

БУТЬКО Т.В., доктор технічних наук, професор,  
ГОЙ Т.А., магістрант (Український державний університет залізничного транспорту)

## Організація перевезень небезпечних вантажів на тактичному рівні

*Робота присвячена організації перевезення небезпечних вантажів в підсистемі «технічна станція-прилегла дільниця», яка б дозволяла зменшити кількість транспортних подій за участю небезпечних вантажів різних класів небезпеки. Застосовано підхід на основі нечіткого ситуаційного управління, що дозволить формалізувати неточні знання щодо процесу управління.*

**Ключові слова:** оперативне управління, небезпечні вантажі, нечітке ситуаційне управління, технологія обробки вагонів, нечітка ситуація

### Вступ

Протягом останнього часу обсяги перевезень небезпечних вантажів (НВ) знаходяться на сталому рівні, разом з цим спостерігається тенденція зростання кількості транспортних подій за участю небезпечних вантажів різних класів небезпеки. Аналіз причин аварій та катастроф показав, що 10 % випадків припадає на організаційні чинники, зокрема на неправильні дії диспетчерського персоналу та працівників станції, а саме, через порушення вимог безпеки під час експлуатації рухомого складу та об'єктів інфраструктури залізничного транспорту, невиконання вимог інструкцій з безпеки руху при здійсненні поїзної та маневрової роботи. Дана ситуація вимагає вирішення задачі підвищення рівня безпеки при організації перевезень небезпечних вантажів на основі розробки раціональної технології управління їх перевезеннями на рівнях тактичного та оперативного планування.

Одним з важливих етапів в управлінні перевезеннями небезпечних вантажів є вибір технологічного ланцюга обробки вагонів з такими вантажами, що характеризується високим рівнем відповідальності диспетчерського персоналу, складним взаємопов'язаним та змінним у часі процесом планування роботи станцій та поїзних дільниць, невизначеністю інформації, на основі якої приймаються рішення. В залежності від правильності прийнятих рішень диспетчерським та оперативним персоналом при надзвичайній ситуації є можливість зменшення її наслідків.

### Актуальність

У даний час спостерігається тенденція збільшення використання небезпечних речовин (хімічних, радіоактивних, вибухонебезпечних, отруйних та ін.) в промисловості та сільському господарстві, що несуть у собі потенційну небезпеку. Саме тому виникає необхідність в практично безперервному їх перевезенні. Таким чином, актуальною залишається задача надання якісних послуг з перевезення вищезазначених НВ за умови високого рівня безпеки перевізного процесу і забезпечення мінімальних витрат на здійснення перевезень.

### Аналіз попередніх досліджень

Значний внесок у вирішення завдань вдосконалення організації перевезень небезпечних вантажів на залізничному транспорті, оперативного управління, процесу планування маршруту прямування вагонів та оптимальної схеми напрямку вагонопотоків зробили такі вчені та практики: Н.С. Green, R.E. Barlow, H. Kumamoto, A.J. Bourne, F.N. Proschan, E.J. Henly, E. Apl, E. Erkut, А.Г. Базазьян, В.М. Акулінічев, В.Н. Андросюк, А.Л. Кармолін, А.В. Костров, П.С. Грунгов, В.М. Самсонкін, А.М. Островский, Т.В. Бутько, С.І. Музикіна та інші.

Аналіз наукових досліджень щодо перевезення НВ свідчить, що в основному теоретичні розробки виконувались для умов автомобільного транспорту. При цьому вони спрямовані на оцінку потенційної небезпеки через врахування можливих ризиків та економічних наслідків [1]. Таким чином, виникає актуальне науково-прикладне завдання удосконалення технологій перевезень вагонів з НВ на залізничному транспорті, що передбачає формування наукових підходів для створення теоретичної бази автоматизації процесу перевезень на тактичному та оперативному рівнях, яка базується на оцінці можливих ризиків.

**Викладення основного матеріалу**

Для дослідження тенденції перевезення небезпечних вантажів сформовано динаміку їх

розподілу по днях місяця на станції Тернопіль (Львівська залізниця) за січень 2015 р.

