимальний об'єм інформації про умови і фактори, які впливають на їх проведення, стан і готовність до дій ліквідаційних підрозділів тощо.

Із збільшенням величини r_{max} інтенсивність потоку у цей період значно зростає, але при досягненні деякого часу (t_4 для $m = 15$ рис. 7, а і t_3 для $m = 30$ рис. 7, б) інтенсивність потоку помітно стабілізується та стає практично незмінною до закінчення етапу (часу T_e).

Зменшення часу стабілізації інформаційного потоку із збільшенням числа ліквідаційних робіт, на наш погляд, можна пояснити зменшенням відносної «ваги значущості» окремого повідомлення та його впливу на увесь комплекс робіт (кількість яких m).

Отриманий результат щодо швидкої стабілізації інформаційного потоку із збільшенням числа ліквідаційних робіт (m), які знаходяться в межах горизонту планування, тобто при збільшенні граничного часу (T_e) ефективної дії рішення ОПР на проведення більш одного етапу робіт. Це спонукає до розгляду необхідності прийняття ОПР рішення на проведення якомога більшого числа послідовних етапів ліквідаційних робіт.

На нашу думку, це можливо за деяких умов. По-перше, необхідно мати різні інструменти (передусім адекватні математичні моделі) проведення точного та якісного прогнозування розвитку небезпечних факторів надзвичайної ситуації та ефективності дій підрозділів з локалізації такої ситуації та ліквідації її наслідків. Питанням розроблення таких механізмів присвячена низка робіт, зокрема роботи [4, 5]. По-друге, необхідно мати можливість безпосереднього спостереження за обстановкою на місці проведення ліквідаційних робіт, наприклад, за допомогою БПЛА [6], з метою вироблення ОПР, на разі необхідності, корегувальної командної інформації.

Враховуючи те, що на k етапах виконання ліквідаційних робіт приймають участь підрозділи різних служб, загальна кількість яких, наприклад, b , то доцільним є визначення потоку інформації, який надходить до ОПР певного рівня управління протягом усіх етапів від усіх виконавців робіт.

Інтенсивність загального потоку інформації розраховуємо як

$$\lambda_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^b \alpha_{ij}}{T_e \left(\frac{1}{j} - \frac{1}{k+1} \right)}, \quad (4)$$

де i – порядковий номер служби;
 j – порядковий номер етапу;
 α_{ij} – потік інформації від i -ої служби на j -му етапі;

k – кількість обов'язкових етапів до моменту завершення дії наказу (T_e);

$t_k = \frac{T_e}{k}$ – середня тривалість етапу всередині циклу;

b – кількість джерел інформації (служб, що оцінюють надзвичайну ситуацію).

У формулі (4) останній ($k+1$ -й) етап – це етап перевірки повноти виконання усіх робіт та доповіді про це на пункт управління.

На рис 8 представлені результати проведеного обчислювального експерименту щодо визначення характеру зміни інформаційних потоків кожної з п'яти служб регіональної філії залізниці на шести етапах циклу відновних робіт. Для розуміння результатів, наведених на рис. 8, зазначимо, що умовний порядковий номер служби відповідає її «вазі значущості» при організації та проведенні ліквідаційних робіт. Наприклад, вага служби 1 більше за вагу служби 2, вага служби 2 більша за вагу служби 3 й т.д.

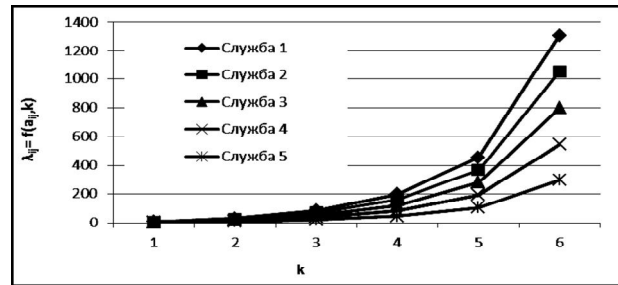


Рис. 8. Залежність $\lambda_{ij} = f(\alpha_{ij}, k)$

Як бачимо з рис. 8, на відміну від результатів, що відображені на рис. 7, найбільша щільність інформації припадає на завершальні етапи, бо містить у своєму складі потоки інформації попередніх етапів. Тобто тут моделлю, знову ж таки адекватно, відображається той факт, що інформація, яка використовувалася на кожному з етапів циклу відновних робіт не застаріває до моменту закінчення всього циклу таких робіт.

