

УДК 656.073.436

**АНАЛІТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ АКТИВНОГО СУПРОВОДЖЕННЯ
ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ**

Д-р техн. наук О. В. Лаврухін, канд. техн. наук Д. І. Мкртчян, асп. Д. О. Кульова

**АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ АКТИВНОГО
СОПРОВОЖДЕНИЯ ПЕРЕВОЗКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ**

Д-р техн. наук А. В. Лаврухин, канд. техн. наук Д. И. Мкртчян, асп. Д. А. Кулёва

**ANALYTICAL PREREQUISITES OF AUTOMATED INTELLIGENT TECHNOLOGY OF
ACTIVE OF ACCOMPANIMENT TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS**

Dr. sc. sciences O. V. Lavrukhin, phd. tehn. D. I. Mkrtychyan, sciences, pg. D. O. Kulova

Проведено аналіз статистичних даних і теоретичних досліджень у сфері перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом. Визначено, що рівень безпеки при перевезенні небезпечних вантажів доволі високий. Виявлено основні проблеми та запропоновано варіанти їх вирішення шляхом формування інтелектуальної автоматизованої системи активного супроводження перевезення небезпечних вантажів, яка ще починаючи зі стадії місячного та добового планування дозволить оцінити ризик виникнення певної транспортної події, обрати найбільш безпечний варіант реалізації транспортного процесу та в оперативних умовах надавати обґрунтовані техніко-економічні варіанти просування поїздів з небезпечними вантажами.

***Ключові слова:** небезпечні вантажі, транспортна подія, аварійна ситуація, людський фактор, інтелектуальна система.*

Проведен анализ статистических данных и теоретических исследований в области перевозки опасных грузов железнодорожным транспортом. Определено, что уровень опасности при перевозке опасных грузов является довольно высоким. Выявлены основные проблемы и предложены варианты их решения путем формирования интеллектуальной автоматизированной системы активного сопровождения перевозки опасных грузов, которая еще начиная со стадии месячного и суточного планирования позволит оценить риск возникновения определенного транспортного происшествия, выбрать наиболее безопасный вариант реализации транспортного процесса и в оперативных условиях предоставить обоснованные технико-экономические варианты продвижения поездов с опасными грузами.

Ключевые слова: опасные грузы, транспортное происшествие, аварийная ситуация, человеческий фактор, интеллектуальная система.

The analysis of statistical data and theoretical research in the field of transport of dangerous goods by rail. Determined that the level of risk in the transportation of dangerous goods is rather high. The basic issues and proposed options to solve by creating intellectual automated system active support transport of dangerous goods, which are starting to stage monthly and daily planning to assess the risk of a traffic accident, to choose the most secure version of the implementation of the transport process and in operational terms provide reasonable technical - economic options for promotion of dangerous goods trains.

Keywords: danger goods, transport accident, emergency situation, human factor, intelligent system.

Вступ. На сьогодні сучасна промисловість не може обійтися без використання або виділення небезпечних для навколишнього середовища та життя людини речовин. Споживачами речовин, виробів і матеріалів, які мають небезпечні властивості, є всі галузі промисловості, що викликає необхідність у їх практично безперервному перевезенні мережею залізниць. За статистичними даними першого кварталу 2015 року, частка перевезень небезпечних вантажів у світовому вантажообігу вже перевищує 40 % [1, с. 497], а в Україні становить приблизно 20 %. Залізничний транспорт є основним видом транспорту, що перевозить небезпечні вантажі, частка перевезень яких у загальному вантажообігу країни становить близько 85 %. При таких темпах зростання найбільш актуальним питанням у сфері транспортування небезпечних вантажів є зниження рівня ризиків і загроз їх аварійності.

Визначення мети та задачі дослідження. Проаналізувати стан безпеки руху та аварійності на залізничному транспорті України. Провести аналіз вітчизняного досвіду у сфері перевезення небезпечних вантажів. Визначити основні технологічні шляхи подолання проблем, пов'язаних з перевезенням небезпечних вантажів.

Аналіз статистичних даних. Упродовж 2014 року в структурі ПАТ «Укрзалізниця» допущено 673 інциденти, у т. ч. 19 серйозних, проти 718 інцидентів, із яких 20 серйозних, за 2013 рік [2, с. 51]. Загальну кількість транспортних подій зменшено на 45 випадків, а кількість серйозних інцидентів зменшено на 1 випадок. При цьому приведений обсяг перевезень зменшився на 6,7 %, а питомий показник кількості транспортних подій до обсягів перевезень збільшився з 2,66 до 2,77 події на 1 млрд привед. ткм. Щодобово траплялось у середньому 1,8 випадка проти 1,97 у 2013 році (рис. 1, 2).