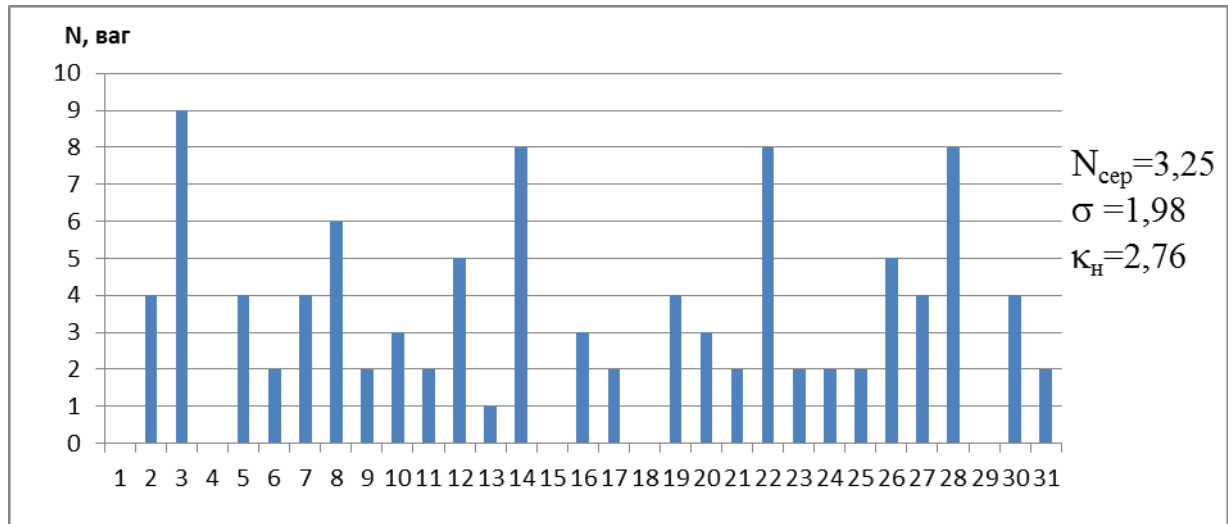


Рис. 1. Динаміка розподілу вагонів з небезпечними вантажами за січень 2015 року:

$N_{сеп}$  – середня кількість вагонів з НВ;  $\sigma$  - середнє квадратичне відхилення;  $\kappa_H$  – коефіцієнт нерівномірності

Таким чином, проведений аналіз доводить наявність значних коливань обсягів перевезень вагонів з НВ, про що свідчить величина коефіцієнту нерівномірності  $\kappa_H$ .

На процес оперативного управління технологією обробки вагонів з НВ в підсистемі «технічна станція – прилегла дільниця» впливає велика кількість факторів, які складно формалізувати традиційними методами. Це обумовлено складністю структури функціонування залізничного транспорту, в якій важливим елементом є люди, індивідуальну поведінку яких майже неможливо врахувати, а стан об'єкту управління змінюється в часі. Для формування автоматизованої технології обробки вагонів з НВ застосуємо підхід на основі нечіткого ситуаційного управління [2], що дозволить формалізувати неточні знання щодо процесу управління на рівні логіко-лінгвістичного представлення знань про стан об'єкта управління та технологію перевезення небезпечних вантажів на залізничному транспорті.

На концептуальному рівні процедуру ситуаційного управління технологією обробки вагонів з НВ в підсистемі «технічна станція – прилегла дільниця» можна представити у вигляді відношення [2, 3]

$$S_i : s_j \overline{U_k} s_e$$

де  $S$  - повна ситуація, сукупність, що представляє множини часткових поточних ситуацій  $S_i$ ;

$U_k$  – однокрокове рішення (спосіб впливу на об'єкт управління) диспетчерського персоналу стосовно переведення об'єкта управління із поточної ситуації  $S_i$  в нову ситуацію  $S_j \in S$ , відповідно до стану системи управління та технологічної схеми обробки вагонів у підсистемі «технічна станція – прилегла дільниця».

Застосування ситуаційного підходу для моделювання дозволяє описати складний багатопараметричний процес функціонування технічної станції при обробці вагонів з НВ (тобто всієї системи) лише на основі знань про стан об'єкта управління, що характеризується ознаками технічного стану вагонів з НВ, ознаками, що характеризують технологічний процес та зовнішнє середовище. Формалізація неточних знань про систему управління за допомогою нечітких висловлювань [4] надає можливість більш точно описати неоднозначні тлумачення щодо значень деяких параметрів технологічного процесу, в результаті чого створити адекватну модель управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами на оперативному рівні.

