УДК 656.073.436

УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ПРОСУВАННЯ ВАГОНІВ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ ВАНТАЖАМИ В УМОВАХ СТАНЦІЇ ОСНОВА

Д-р техн. наук Т. В. Бутько, магістр І. М. Петрова

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРОДВИЖЕНИЯ ВАГОНОВ С ОПАСНЫМИ ГРУЗАМИ В УСЛОВИЯХ СТАНЦИИ ОСНОВА

Д-р техн. наук Т. В. Бутько, магистр И. М. Петрова

IMPROVING THE MANAGEMENT OF THE PROCESS OF MOVING OF WAGONS WITH DANGEROUS GOODS IN TERMS OF STATION BASIS

Dr. of Tech. Sc. Professor T.V. Butko, master I.M. Petrova

У даній статті досліджується питання удосконалення перевезення небезпечних вантажів (НВ) на залізничному транспорті і наведено динаміку розподілу кількості вагонів з НВ по місяцях за 2015 рік перевезень по станції Основа регіональної філії «Південна залізниця». Розроблена модель може бути основою автоматизованої системи планування процесу перевезень НВ за умови мінімізації ризиків.

Ключові слова: *статистика, технологія перевезень, розподіл, динаміка, вагони з небезпечними вантажами.*

В данной статье исследуется вопрос совершенствования перевозки опасных грузов (НВ) на железнодорожном транспорте и приведена динамика распределения количества вагонов с НВ по месяцам за 2015 год перевозок по станции Основа регионального филиала «Южная железная дорога». Разработанная модель может быть основой автоматизированной системы планирования процесса перевозок НВ при условии минимизации рисков.

Ключевые слова: *статистика, технология перевозок, распределение, динамика, вагоны с опасными грузами.*

In this article, the question of improving the transport of dangerous goods (DG) in rail transport had been researched and dynamic of distribution of the number of cars with DG by months for 2015 transport year on Osnova stations of the regional branch of "Southern Railway" had been provided. The developed model can be the basic model of automated planning system of transportation process of DG providing minimal risks. For formalization technology transport of dangerous goods subsystem "technical station - adjacent station" mathematical model of operational management based on fuzzy situational network plays your decision making dispatcher personalom. Dlya finding the optimal management strategy in indistinct situational network that minimizes the length of the wagons of DG in each stage of formation obrobky. Sutnist promotion process management model cars with DG at the operational level is to find the optimal management strategy for minimizing the time criteria of cars and high level of protection against the risk of both "regular" and in emergencies. At the base station, the principle of separation areas of operational management (planning). As part of the process of sequence processing plant installed by cars and cars of the time standards for each stage

Keywords: *statistics, technology, transportation, distribution, dynamics and cars with dangerous goods.*

Вступ. До актуальних транспортних проблем, які вимагають особливої уваги, можна віднести підвищення безпеки перевезень, що позитивно позначиться на транспортному процесі просування вантажів. Поряд з цим спостерігається тенденція зростання транспортних подій за участю НВ різних класів. Близько 10 % усіх аварій і катастроф, які відбуваються на залізничному транспорті, припадає на організаційні чинники, технічний стан рухомого складу, наявність колій з простроченим терміном ремонту, що становить реальну загрозу безпеці перевезень і збереження НВ. Тому і виникають проблеми щодо чіткої організації всього ланцюга перевезень, що є трудомістким етапом організації перевезень НВ на залізничному транспорті. При плануванні маршруту прямування вагонів необхідно враховувати план формування вантажних поїздів, напрямок прямування та категорію поїзда, станції зупинки та розклад руху. Від рівня планування залежить безаварійність перевезення НВ та ефективність реалізації якості послуг залізничним транспортом з урахуванням збереження вантажу на швидкості і точності доставки.

Актуальність. Сучасна життєдіяльність людини призвела до збільшення номенклатури і обсягу споживання хімічних, радіоактивних і інших небезпечних речовин. З кожним роком стає все більше підприємств, які використовують радіаційні, вибухонебезпечні, пожежонебезпечні, отруйні та їдкі речовини. Споживачами речовин, виробів і матеріалів, що мають небезпечні властивості, є всі галузі промисловості, що викликає необхідність у практично безперервному їх перевезенні залізницями в умовах високого рівня небезпеки та при мінімальних витратах на просування вагонів з НВ. Зважаючи на вищевикладене, тема статті є актуальною та зорієнтованою на удосконалення системи організації перевезень НВ на залізницях України.