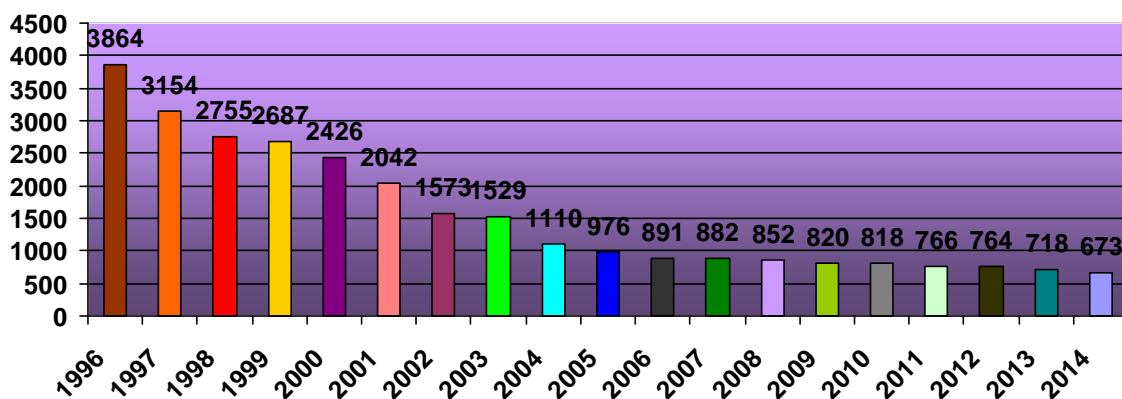


Рис. 1. Загальна кількість транспортних подій у структурі ПАТ «Укрзалізниця»

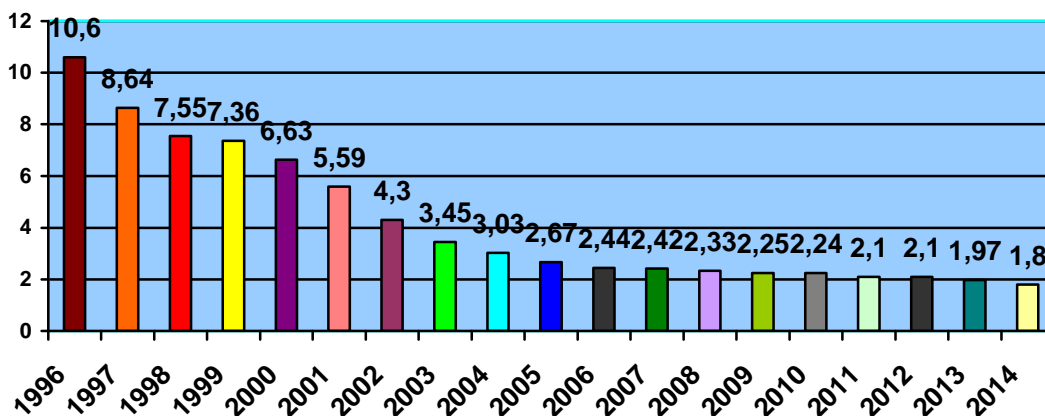


Рис. 2. Середня кількість транспортних подій за 2014 рік за добу

Матеріальні збитки від транспортних подій за 2014 рік становлять 6 млн 25 тис. грн, з яких лише 1 млн 13 тис. грн або 16,8 % відшкодовано. Найгірше відшкодовуються збитки на Донецькій

залізниці, із 3557 тис. грн відшкодовано лише 40111 (на Одеській із 1281 тис. грн відшкодовано 88 тис. грн (6,9 %) і Південно-Західній – із 469 тис. грн відшкодовано 75 тис. грн (16 %) (рис. 3, 4).