Для обліку не тільки кількісної, але і якісної інформації про стан об'єкта управління з точки зору його рівня безпеки (захисту) і тривалості знаходження на етапах технологічного процесу обробки застосовано поняття нечіткої ситуації, що є нечіткою множиною [3, 5]

$$\mathfrak{S} = \{ \langle \mu_s(y_i) / y_i \rangle \mid y_i \in Y \},$$

де  $Y = \{y_1, y_2, y_i, \dots, y_p\}$  - множина ознак, значеннями яких описується стан об'єкта управління в деякий момент часу,

$$i = \overline{1, p};$$

$\mu_s(y_i)$  - функція належності (ФН), що характеризує ступінь належності елемента  $y_i$  нечіткій множині  $\mathfrak{S}$ .

Кожний компонент вектора  $Y$  ідентифікується лінгвістичним поняттям  $T^i$ , що відображається на числовій вісі  $U^i$  та записується як множина  $\{T^i\}$ ,  $i = \overline{1, p}$ . Отже, кожна ознака  $y_i$  описується лінгвістичною змінною (ЛЗ), що є короткем

$$\langle y_i, T^i, P^i \rangle,$$

де  $y_i$  - ім'я лінгвістичної змінної, що описує ознаку;  $\{T_1^i, T_2^i, T_j^i, \dots, T_m^i\}$  - базова терм-множина значень, що представляє найменування нечітких змінних, областю визначення яких є множина  $U^i$  ознаки  $y_i, j = \overline{1, m}$ . Для опису термів  $T_j^i$  застосовуються функції

$$\mathfrak{S} = \{ \langle \mu_s(y_1) / y_1 \rangle, \langle \mu_s(y_2) / y_2 \rangle \},$$

$$\begin{aligned} \text{де } \langle \mu_s(y_1) / y_1 \rangle &= \{ \langle \mu_{\mu_s(y_1)}(T_1^1) / \text{"малий"} \rangle, \langle \mu_{\mu_s(y_1)}(T_2^1) / \text{"середній"} \rangle, \langle \mu_{\mu_s(y_1)}(T_3^1) / \text{"високий"} \rangle \}; \\ \langle \mu_s(y_2) / y_2 \rangle &= \{ \langle \mu_{\mu_s(y_2)}(T_1^2) / \text{"незначна"} \rangle, \langle \mu_{\mu_s(y_2)}(T_2^2) / \text{"нормативна"} \rangle, \langle \mu_{\mu_s(y_2)}(T_3^2) / \text{"критична"} \rangle \}. \end{aligned}$$

Для побудови функцій належності нечітких множин, що задають обмеження на можливі значення нечітких змінних, будемо використовувати прямий метод [7, 8].

Враховуючи принципи системного підходу, в межах оперативного управління перевезеннями небезпечних вантажів запропоновано критерії для опису ознак, що характеризують стан об'єкта управління, які повинні відображати цілісність оцінки всього технологічного процесу обробки вагонів як на технічній станції, так і на прилеглий дільниці. Отже, для побудови функцій належності повинна бути використана єдина шкала базової множини, що дозволить комплексно оцінити стан об'єкта відносно загального процесу обробки вагонів від прибуття на

належності  $\mu_i : U \rightarrow [0,1]$  є ступенем належності, що представляє собою міру того, наскільки елемент  $u \in U$  відповідає поняттю, суть якого формалізує множина  $T$ .

Відповідно до поняття нечіткої ситуації, для опису стану вагонів з небезпечними вантажами на станції та дільниці будемо використовувати дві ознаки, що представлені як лінгвістичні змінні [4, 6]

*"рівень безпеки",  $T_1, D_1$*

*"тривалість знаходження вагонів у підсистемі станція - дільниця",  $T_2, D_2$* ,

де  $T^1 = \{\text{малий, середній, високий}\}$ ,

$T^2 = \{\text{незначна, середній, критична}\}$ ;

$D^i$  - базова множина ознаки  $y_i$ , ( $i = \overline{1, 2}$ ). Для кожної лінгвістичної змінної визначається ступінь належності всім її можливим значенням (термам).

За таких визначень деяка нечітка ситуація  $\mathfrak{S}$ , що характеризує нечіткий стан об'єкта, який виник при оперативному управлінні роботою з вагонами має наступний вид

станцію до прибуття на наступну технічну станцію [9]. Це дозволить уникнути випадків, коли в процесі управління невикористано підвищується рівень безпеки для зменшення тривалості знаходження вагонів на станції, тоді як після прискореної обробки вагонів з НВ виконується їх відправлення в складі поїзду, у якого графік руху призводить до збільшення загального часу знаходження вагонів в підсистемі "технічна станція - прилегла дільниця" в декілька разів.

