

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

УДК 656.25.027:004.94

О. В. ЛАВРУХІН^{1*}, С. Р. МИРОНЕЦЬ^{2*}, В. А. БОГОМОЛОВ^{3*}

^{1*}Каф. «Управління вантажною і комерційною роботою», Український державний університет залізничного транспорту, майд. Фейєрбаха, 7, Харків, Україна, 61050, тел. +38 (057) 730 10 85, ел. пошта tilavalval@gmail.com, ORCID 0000-0003-1302-4960

^{2*}Каф. «Управління вантажною і комерційною роботою», Український державний університет залізничного транспорту, майд. Фейєрбаха, 7, Харків, Україна, 61050, тел. +38 (057) 730 10 85, ел. пошта sergey_921@icloud.com, ORCID 0009-0002-7117-6575

^{3*}Каф. «Управління вантажною і комерційною роботою», Український державний університет залізничного транспорту, майд. Фейєрбаха, 7, Харків, Україна, 61050, тел. +38 (057) 730 10 85, ел. пошта duxa4399@gmail.com, ORCID 0009-0009-7889-3885

Удосконалення технології управління рухом поїздів на основі абстрактного моделювання оперативних процесів

Мета. За основну мету роботи автори становлять удосконалення процесу керування транспортними одиницями (поїздами) на основі абстрактного моделювання оперативних процесів, що дозволить оперативному диспетчерському апарату своєчасно реагувати на поїзні стани, які постійно змінюються. **Методика.** Із метою забезпечення ритмічного та рівномірного просування поїздів усіх категорій по залізничних напрямках поїзні диспетчери на основі свого досвіду, разом із локомотивними диспетчерами та машиністами поїзних локомотивів, постійно моніторять оперативний поїзний стан і розробляють стратегію просування поїздів по залізничних дільницях. Такий підхід досить енерговитратний із точки зору використання людських ресурсів через надмірне нервово напруження. Як наслідок зазначеного недоліку й допущених помилок виникають непродуктивні простой на залізничних станціях та в деяких випадках суттєве зменшення дільничної швидкості, що у свою чергу безпосереднім чином впливає прибутковості галузі та на якість обслуговування пасажирів, у тому числі високошвидкісного руху. Основою прийняття управлінських рішень щодо оперативного поїзного стану є автоматизовані системи та особистий досвід професіоналів. У зв'язку з цим доцільно сформулювати модель, яка буде відтворювати оптимальний план поїзної роботи за допомогою прогнозування основних показників. **Результати.** У ході науково-прикладного дослідження визначено предикат колізії попутного прямування поїздів різних категорій із розділенням станційними міжпоїзними інтервалами, який у подальшому може стати основою потужного модуля системи підтримки прийняття оперативних рішень. **Наукова новизна.** У роботі запропоновано підхід до вдосконалення процесу управління транспортними одиницями на основі абстрактного моделювання оперативних процесів, що, на відміну від наявних підходів, дозволяє реалізувати швидкодіючу інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень диспетчерським апаратом залізниці з можливістю самоприспосовування. **Практична значимість.** Реалізація запропонованого підходу у вигляді автоматизованого програмного комплексу дозволить у подальшому підвищити прибутковості залізничної галузі в секторі вантажного й пасажирського руху.

Ключові слова: вантажний поїзд; пасажирські перевезення; високошвидкісний рух; абстрактне моделювання оперативних процесів

Вступ

У сучасних умовах попри воєнний стан залізничний транспорт залишається в Україні одним з основних важелів потужної підтримки

економіки країни в секторі вантажних і пасажирських перевезень. Тому цілком слушно зазначити, що залізничний транспорт відіграє важливу роль в обороні нашої країни. Постійне його вдосконалення буде сприяти підвищенню