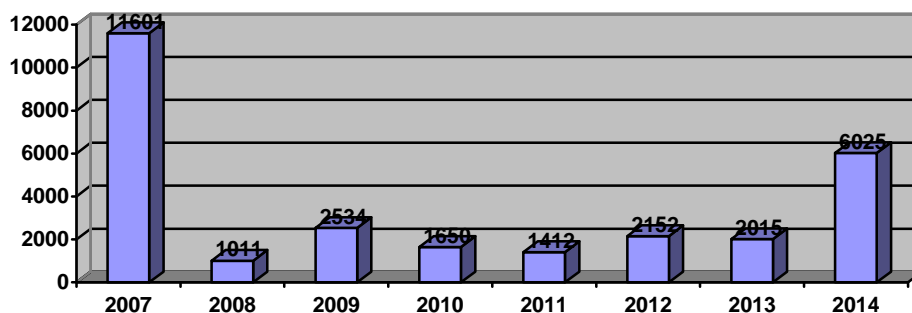


Рис. 3. Матеріальні збитки від транспортних подій у 2007-2014 роках

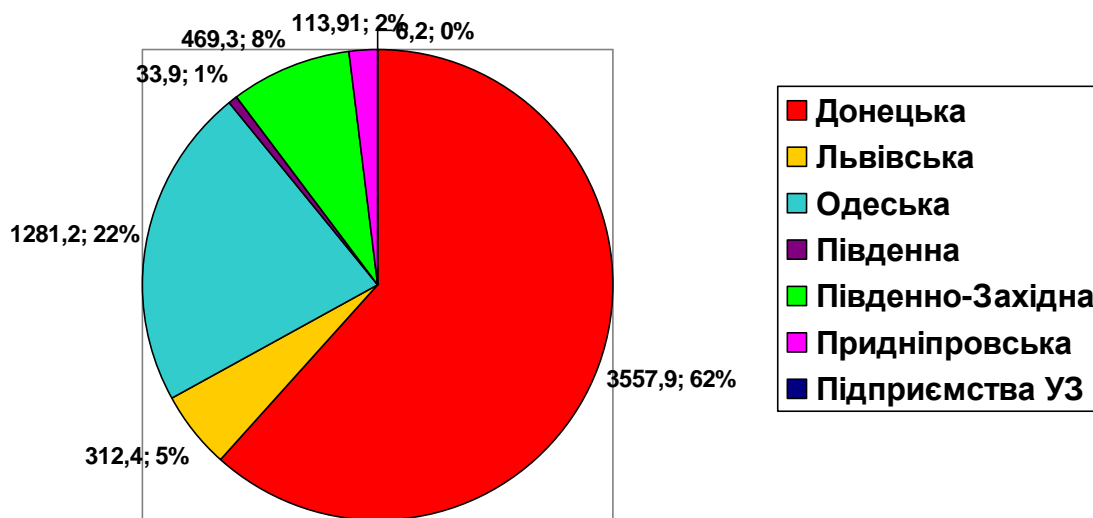


Рис. 4. Розподіл збитків від транспортних подій по залізницях за 2014 рік

Аналіз статистики інцидентів з небезпечними вантажами виявив коливання показників кількості подій з ними на

залізничних шляхах [3, с. 146]. Крім того, майже 100 % випадків припадає саме на залізничний транспорт (рис. 5).

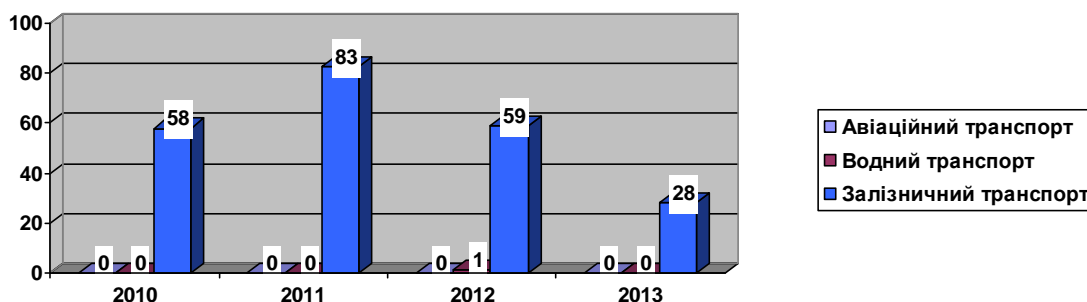


Рис. 5. Кількість подій при перевезенні небезпечних вантажів

Із загальної кількості транспортних подій 471 випадок або 70 % пов'язані з впливом «людського» чинника.

Аналіз останніх досліджень та виклад основного матеріалу. Через властивості небезпечних вантажів їх перевезення вимагає постійної уваги і безперервного контролю. Людині важко постійно зберігати увагу на високому рівні - тим більше, коли необхідно працювати зі значними потоками оперативних даних. У

цьому випадку на допомогу приходять інформаційні системи, адаптовані під конкретні завдання.