Відповідно до вище викладеного функції належності терм-множини лінгвістичної змінної "рівень безпеки" та "тривалість знаходження вагонів в підсистемі станція-дільниця" наведено на рис. 2 та рис. 3.

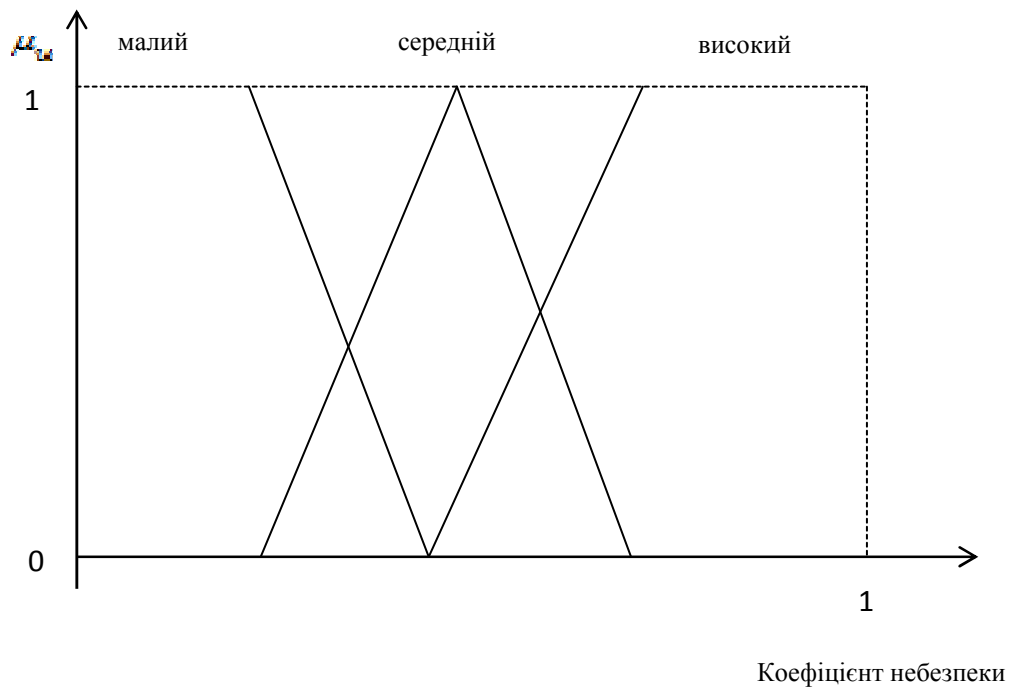


Рис. 2. Функції належності термів лінгвістичної змінної «рівень безпеки»

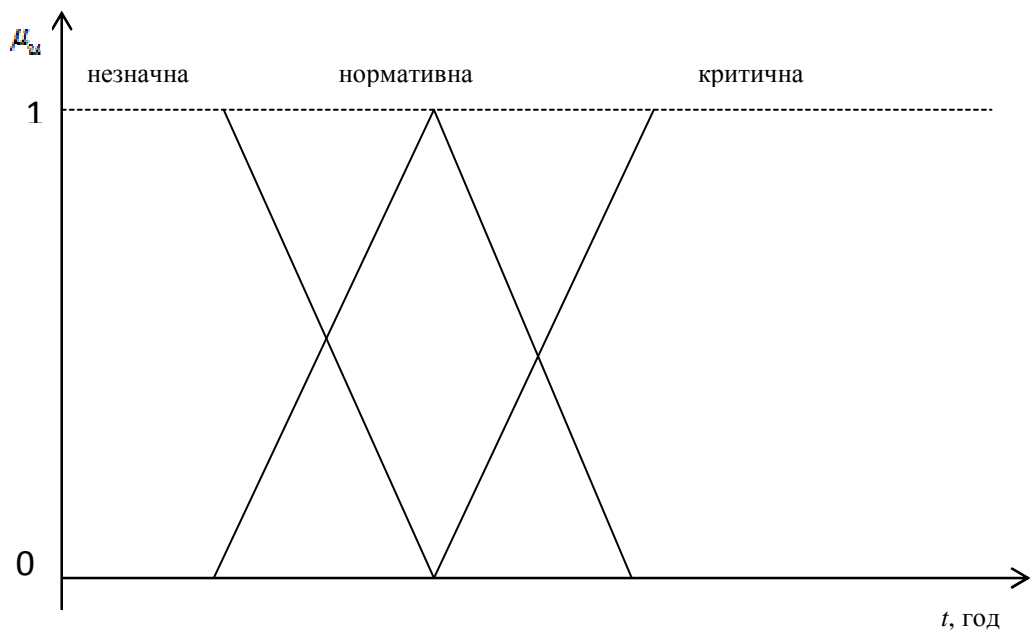


Рис. 3. Функції належності термів лінгвістичної змінної «тривалість знаходження вагонів в підсистемі станція-дільниця»