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

обороздатності країни в цілому. Також слід зауважити, що у зв'язку із загостренням воєнного протистояння в умовах конкурентного середовища на транспортному ринку одним із найбільш важливих факторів залучення клієнтів є стійкість роботи транспортної системи. Залізнична транспортна система та її підсистеми в цілому відповідають цій вимозі, хоча в наш час на залізниці, як і на всіх підприємствах України, спостерігається тенденція до нестабільності основних техніко-експлуатаційних показників її роботи, що негативно впливає на вимоги клієнтів щодо доставки «точно в строк». Зазначеній недолік обумовлений недосконалістю наявної системи оперативного планування та управління перевізним процесом. Існують державні програми, спрямовані саме на вдосконалення техніко-технологічного аспекту функціонування галузі. Однією з таких програм є Концепція Державної програми реформування залізничного транспорту України, затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2006 р. № 651-р., яку можна вважати основним підґрунтям цієї наукової роботи.

Мета

Основною метою цієї наукової роботи є вдосконалення технології керування транспортними одиницями (поїздами), в основу якого покладено принципи абстрактного моделювання оперативних процесів. Такий підхід у широкому сенсі дозволить оперативному диспетчерському апарату своєчасно реагувати на постійні зміни поїзного стану.

Методика

Останні офіційні дані [2] свідчать про намічену стабілізацію перевезень і певне зростання їх обсягів за окремими регіональними філіями залізниць (рис. 1–3).

Однак слід зауважити, що разом із позитивними тенденціями, що склалося до початку повномасштабної війни, спостерігалася негативна тенденція щодо основних якісних показників. Одним із таких комплексних показників є обіг вантажного вагона (рис. 4).



Рис. 1. Динаміка зміни навантаження вагонів робочого парку у відсотках до попереднього року

Fig. 1. Dynamics of changes in the load of working fleet cars as a percentage of the previous year



Рис. 2. Динаміка зміни роботи вагонів робочого парку у відсотках до попереднього року

Fig. 2. Dynamics of changes in the operation of working fleet cars as a percentage of the previous year



Рис. 3. Динаміка зміни відправлення вантажів у відсотках до попереднього року

Fig. 3. Dynamics of changes in freight shipments as a percentage of the previous year



Рис. 4. Аналіз обігу вантажного вагона з 2005 по 2020pp

Fig. 4. Analysis of freight car turnover from 2005 to 2020

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Динаміка зміни цього показника у відсотках до попереднього року більш яскраво описує складність ситуації, що виникла в секторі ефективного використання основних транспортних засобів залізниці (рис. 5).

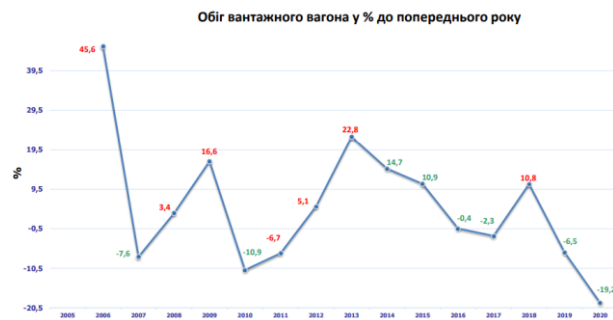


Рис. 5. Динаміка зміни часу обігу вантажного вагону у відсотках до попереднього року

Fig. 5. Changes in freight car turnaround time as a percentage of the previous year

Також слід зауважити, що офіційно опубліковані дані Укрзалізниці переконливо свідчать про погіршення щодо однієї низки показників порівняно з попередніми роками – це простій вагона на одній технічній станції, що з 2005 року збільшився на 2,75 години, тобто майже на 30 %.

Час простою вантажного вагона під однією вантажною операцією з 2005 року збільшився на 15,39 години, що становить близько 40 %.

Також у негативний бік змінився такий комплексний показник ефективності використання рухомого складу, як обіг вантажного вагона. Із 2005 року його значення змінювалося в межах 4,34 – 5,84 доби, це становить 30,72 %.