Відповідні методи були дослідженні такими вітчизняними та закордонними вченими та практиками: Т. В. Бутько, А. В. Прохорченко, С. І. Музикіна, А. М. Котенко, В. М. Островський, Л. О. Гребенюк, R. Batta, C. ReVelle, H. Kumamoto, A. V. Gheorghe.

У роботі [4, с. 20] спроектовано модель інформаційної системи «ліквідація аварійних ситуацій з небезпечними вантажами», яка дозволяє удосконалити схему оповіщення при виникненні аварійної ситуації з небезпечними вантажами.

У роботі [5, с. 59] розроблено першочерговий перелік небезпечних вантажів, зміна нормативів розпуску яких дозволяє при збереженні досить високого рівня безпеки перевізного процесу істотно підвищити інтенсивність переробки вагонів на великих залізничних станціях, прискорити просування вантажів і створити резерв переробної спроможності для освоєння зростаючих обсягів перевезень.

У роботі [6, с. 102] розроблено модель під назвою "максимально допустима модель ризику", яка містить у собі компроміс між зниженням аварійності і скороченням часу в дорозі при ситуації, яка може бути як безпечною, так і небезпечною.

У роботі [7, с. 25] розроблено методи управління безпекою перевезень небезпечних вантажів і екологічною безпекою на залізничному транспорті, які забезпечують якісно вищий рівень безпеки і створюють базу системи безпеки нового покоління.

У роботі [8, с. 14] сформовано модель оперативного управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами в підсистемі «технічна станція – прилегла дільниця» на базі нечіткої ситуаційної мережі, що дозволяє 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.

У роботі [9, с. 250] були визначені основні ризики виникнення аварійних ситуацій при перевезенні небезпечних вантажів з урахуванням просторових параметрів.

У роботі [10, с. 279] наведено розрахунки збитків від аварійних ситуацій при перевезенні небезпечних вантажів: прямі втрати транспортного підприємства, витрати на локалізацію і розслідування аварії, соціально-економічні витрати, побічні збитки, екологічний збиток, втрати від вибуття трудових ресурсів унаслідок загибелі людей або втрати ними працездатності.

Отже, на залізничному транспорті повинні удосконалюватися технології перевезень небезпечних вантажів, інформаційні системи, що дозволять в оперативних умовах надавати обґрунтовані варіанти вибору способу реалізації транспортного процесу за умови мінімізації ризиків виникнення транспортних подій, а також забезпечать швидке реагування відповідних служб про небезпеку при аварійних ситуаціях і технологію безпечної ліквідації наслідків аварій і відновлення руху поїздів.

Питання формування інтелектуальних систем організації транспортного процесу за умови мінімізації людського фактора досліджувались у роботі [11, с. 11]. У даній роботі була сформована оптимізаційна модель оперативного планування поїзної роботи на залізничній станції з елементами штучного інтелекту:

$$\Delta N(x_1, x_2, x_3, m, f, u_1, u_2, u_3) = \sum_{i=1}^l \sum_{p=1}^k |N_{ip}^{nl} - N_{ip}^{рук}| \longrightarrow \min, \quad (1)$$

де ΔN – параметр виконання плану;

N_{ip}^{nl} – запланована кількість поїздів для поїзної роботи станції, які будуть

перероблюватися на станції (прибуття, відправлення, формування маршрутів);

$N_{ip}^{вик}$ – реальне виконання поїзної роботи станції;

i – кількість станцій на дільниці, яка бере участь в оперативному плануванні;

p – параметр оперативного плану поїзної роботи (кількість відправлених, прибулих поїздів і сформованих маршрутів);

x_1 – час до відправлення поїзда зі станції формування (за наявності на станції формування вагонів у кількості, необхідній для формування поїзда), год;

x_2 – час проходження поїзда від станії формування до станції розформування (з урахуванням перегінних часів ходу, часів на схрещення, обгони тощо), год;

x_3 – час до закінчення доби, год;

m – кількість вагонів, що можуть бути включеними до одного складу поїзда, ваг;

f – час, що залишився до кінця доби, год;

u_1 – наявна кількість вагонів на станції і на підходах до неї для формування відправницького маршруту, ваг;

m_m – нормативна довжина маршруту на певному напрямку, ваг;

u_2 – наявна вивантажувальна спроможність підприємства, на яке призначено маршрут, ваг;

u_3 – кількість технічних станцій на шляху прямування маршруту.