На рис. 9 поданий графік залежності щільності загальної кількості повідомлень по всіх службах на кожному з етапів циклу робіт та при збільшенні сумарних потоків на кожному з етапів.

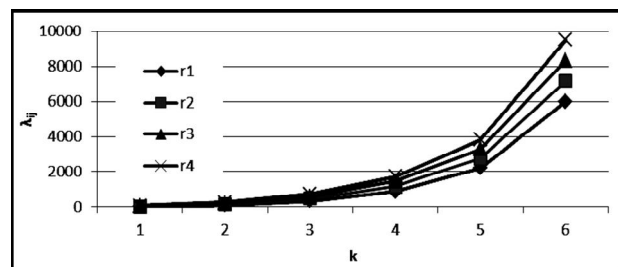


Рис. 9. Залежність $\lambda_{ij} = f(\sum \alpha_{ij}, k, r), r_1 < r_2 < r_3 < r_4$

Графіки, що представлені на рис. 8 і 9, більш ніж переконливо показує «лавиноподібний» характер потоку інформації, що надходить до ОПР. Ця інформація вимагає для її врахування та осмислення певного часу, додатковий час необхідний для вироблення рішення, а також потрібен час на доведення цього рішення до виконавців, причому жоден з цих етапів циклу управління неприпустимо ігнорувати. Тобто ОПР працює в складних умовах «надлишку» інформації, неможливості ігнорувати її деталі, і «цейтноту» часу власне на прийняття рішення.

Зрозуміло, що в таких умовах неможливо обійтися без СППР, яка повинна ґрунтуватися на розгалуженій та високопродуктивній системі зби-

рання та передавання інформації. Ця система повинна використовувати технології об'єктивного оцінювання ситуації он-лайн, мати математичні моделі та програмні засоби для прогнозу ситуації, а також використовувати канали зв'язку відповідної потужності.

Архітектура такої СППР повинна відповідати існуючій єдиній автоматизованій системі вантажних перевезень Укрзалізниці (АСКК ВП УЗ-Є) з відповідною мережею передачі даних.

Структура СППР, що пропонується для керівників оперативних штабів майбутніх ситуаційних центрів реагування на надзвичайні ситуації, представлена на рис. 10.