Цілком природно припустити, що за час війни ситуація погіршилася, оскільки відбувається суттєве порушення технологічного процесу перевезень, зокрема через фізичне руйнування інфраструктури. У таких умовах постає гостре невідкладне науково-прикладне завдання – удосконалення підходів до ефективного використання транспортних ресурсів для зміцнення обороноздатності країни шляхом забезпечення безперебійного прямування поїздпотоків зі всіма категоріями вантажів із дотриманням пасажирського та високошвидкісного руху.

Основною причиною погіршення певних показників є недосконалість систем планування поїзної роботи. Усі рішення приймають лише на основі досвіду людини, без виконання певних розрахунків засобами автоматизації з урахуванням вхідних даних, що постійно змінюються.

На першому етапі одним із шляхів виходу з цієї ситуації є формування автоматизованої технології оперативного планування та управління поїзною роботою залізничної станції з елементами штучного інтелекту.

Вирішення цього науково-прикладного завдання полягає у формалізації процесу визначення основних параметрів оперативного плану поїзної роботи залізничної станції з подальшим формуванням моделі, яка буде відтворювати оптимальний план поїзної роботи за допомогою прогнозування основних показників.

Реалізація зазначених заходів дозволить досягнути мінімальних відхилень прогнозу від реального виконання плану та, як наслідок, дотримання умови доставки вантажів «точно в строк».

На другому етапі доцільне широкомасштабне впровадження автоматизованих технологій оперативного управління перевізним процесом у роботу залізничних станцій, відповідно до цього необхідно проаналізувати основні здобутки провідних учених з означеного напрямку.

У [3] проведено моделювання роботи залізничних станцій на основі добового плану-графіка, але не враховано в повній мірі прогноз надходження поїздів. У статті [1] запропоновано сформувати ергатичну модель роботи залізничної станції, яка в повному обсязі описує основні процеси автоматизованого управління нею разом із тим модель практично не враховує потреби поїзних диспетчерів щодо надходження оперативної інформації про черговість пропуску поїздів по дільниці. У роботі [5] основну увагу приділено формуванню автоматизованої технології управління перевезенням вантажів на напрямку, яка надає можливість оперативному управлінському персоналу реагувати на зміну подій, але швидкість такого реагування не достатня в сучасних умовах.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Робота [7] в основному присвячена вдосконаленню технології просування зовнішнього вагонопотоку в транспортній логістиці металургійного підприємства, що значно звужує ступінь її застосування.

У роботах [4, 6, 10], поряд з удосконаленням технологічного процесу просування вантажопотоків, значну увагу приділено перевезенню небезпечних вантажів без впливу їх на пасажирський рух, що обумовлює наявність «вузьких» місць у процесі перевезень.

У подальшому дослідженні доцільно приділити увагу саме інтелектуальним підходам забезпечення гнучкості в розробці систем самонавчання, які дозволять оперативним працівникам лінійного та середнього рівня отримати потужний інструмент якісного та безпечного управління рухом поїздів.

Таким чином, у роботі [8] розглянуто формування автоматизованої системи активного моніторингу просування рухомих одиниць (АМПРО), в основу якої покладено модифікацію мови поїзних ситуацій (ЯПС) у вигляді абстрактного моделювання оперативних процесів (АМОП). Такий підхід надав можливість оперативному диспетчерському апарату ефективно регулювати рух поїздів із небезпечними вантажами. Підхід довів свою ефективність під час його апробації, тому доцільно подальші інтелектуальні моделі автоматизованої системи перевезень удосконалити саме в такий спосіб.