Слід зауважити, що запропонована модель не відображує специфіку просування перевезення небезпечних вантажів, оскільки технологія перевезення таких вантажів ПАТ «Укрзалізниця» не передбачає розподіл руху поїздів з вантажами, небезпечними вантажами та пасажирськими поїздами. Внаслідок чого в процесі транспортування небезпечних вантажів підвищується ризик травмування громадян, які користуються послугами залізничного транспорту.

У роботі [12, с. 114] була сформована модель прогнозування наслідків виникнення надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті при перевезенні небезпечних вантажів. Сформована модель дозволяє заздалегідь визначити можливість виникнення транспортної події при перевезенні небезпечних вантажів і визначає напрямки подолання наслідків.

На рух поїздів, у тому числі з небезпечними вантажами впливають різні дестабілізуючі фактори [13, с. 41]. На практиці необхідно намагатися враховувати деякі з них з метою досягнення максимального рівня маршрутизації [14, с. 92] перевезення небезпечних вантажів.

Прикладом підтримки науки з питань ефективного функціонування транспортних систем є політика Європейського Союзу (ЄС), який вкладає значні фінансові кошти в реалізацію пріоритетних дослідницьких проектів [15, с. 28]. 27 вересня 2016 року в Міністерстві інфраструктури відбулась конференція, присвячена реалізації проекту Європейського Союзу Твіннінг «Підтримка у підвищенні безпеки перевезення небезпечних вантажів мультимодальним транспортом в Україні». Стратегічним завданням нового проекту Твіннінг є покращення системи перевезень небезпечних вантажів автомобільним, залізничним, морським, річковим транспортом, а також у мультимодальному сполученні відповідно до загальноєвропейських норм і стандартів. Також головною метою проекту є посилення спроможності Міністерства інфраструктури у формуванні та реалізації політики з питань дотримання вимог у сфері забезпечення безпеки перевезення небезпечних вантажів вищевказаними видами транспорту відповідно до міжнародних правил [16].

Зважаючи на проведені дослідження статистичних та аналітичних даних у сфері перевезення небезпечних вантажів, постає науково-прикладне завдання формування автоматизованої технології оперативного

супроводження процесу формування та просування поїздопотоків з визначеною категорією вантажів.

Зазначена технологія повинна ґрунтуватися на засадах забезпечення максимальної безпеки та отримання максимальних прибутків при мінімізації експлуатаційних витрат від перевезень, починаючи від стадії процесу планування перевезення вантажів і закінчуючи моментом видачі їх вантажоотримувачу.

У даному аспекті необхідно розглянути всі ланки технологічного процесу ланцюга перевезення небезпечних вантажів, в основу якого повинні бути покладені сучасні інтелектуальні методи, що дозволять мінімізувати вплив людського фактора і водночас максимально використовувати потужність інтелекту оперативних працівників.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Аналіз статистичних даних і теоретичних досліджень у сфері перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом доводить, що

рівень безпеки при перевезенні небезпечних вантажів залишається доволі високим.

Основні дослідження в даній сфері в основному зосередженні на вирішенні питань прогнозу та ліквідації наслідків аварій і катастроф.

Відповідно до цього необхідним є зосередження науково-прикладного потенціалу у сфері перевезення небезпечних вантажів, які будуть максимально відповідати умовам безпеки та економічної доцільності залізничних перевезень.

Згідно з зазначеним було сформульовано науково-практичне завдання формування інтелектуальної автоматизованої системи активного супроводження перевезення небезпечних вантажів, яка починаючи зі стадії місячного та добового планування дозволить оцінити ризик виникнення певної транспортної події, обрати найбільш безпечний варіант реалізації транспортного процесу та в оперативних умовах надавати обґрунтовані техніко-економічні варіанти.

Список використаних джерел

1. Солдатова, М. В. Анализ состояния перевозок опасных грузов автомобильным транспортом [Текст] / М. В. Солдатова // Молодой ученый. – 2016. – № 1. – С. 497-499.
2. Аналіз стану безпеки руху польотів, судноплавства та аварійності на транспорті в Україні за 2014 рік [Текст] / Департамент безпеки на транспорті Міністерства інфраструктури України. – К., 2015. – 124 с.
3. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2011 році [Текст] / МНС України. – К., 2012. – 359 с.
4. Гребенюк, Л. А. Совершенствование управления безопасностью перевозок опасных грузов с использованием информационных технологий [Текст]: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Л. А. Гребенюк [Сибирский государственный университет путей сообщения]. – Новосибирск, 2006. – 26 с.
5. Островский, А. М. Проблемы перевозки опасных грузов [Текст] / А. М. Островский, В. И. Медведев, И. О. Тесленко // Транспорт Российской Федерации. – 2006. – № 2. – С. 57-60.
6. Kumamoto, H. Traffic accident human error quantification considering "yes-no" type and "unknown" type danger [Text] / H. Kumamoto, K. Okabe, T. Hiraoka, O. Nishihara // Proceedings of 12th World Congress on Intelligent Transport Systems CD-ROM Nov 2005; The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. – 2006. – P. 100 – 109.
7. Медведев, В. И. Методы управления безопасностью перевозочного процесса опасных грузов и пути повышения экологической безопасности на железнодорожном