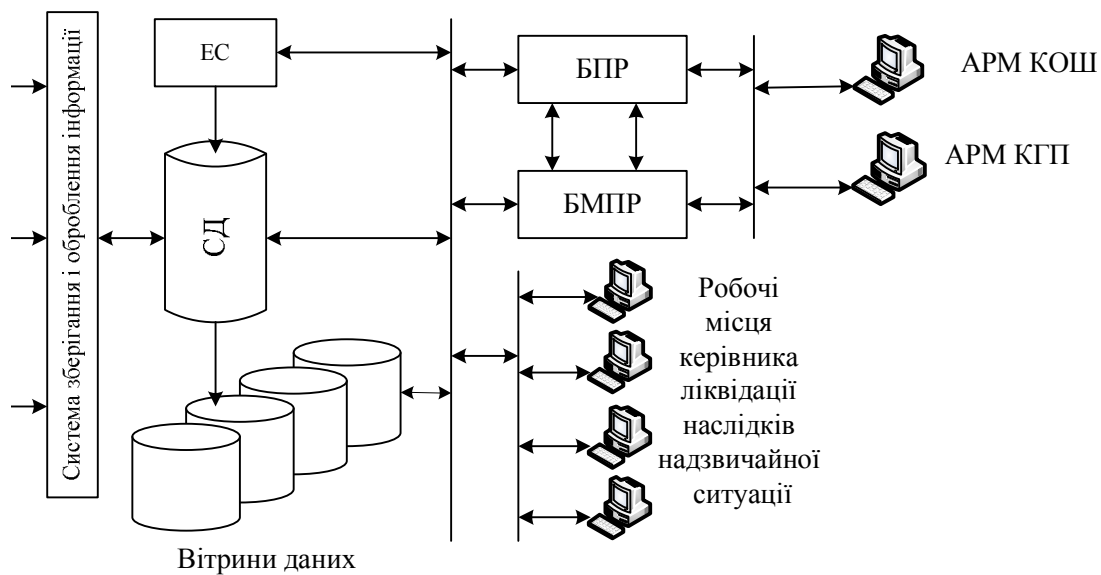


Рис. 10. Структура СППР

До складу СППР входять експертна система (ЕС), сховище даних (СД), вітрини даних керівників ліквідації наслідків аварійної ситуації на об'єктах і в рухомому складі залізничного транспорту (КЛННС), блок методів прийняття рішень (БМПР) і блок підготовки рішення (БПР).

Сховище даних є оптимально організованою базою, що забезпечує максимально швидкий доступ до інформації, яка необхідна під час вироблення рішення.

Кожна конкретна вітрина даних створюється для оцінювання обстановки і вироблення найбільш прийняттого варіанту виконання заходів щодо ліквідації наслідків надзвичайної ситуації на об'єктах і в рухомому складі господарств залізничного транспорту.

Блок методів прийняття рішень повинен мати достатню кількість різноманітних методів прийняття рішень з відповідним механізмом аналізу цих методів.

До таких методів відносяться нейронні мережі, нечітка логіка, генетичні алгоритми, дерева рішень,

а також методи математичної статистики, теорії ймовірностей, регресійний аналіз тощо.

З урахуванням того, що дані в СППР можуть подавати у вигляді текстової та графічної інформації, то у складі такої системи повинні використовувати відповідні методи оброблення цієї інформації.

БПР є алгоритмом, який вибирає одне рішення з деякої множини варіантів, які надаються БМПР, або видає ранжирувальний список рішень за встановленими критеріями.

Архітектура СППР, що пропонується, дозволить створювати сховище і вітрини даних, алгоритми аналізування обстановки і вироблення рішень єдиними для усіх ситуаційних центрів ієрархічної системи пунктів управління залізничного транспорту, а також для мобільного пункту управління реагуванням на надзвичайні ситуації і ліквідації їх наслідків, який знаходиться на місці проведення ліквідаційних заходів.

Ефективне розв'язування завдань реагування на надзвичайні ситуації неможливе без обізнаного досвідченого персоналу пунктів управління.

Висновки

1. Для зменшення інформаційних потоків у контурі управління «пункт управління – ліквідаційні підрозділи» доцільним є вироблення рішення керівника оперативного штабу не на один, а одразу на декілька етапів проведення ліквідаційних робіт. Для цього необхідні відповідні математичні моделі щодо проведення точного та якісного прогнозування розвитку небезпечних факторів надзвичайної ситуації та результатів дій цих підрозділів.

2. Для опису інформаційних процесів вперше запропоновано та перевірено обчислювальними експериментами математичні моделі, що адекватно відображають динаміку обміну інформацією в контурі керування «пункт управління – ліквідаційні підрозділи» при будь-якій кількості служб та підрозділів, зайнятих ліквідаційними роботами, та етапів цих робіт.

3. В умовах дефіциту часу процес надходження різноманітних даних до керівника оперативного штабу набуває лавиноподібного характеру, що ускладнює сприйняття та аналіз ним цієї інформації. Тому для ефективного вироблення рішення з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій є критично необхідними розроблення, впровадження та практичне застосування системи підтримки прийняття рішення (СППР). Така система повинна базуватися на розгалуженій високопродуктивній мережі зв'язку та сучасних засобах спостереження, наприклад, БПЛА.