Результати

Одним із важливих оперативних завдань, яке стоїть перед управлінським апаратом, є ритмічне та рівномірне просування поїздів усіх категорій по залізничних напрямках. Із цією метою поїзні диспетчери на основі свого досвіду, разом із локомотивними диспетчерами та машиністами поїзних локомотивів, постійно моніторять оперативний поїзний стан і розробляють стратегію просування поїздів по залізничних дільницях. Такий підхід досить енерговитратний із точки зору використання людських ресурсів через надмірне нервово напруження. Зазначений недолік і допущені

помилки спричиняють непродуктивні простой на залізничних станціях та в деяких випадках суттєве зменшення дільничної швидкості, що у свою чергу безпосереднім чином впливає на прибутковість галузі та якість обслуговування пасажирів, у тому числі високошвидкісного руху.

У роботі [9] зазначено, що застосування абстрактного моделювання оперативних процесів може суттєво вплинути на поліпшення якості перевізного процесу за рахунок швидкого реагування на зміну подій. Тому далі доцільно розглянути можливість застосування АМОП для оптимізації використання транспортних ресурсів. Пропонуємо застосувати контролівне продукційне правило, яке у базі даних автоматизованого комплексу можна подати у вигляді предиката колізії $\beta_{re}(p_i, p_j, t_n)$, що на початковому етапі буде мати вигляд:

$$\beta_{re}(p_i, p_j, t_n) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow (p_i \chi_s p_j) \tau_{(\cdot)}(t_{n-1}) \& (p_j \chi_s p_i) \tau_{(\cdot)}(t_{n+1}), (1)$$

де β_{re} – предикат колізії початкової поїзної ситуації на перегоні; p_i, p_j – два поїзди, що знаходяться на одному перегоні та прямують один за одним; $\tau_{(\cdot)}(t_{n-1}), \tau_{(\cdot)}(t_{n+1})$ – моменти часу, що розмежовують поїзди під час їзди на зелене світло, тобто з розмежуванням щонайменше трьома блок-дільницями.

Поданий вираз у певному сенсі описує такий оперативний поїзний стан на дільниці, що надає оперативному диспетчерському персоналу можливість фактично перекласти керування рухом поїздів на автоматику. У широкому сенсі передбачено, що диспетчерський апарат буде виконувати контролівну та корегувальну функцію.

Слід зауважити, що оперативні обставини в лінійних залізничних підрозділах та полігонах постійно змінюються і можуть суттєво відрізнятись від планів, що були складені на зміну чи добу, а тим паче на рік. У цих умовах оперативний працівник, зокрема поїзний диспетчер, повинен прогнозувати наперед такі зміни, а в окремих випадках миттєво приймати

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

обґрунтовані рішення оперативного корегування нормативного графіка руху поїздів.

Відповідно до зазначеного стає зрозумілим, що для можливості використання запропонованого підходу доцільно застосовувати його у межах автоматизованої технології, яка дозволить в режимі реального часу забезпечити керівні заходи щодо просування транспортних одиниць (локомотиви, вагони). Для успішної реалізації будь-якої подібної системи необхідно в реальному режимі часу ідентифікувати місцезнаходження вагона або локомотива. На залізничному транспорті в наш час проходять експерименти з упровадження систем на основі застосування GPS-технологій.

Ця технологія передбачає встановлення GPS – датчиків на кожну транспортну одиницю, що надає можливість ідентифікувати її в кожний момент часу з відображенням наближених до точних координат місцезнаходження. До переваг цієї технології можна віднести оперативність надходження інформації, порівняно невисоку вартість датчиків, наявність готових технічних рішень тощо. Слід зазначити, що точність ідентифікації складає від 1 до 5 метрів. Цей факт обмежує застосування цієї системи на залізничному транспорті, оскільки міжколійна ширина коливається в межах від 4 100 мм на перегонах до 5 300 мм на станції. Тобто під час проходження поїздів по двохколіній лінії назустріч один одному вони не можуть бути точно ідентифікованими. Такі ж проблеми постають у разі ідентифікації вагонів, накопичених на сортувальних коліях.