Мета дослідження. Метою дослідження є удосконалення організації і управління процесом просування вагонів з НВ на оперативному рівні, що забезпечує зменшення можливих ризиків.

Виклад основного матеріалу. Для дослідження загальної тенденції перевезення небезпечних вантажів сформовано динаміку їх розподілу за 2015 рік в умовах станції Основа регіональної філії «Південна залізниця», для вантажів 1-4 класів, яку наведено на рис. 1. Поряд з динамікою обсягів вагонів по місяцях на рис. 1 наведено основні характеристики, а саме:

N – середнє значення, σ – середнє квадратичне відхилення, $К_Н$ – коефіцієнт нерівномірності.

Коефіцієнт нерівномірності $К_н$, що дорівнює 5.25, свідчить про наявність сезонних коливань в обсягах перевезень.

Для більш детального аналізу сформовано динаміку зміни обсягів перевезень НВ по місяцях 2015 року за класами небезпечності (рис. 2).

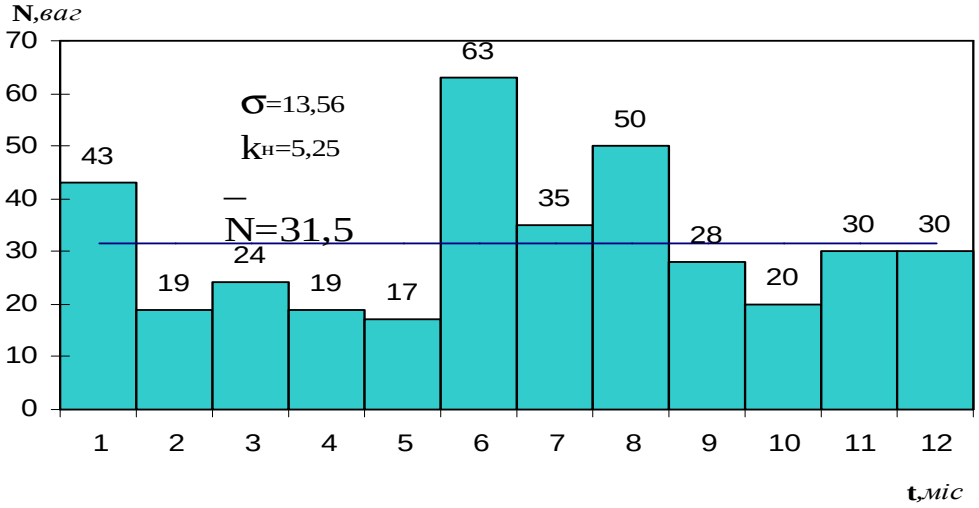
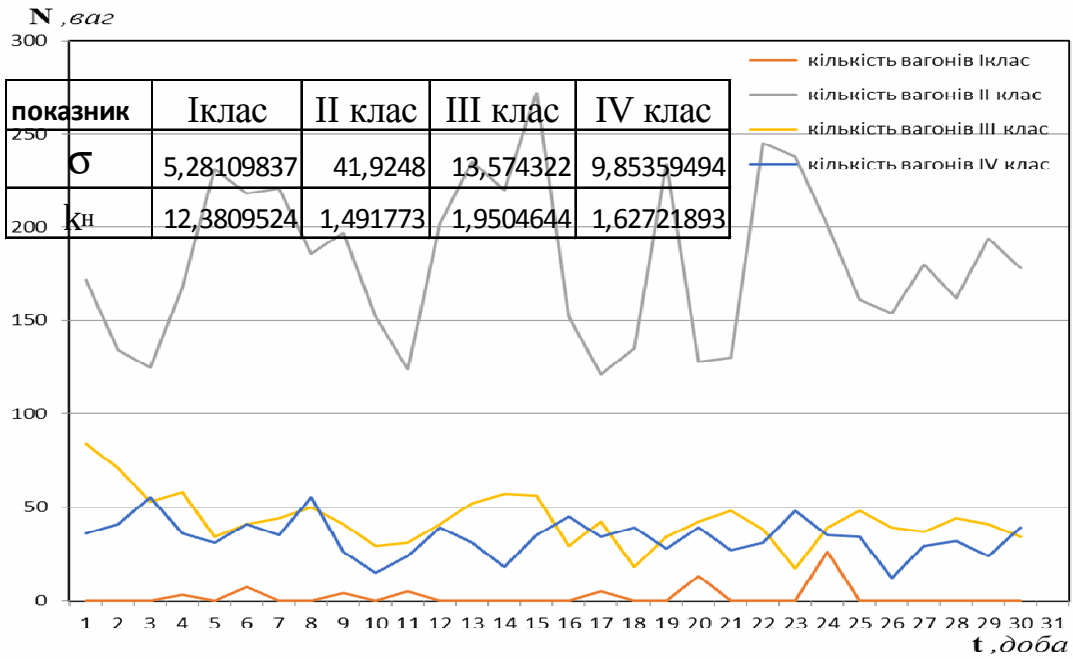