4. Для ефективної роботи персоналу пунктів управління залізничного транспорту необхідно впроваджувати новий підхід у професійній підготовці, спрямований на підвищення рівнів компетенцій персоналу, тобто сукупності знань, умінь та навичок з організації реагування на надзвичайні ситуації в

різних умовах, який базується на активних методах навчання, з метою практичного виконання ними функціональних обов'язків та узгодження їх злагоджених спільних дій.

Список літератури

1. Положення про Систему управління безпекою руху поїздів в Державній адміністрації залізничного транспорту (Укрзалізниця). Наказ Міністерства інфраструктури України від 01.04.2011 № 27. - К.: Міністерство інфраструктури, 2011. – 92 с.

2. Методичні рекомендації щодо визначення нормативів часу на проведення аварійно-відновних робіт із використанням основних технічних засобів відбудовних поїздів залізниць України/[Пузир В.Г., Крот В.С., Панасенко О.І., Ребриков С.Я.]. Наказ Укрзалізниці від 17.12.2008 № 548-Ц. – К.: Укрзалізниця, 2008. – 148 с.

3. Правила безпеки та порядок ліквідації наслідків аварійних ситуацій з небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом. Наказ Міністерства транспорту і зв'язку України від 25.11.2008 ; 1431. – К.: МТЗУ, 2009. – 753 с.

4. Кацман М.Д. Оцінювання і прогнозування надзвичайних ситуацій на транспорті / [М.Д. Кацман, В.К. Мироненко, О.Г. Родкевич, О.Г. Стрелко] // Безпека життєдіяльності людини як умова сталого розвитку сучасного суспільства. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. – К.: Основа, 2011. – С. 300-302.

5. Кацман М.Д. Математичні моделі екологічно небезпечних залізничних транспортних подій / М.Д. Кацман, В.К. Мироненко, В.І. Мацюк // Системи обробки інформації – Вип. 3 (128). – Х.: ХУПС, 2015. – С. 125-131.

6. Мироненко В.К. Перспективи використання безпілотних літальних апаратів у ліквідації наслідків залізничних транспортних подій / В.К. Мироненко, П.В. Лапін, М.Д. Кацман // Залізничний транспорт України – 2015. – № 4. – С. 43-48.

Надійшла до редколегії 17.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук проф. М.І. Адаменко, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

В.К. Мироненко, М.Д. Кацман, В.И. Мацюк

В статье рассмотрены информационные аспекты процесса анализа обстановки и выработки решения руководителя оперативного штаба ликвидации последствий железнодорожных чрезвычайных ситуаций. Показано, что для уменьшения объемов информации, необходимой для этого процесса, целесообразно вырабатывать решение сразу для действий на нескольких последовательных этапах ликвидационных мероприятий. Успешное планирование действий, контроль за ходом их выполнения, корректировка решения, в случае необходимости, невозможны без СППР, базирующейся на высокопродуктивной сети связи, современных средств наблюдения за местами чрезвычайной ситуации и проведения работ, а также обученного персонала.

Ключевые слова: информационные процессы, выработка решения, железнодорожные чрезвычайные ситуации, планирование действий, система поддержки принятия решений.

MATHEMATICAL MODELS OF INFORMATION PROCESSES AT LIQUIDATION OF EMERGENCY SITUATION

V.K. Mironenko, M.D. Kacman, V.I. Masyuk

The article considers the models of information processes during stages of situation conditions analysis and decision making by operational headquarters manager in the aftermath of rail transport emergency situations. The results are obtained on rapid stabilization of the information flows with the number of consequent operations located within the planning horizon that is by increasing the effective time limit of the decision-maker to more than one phase of work. Successful planning, monitoring the progress of their implementation is impossible without Decision Support System based on an extensive network of highly productive communication, modern means of supervision at the operation place of emergency and trained personnel.

Keywords: information processes, decision making, rail transport emergency situation, action planning, Decision Support System.