Одним із можливих варіантів подолання зазначеної проблеми є створення системи ідентифікації рухомого складу, в основу якої буде покладено логічний та фізичний контроль місцезнаходження транспортної одиниці з подальшою автоматизованою інтелектуальною обробкою інформації й наданням раціонального керівного рішення з визначення найкращого варіанта реалізації стратегії роботи оперативного персоналу.

Наведемо приблизний опис функціонування означеної системи з виділенням технічної й технологічної частини.

Указане техніко-технологічне рішення передбачає, що на залізничній станції у вхідній і вихідній горловині буде встановлене додаткове обладнання, яке рахує кількість осей локомотивів і вагонів, які вийшли зі станції на перегін, а потім також рахує ці осі під час входження на наступну станцію або проходження блок-дільниці. Ці дані по каналах бездротового 5G-зв'язку надходять до автоматизованої системи диспетчерського управління рухом поїздів (АСДУРП), яка визначає склад поїзда (повний або неповний поїзд). Таким чином диспетчер може контролювати стан перегону або блок-дільниці. Однак для реалізації автоматизованої системи активного моніторингу цього не достатньо. Необхідно, як було зазначено вище, точно визначати місцезнаходження кожного вагона. Для цього в АСДУРП повинна бути інформація про склад поїзда та характеристику кожного вагону й локомотива, який здійснює рух. Передбачено, що дані про вагони та вантаж до АСДУРП будуть надходити з АСК ВП УЗ–Є. Також знадобиться точна інформація в режимі реального часу про швидкість поїзда, яка буде надходити по каналах бездротового 5G-зв'язку. На основі об'єднання та аналізу інформації про швидкість руху й довжину поїзда з диференціацією по кожній окремій одиниці можна визначити точну позицію рухомого складу в просторі.

Ці дані надходять по каналах 5G до автоматизованого робочого місця (АРМ) оперативного персоналу регіонального центру управління перевезеннями (РЦУП). Ця інформація є базовою для прийняття рішення щодо подальшої реалізації стратегії пропуску поїздів по дільниці. Якщо дільниця обладнана диспетчерською централізацією (ДЦ) типу КАСКАД, то диспетчер самостійно виконує дії з приготування маршруту прямування поїзда та стежить за його просуванням. У разі відсутності ДЦ поїзний диспетчер передає необхідні команди до АРМ чергового по станції по каналах 5G або АСК ВП УЗ–Є.

У зв'язку зі значною завантаженістю ДНЦ та ДСП постає проблема прийняття оперативного обґрунтованого раціонального рішення щодо пропуску поїздів по дільниці. Оперативному персоналу необхідно постійно вирішувати

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

питання пошуку раціональних варіантів виконання поїзної роботи на станції та дільниці. Такі рішення кожен працівник в основному приймає на основі власного досвіду. Слід також зауважити, що на залізницях колишнього СРСР є певні технічні особливості – одноколіїний рух із напівавтоблокуванням.

Одною з актуальних проблем пропуску поїздів по мережі регіональних філій АТ «Укрзалізниця» є наявність одноколіїних ділянок, на яких одночасне приймання або безупинний пропуск поїздів із протилежних напрямків не можливі. Ця умова продиктована умовами забезпечення безпеки руху. У цьому випадку процедура приймання та безупинного пропуску зустрічних поїздів регламентована дотриманням спеціальних станційних інтервалів. Мова йде про інтервал станційний неодновременного прибуття, який являє собою мінімальний проміжок часу від моменту прибуття поїзда на розмежувальний пункт до моменту прибуття чи прослідування через цей пункт поїзда зустрічного напрямку.

Наукова новизна та практична значимість

У роботі запропоновано підхід до вдосконалення процесу управління рухом поїздів на основі абстрактного моделювання оперативних процесів, що, на відміну від наявних підходів, дозволяє реалізувати швидкодіючу інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень диспетчерським апаратом залізниць із можливістю самоприспосовування. Реалізувати запропонований підхід на практиці передбачено у вигляді автоматизованого програмного комплексу, який дозволить підвищити прибутковість галузі в секторі вантажного та пасажирського руху.