Рис. 1. Динаміка обсягів перевезення небезпечних вантажів в умовах станції Основа за 2015 рік



показник	Іклас	II клас	III клас	IV клас
σ	5,28109837	41,9248	13,574322	9,85359494
kн	12,3809524	1,491773	1,9504644	1,62721893

Рис. 2. Динаміка обсягів перевезення небезпечних вантажів в умовах станції Основа за червень 2015 року

Аналіз динаміки свідчить про наявність коливань зміни обсягів перевезень небезпечних вантажів за класами протягом місяця, яка відображається коефіцієнтом нерівномірності K_H для кожного класу. Також розраховане середнє квадратичне відхилення σ та середнє значення N для кожного окремого класу по місяцях 2015 року.

На основі досліджень спостерігаються найбільші коливання в обсягах перевезення НВ по добах для небезпечних вантажів II класу, незначні коливання мають небезпечні вантажі III та IV класів. За результатами аналізу встановлено, що тенденція зміни обсягів перевезень НВ за класами свідчить про стійку тенденцію щодо наявності коливань. Тому в таких умовах потребує вирішення питання щодо формування гнучких методів оперативного управління при перевезенні НВ усіх класів.

Аналіз останніх досліджень. Значний внесок у вирішення завдань удосконалення організації перевезень небезпечних вантажів на залізничному транспорті, оперативного управління, процесу планування маршруту прямування вагонів та оптимальної схеми напрямку вагонопотоків зробили такі вчені та практики: H.C. Green, R.E. Barlow, H. Kumamoto, A.J. Bourne, F.N. Proschan, E.J. Henly, E. Apl, E. Erkut, C. ReVelle, А.Г. Базазьян, В.М. Акулінічев, В.Н. Андросюк, А.Л. Кармолін, А.В. Костров, П.С. Грунтов, В.М. Самсонкін, А.М. Островский, В.І. Медвєдєв, Л.Е. Шейнкман, Т.В. Бутько, С.І. Музикіна та ін. Сутність формування моделі управління процесом просування вагонів з НВ на оперативному рівні полягає в пошуку оптимальної стратегії управління за критеріями мінімізації часу перебування вагонів та високим рівнем захисту від небезпеки як у «штатних», так і в надзвичайних ситуаціях. На станції Основа застосовується принцип розмежування районів оперативного управління (планування). В межах технологічного процесу роботи станції встановлена послідовність обробки вагонів та визначені нормативи часу перебування вагонів на кожному з етапів, тоді як процес вибору пріоритету обслуговування вагонів може бути змінений відповідно до рішення станційного диспетчера і записується у

вигляді лінгвістичної змінної $\alpha=[\eta, F_k, X]$,

з терм-множиною $F_k = \{$*поточний режим*, *пріоритетний режим*$\}$, η – ім'я лінгвістичної змінної, X – множина значень лінгвістичної змінної, що обґрунтовується підходом поїздів на станцію. За таких умов можна корегувати черговість обробки вагонів з НВ та вибору часу відправлення . Кожен етап обробки вагона з НВ можна описати такими параметрами: інтенсивність пересувань рухомих одиниць у парку або по суміжних коліях (прилегла дільниця, сортувальний комплекс тощо).