Функція належності нечітких множин, що описують терми лінгвістичних змінних «рівень небезпеки» та «тривалість знаходження вагонів в підсистемі станція-дільниця» доцільно представити у вигляді трикутної форми та двох крайніх трапецієвидного виду. Застосування трикутних ФН дозволяє спрощено оцінити значення термів, які відповідають усередненим (нормальним) умовам роботи за допомогою лише трьох параметрів (максимальне, мінімальне та середнє значення). Тоді як крайні терми за розумінням сутності значень показників краще описуються трапецієвидними функціями належності. Шкала базової множини ЛЗ «рівень небезпеки» знаходиться в межах значень коефіцієнту рівня небезпеки, який приймає значення від нуля, коли небезпека відсутня, до одиниці, коли максимальний рівень небезпеки. Тоді як, шкала ЛЗ «тривалість знаходження вагонів в підсистемі станція-дільниця» знаходиться в межах від нуля до значення максимально критичної тривалості знаходження вагонів з НВ в підсистемі «технічна станція – прилегла дільниця», яка оцінюється внаслідок усереднення статистичних значень часу за попередній період. На основі цього формалізовано модель управління процесом переміщення вантажів з НВ на тактичному рівні.

#### Висновки

На процес оперативного управління технологією обробки вагонів з НВ в підсистемі «технічна станція – прилегла дільниця» впливає велика кількість факторів, які складно формалізувати традиційними методами. За таких умов застосовано підхід на основі нечіткого ситуаційного управління [2], що дозволить формалізувати неточні знання щодо процесу управління на рівні логіко-лінгвістичного представлення знань про стан об'єкта управління та технологію перевезення небезпечних вантажів на залізничному транспорті, що може бути основою формування системи підтримки прийняття рішень на автоматизованих робочих місцях оперативного персоналу станції.

#### Список використаних джерел

1. Положення про систему управління безпекою руху поїздів у Державній адміністрації залізничного транспорту України [Текст]. – Затв. Наказом № 27 Міністерства юстиції України 17.06.2011 р. за №729/19467. – 48 с.
2. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: Теория и практика. М.: Наука. – 228 с.
3. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечёткой логикой. М.: Наука, 1990. – 272 с.
4. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. – 168 с.
5. Поспелов Д.А. Нечёткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
6. Zadeh L.A. Fuzzy Sets, Information and Control, 1965. – vol. 8. – P.338
7. Thole U., Zimmermann H.J., Zysno P. On the suitability of minimums and products operators for intersection of fuzzy sets // Fuzzy Sets and Sistem, 1979. – v. 2. – p. 167-180.
8. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы: Пер. с польск. И.Д. Рудинского.- М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.: ил.
9. Музикіна, Г. І. Вибір технології обслуговування составів в приймально-відправних парках залізничних станцій / Музикіна Г.І., Музикіна С.І. // Тези 69-ї студентської конференції «Науково-технічний прогрес на залізничному транспорті», Дніпропетровськ 2009 р. – С.92-93.

**Butko T.V., Hoi T.A. Organization of dangerous goods transportation on a tactical level.** The work is dedicated to the organization of dangerous goods transportation in a «technical station – adjacent area» subsystem that allows reducing the number of traffic accidents involving dangerous goods of various hazard classes. The applied approach based on fuzzy situational management, will formalize inaccurate knowledge of the management process.

**Key words:** operational management, dangerous goods, fuzzy situational management, car processing technology, fuzzy situation.

**Бутько Т.В., Гой Т.А. Организация перевозок опасных грузов на тактическом уровне.** Работа посвящена организации перевозки опасных грузов в подсистеме «техническая станция – прилегающий участок», позволяющей уменьшить количество транспортных происшествий с участием опасных грузов различных классов опасности. Применен подход на основе нечеткого ситуационного управления, позволит формализовать неточные знания о процессе управления.

**Ключевые слова:** оперативное управление, опасные грузы, нечеткое ситуационное управление, технология обработки вагонов, нечеткая ситуация.

Рецензент д.т.н., професор кафедри «Транспортні системи та логістика» Ломотько Д.В. (УкрДУЗТ)

Поступила 30.03.2015г.