транспорте [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01 / В. И.Медведев; [Сибирский государственный университет путей сообщения]. – Новосибирск, 2001. – 40 с.

8. Бутько, Т. В. Формування моделі оперативного управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами в підсистемі “технічна станція – прилегла дільниця” на базі нечіткої ситуаційної мережі [Текст] / Т.В. Бутько, А. В. Прохорченко, С. І. Музикіна // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: наук.-техн. журнал. – Харків, 2012. – Вип. 5. – С. 13-16.

9. Comprehensive risk assessment for rail transportation of dangerous goods: a validated platform for decision support [Text] / A. V. Gheorghe [et al.] // Reliability Engineering & System Safety. – June 2005. – Vol. 88, Ts.s. – P. 247–272.

10. Котенко, А. М. Методики визначення втрат від аварійних ситуацій з небезпечними вантажами [Текст] / А. М. Котенко, Д. С. Козодой, А. В. Світлична, П. С. Шилаєв // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 141. – С. 272 – 280.

11. Лаврухін, О. В. Формування моделей і методів інтелектуальної технології оперативного управління поїздопотоками [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01 / О. В. Лаврухін. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – 40 с.

12. Музикіна, С. І. Формування моделі прогнозування наслідків виникнення надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті при перевезенні небезпечних вантажів [Текст] / С. І. Музикіна // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп.– Харків: УкрДУЗТ, 2015. – Вип. 156. – С. 109 – 116.

13. Evaluation of the transition to the organization of freight trains traffic by the schedule [Text] / D. Kozachenko, R. Vernigora, V. Balanov, N. Berezovy, L. Yelnikova, Yu. Germanyyuk // Transport problems = Problemy transportu. – 2016. – Vol. 11, Is. 1. – P. 41-48.

14. Improving the Methods of Estimation of the Unit Train Effectiveness [Text] / D. Kozachenko, R. Vernigora, V. Balanov, N. Sannytskyy, N. Berezovy, T. Bolvanovska // Transport problems = Problemy transportu. — 2016. — Vol. 11, Is. 3. — P. 91-101.

15. European Commission. Increasing the sustainability of air transport. Communicating transport research and innovation [Electronic resource]. – EU: Transport Research and Innovation Portal, 2013. – P. 28. – Access mode: www.transport-research.info.

16. Матеріали конференції Міністерства інфраструктури, від 27.09.2016 р. щодо реалізації проекту Європейського Союзу Твіннінг «Підтримка у підвищенні безпеки перевезення небезпечних вантажів мультимодальним транспортом в Україні» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mtu.gov.ua/news/27655.html>.

Лаврухін Олександр Валерійович, д-р техн. наук, професор кафедри управління вантажною та комерційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (099) 495-14-99. E-mail: tilavalval@gmail.com.

Мкртчян Дмитро Ігорович, канд. техн. наук, доцент кафедри управління вантажною та комерційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (067) 571-70-69. E-mail: katran0018@gmail.com.

Кульова Дар'я Олександрівна, аспірант кафедри управління вантажною та комерційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (095) 897-86-85. E-mail: d.coolava@gmail.com.

Lavrukhin Oleksandr, Dr. Sc. Science, Department Control of cargo and commercial work, Ukrainian state university of railway transport. Tel: (099) 495-14-99. E-mail: tilavalval@gmail.com.

Mkrtychyan Dmytro, PhD. Sc. Associate Professor, Department Control of cargo and commercial work, Tel: (067) 571-70-69. E-mail: katran0018@gmail.com.

Kulova Daria, graduate student, Department Control of cargo and commercial work, Ukrainian state university of railway transport. Tel: (095) 897-86-85. E-mail: d.coolava@gmail.com.

Стаття прийнята 26.10.2016 р.