Для удосконалення технології роботи станції Основа щодо підвищення безпеки формування, розформування, постановки вагонів з НВ потрібне розроблення таких додаткових заходів:

- встановити контроль за відповідністю рухомого складу вимогам Правил перевезення вантажів, Додатка 2 до СМГС;
- при роботі з вагонами, завантаженими НВ, забезпечувати контроль норм прикриття в поїздах та під час виконання маневрів, згідно з вимогами Інструкції з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України та Правил перевезень небезпечних вантажів [2] – розробити технологію раціонального планування та прогнозування виконання основних експлуатаційних показників роботи станції.

На залізничному транспорті застосовується принцип розмежування районів оперативного управління в роботі, запропоновано формалізувати процес управління взаємопов'язаних підсистем «технічна станція – прилегла дільниця» в системі загального маршруту прямування

вагонів з НВ. Застосування такого системного підходу надасть змогу на основі відтворення математичною моделлю оперативного управління в послідовному просуванні вагонів з НВ у підсистемах «технічна станція – прилегла дільниця». Процедура послідовного суміщення таких адаптивних моделей дасть можливість сформувати систему оперативного управління перевезеннями НВ на всьому маршруті їх прямування. Враховуючи зазначені особливості, процес оперативного управління просуванням вагонів із небезпечними вантажами має бути досконало підготовлений. Одним із важливих заходів є розроблення сценаріїв виконання плану обробки вагонів на станції та пропускання поїздів з такими вагонами на дільниці в межах оперативного планування на 3-4 години. Для вирішення поставленої задачі в роботі запропоновано використати підхід на основі побудови ситуаційної моделі, в якій об'єктом управління є вагони або група вагонів з небезпечними вантажами, що перебувають на станції або в складі поїзда на дільниці. Тоді як стан об'єкта з точки зору його рівня небезпеки (захисту) і тривалості перебування в стадіях технологічного процесу обробки подано у вигляді нечіткої ситуації, що є нечіткою множиною другого рівня.

$$\tilde{S}=\{\langle(\mu_S(y_i)/y_i)|y_i \in Y\rangle\},$$

де Y={y_1, y_2, y_i, … 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, що характеризує ступінь належності елемента y_i нечіткій множині $\tilde{S}$.

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

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

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

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

Для опису стану вагонів з небезпечними вантажами на станції та дільниці запропоновано використати дві ознаки, що представлені як лінгвістичні змінні $\langle$*"рівень небезпеки"*, $T_1, D_1\rangle$ і ‹*"тривалість перебування вагонів у підсистемі станція – дільниця"*, T_2D_2›, де T^1={*малий, середній, високий*}, T^2={*незначна, нормативна, 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 $\tilde{S}$, що характеризує нечіткий стан об'єкта, який виник при оперативному управлінні роботою з вагонами, має такий вигляд:

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

де

$< \mu_s (y_1) / y_1 > =$
$\{\langle \mu_{\mu_s}(y_1) (T_1^1) / "малий" \rangle, \langle \mu_{\mu_s}(y_1) (T_2^1) / "середній" \rangle, \langle \mu_{\mu_s}(y_1) (T_3^1) / "високий" \rangle \};$

$< \mu_s (y_2) / y_2 > =$
$\{\langle \mu_{\mu_s}(y_2) (T_1^2) / "незначна" \rangle, \langle \mu_{\mu_s}(y_1) (T_2^1) / "нормативна" \rangle, \langle \mu_{\mu_s}(y_2) (T_3^2) / "критична" \rangle \}.$

Управляючі рішення для вагонів з небезпечними вантажами описують дії щодо переведення вагона із однієї стадії обробки в іншу та характеризуються тривалістю здійснення переходу із одного стану в інший. Беручи до уваги, що на кожній стадії обробки вагона можливий варіант прискорення виконання операції за рахунок переведення бригад оглядачів або надання додаткового маневрового локомотива для здійснення маневрів, запропоновано використати поняття “прискорений режим” здійснення операції. За таких умов управляюче рішення R_k можна записати у вигляді лінгвістичної змінної з терм-множиною

$$F_k\{\text{нормативний режим, прискорений режим}\},$$

що описуються функціями належності трикутної форми на базовій шкалі, яка відповідає інтервалам часу на виконання управляючої дії. Таким чином, можливе досягнення так званого “рівноважного” стану системи, якому притаманна процедура вибору між часом перебування вагона на станції або дільниці.

Враховуючи принципи системного підходу, в межах оперативного управління перевезеннями НВ запропоновані для опису ознак, що характерезують стан об'єкта управління, лінгвістичні змінні, які мають відображати цілісність оцінки всього технологічного процесу обробки вагонів як на технічній станції, так і на прилеглій дільниці. Це дасть змогу уникнути випадків, коли в процесі управління невиправдано підвищується рівень небезпеки для зменшення тривалості перебування вагонів на станції, тоді як після прискореної обробки вагонів з НВ виконується їх відправлення в складі поїзда, у якого графік руху призводить до збільшення загального часу перебування вагонів у підсистемі "технічна станція – прилегла дільниця" в декілька разів.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Запропонована модель оперативного управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами в підсистемі “технічна станція – прилегла дільниця” на базі нечіткої ситуаційної мережі надасть змогу зменшити ризики виникнення потенційно можливої транспортної події й пов’язаних з нею збитків під час виконання поїзної або маневрової роботи шляхом інтелектуальної підтримки планування на оперативному рівні. Розроблені основи дають можливість знизити кількість транспортних подій з причин організаційного характеру. На основі запропонованої моделі можна створити систему підтримки прийняття рішень диспетчерського персоналу, яка

підвищить рівень безпеки перевізного процесу на залізничному транспорті.

Список використаних джерел

1. Положення про систему управління безпекою руху поїздів у Державній адміністрації залізничного транспорту України [Текст]: затв. наказом № 27 Міністерства інфраструктури України від 1.04.2011 р.; зареєстр. в Міністерстві юстиції України 17.06.2011 р. за №729/19467. – 48 с.

2. Правила перевезення небезпечних вантажів [Текст]: наказ Міністерства транспорту та зв`язку України від 25.11.2008 р., № 1430; зареєстр. в Міністерстві юстиції України 26.02.2009 р. за №180/16196, із змінами, внесеними Наказом Міністерства транспорту та зв`язку України від 05.11.2009 р. № 1135; зареєстр. в Міністерстві юстиції України 30.11.2009 р. за № 1151/17167. – 672 с.

3. Бутько, Т. В. Формування математичної моделі планування маршрутів слідування вагонів з небезпечними вантажами в умовах ризику [Текст] / Т.В. Бутько, О.В. Прохорченко, С.І. Музикіна // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – 2012. - №3(174). – С. 18-23.

4. Бутько, Т. В. Формування моделі оперативного управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами в підсистемі “технічна станція – прилегла станція” на базі нечіткої ситуаційної мережі [Текст] / Т.В. Бутько, О.В. Прохорченко, С.І. Музикіна // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. Науково-технічний журнал. – Харків, 2012. – Вип. 3. – С. 3-8.

5. Кормен, Томас Х. Алгоритмы: построение и анализ=Introduction to Algorithms [Текст] / Томас Х. Кармен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2006. – 1296 с.

6. Deb K. Genetic algorithms for function optimization. In: Genetic Algorithms and Soft Computing / K. Deb.; Edited by F. Herrera and J. L. Verdegay. – Heidelberg: Physica-Verlag, 1996. – P. 3-29.

7. Борисов, А. Н. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования [Текст] / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.

8. Поспелов, Д. А. Ситуационное управление. Теория и практика [Текст] / Д.А. Поспелов. – М.: Наука, 1986. – 299 с.

9. Кочнев, Ф. П. Управление эксплуатационной работой железных дорог [Текст]: учеб. пособие для вузов / Ф.П. Кочнев, И.Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1990. – 424 с.

10. Yen, J.Y. Finding the K shortest loopless paths in a network [Текст] / J.Y.Yen // Management Science. – 1971. - №17. – P. 712-716.

Бутько Тетяна Василівна, д-р техн. наук, професор кафедри управління експлуатаційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (097)4424525.
Петрова Ірина Михайлівна, студентка гр.22-ІV-ОПУТм Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (066)9040786. E-mail: Klimova10031985@gmail.com.

Butko T.V., Dr. tehn. science, Operation Work Management Department of Ukrainian State Universiti of Railway Transport.
Petrova I.M., student(master) gr. 22-IV-OPUTм of Ukrainian State Universiti of Railway Transport. Tel. (066)9040786. E-mail. Klimova10031985@gmail.com.

Стаття прийнята 05.07.2016 р.