Висновки

Наступні модифікації виразу (1) дозволять у реальному режимі часу адекватно відтворювати та корегувати поїзний стан на дільниці. Подальші дослідження будуть спрямовані саме на пошук адекватних виразів реалізації штучного інтелекту, який стане суттєвою підтримкою оперативного диспетчерського апарату регіональних філій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бобровский В. И., Козаченко Д. Н., Вернигора Р. В. Эргатические модели железнодорожных станций. *Збірник наукових праць КУЕТТ. Серія : Транспортні системи і технології*. 2004. Вип. 5. С. 80–86.
2. *Довідник основних показників роботи регіональних філій ПАТ «Українська залізниця» (2005-2020 рр.)*. Київ, 2021. 41 с.
3. Козаченко Д. М., Вернигора Р. В., Коробйова Р. Г. Програмний комплекс для імітаційного моделювання роботи залізничних станцій на основі добового плану-графіку. *Залізничний транспорт України*. 2008. Вип. 4. С. 18–20.
4. Batarlienė N., Jarašūnienė A. Analysis of the accidents and incidents occurring during the transportation of dangerous goods by railway transport. *Transport*. 2014. Vol. 29. Iss. 4. P. 395–400. DOI: <https://doi.org/10.3846/16484142.2014.983967>
5. Butko T., Kostiennikov O., Parkhomenko L., Prohorov V., Bogomazowva G. Formation of of an automated technology of cargo transportation control on the direction. *Eastern – European of journal of enterprise technologies*. 2019. Vol. 1. Iss. 3 (97). P. 6–13. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156098>
6. Drzewieniecka B., Nowak M. Safety Aspect in Carriage of Dangerous Goods by Railway Transport. *New Trends in Production Engineering*. 2018. Vol. 1. Iss. 1. P. 35–41. DOI: <https://doi.org/10.2478/ntpe-2018-0004>
7. Kiriceva E. V., Gusev Ju. V. Analysis of the promotion of external railcar traffic in the transport logistics of a metallurgical enterprise. *Modern of engineering and innovative technologies*. 2019. Iss. 8. P. 79–85. DOI: <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2019-08-01-015>
8. Lavrukhin O., Kovalov A., Schevcenko V., Kyman A., Kulova D. Creating a complex criterion for accident consequence assessment in connection with the carriage of dangerous goods by rail. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 2. Iss. 3 (98). P. 25–31. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205862>

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

9. Lavrukhin O., Kovalov A., Kulova D., Panchenko A. Formation of a model for the rational placement of cars with dangerous goods in a freight train. *Procedia Computer Science*. 2019. Vol. 149. P. 28–35.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.103>
10. Medvedev V., Oshchepkov Z., Bogomolova E., Bogomolov V. Dangerous zone during transportation of dangerous goods. *E3S Web of Conferences*. (2019). Vol. 138. P. 1–9.
DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913802019>

O. V. LAVRUKHIN^{1*}, S. R. MYRONETS^{2*}, V. O. BOHOMOLOV^{3*}

^{1*}Dep. «Cargo and commercial work management», Ukrainian State University of Railway Transport, Feuerbach Sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61050, tel. +38 (057) 730 10 85, e-mail tilavalval@gmail.com, ORCID 0000-0003-1302-4960

^{2*}Dep. «Cargo and commercial work management», Ukrainian State University of Railway Transport, Feuerbach Sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61050, tel. +38 (057) 730 10 85, e-mail sergey_921@icloud.com, ORCID 0009-0002-7117-6575

^{3*}Dep. «Cargo and commercial work management», Ukrainian State University of Railway Transport, Feuerbach Sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61050, tel. +38 (057) 730 10 85, e-mail dycha4399@gmail.com, ORCID 0009-0009-7889-3885

Improvement of Train Traffic Control Technology Based on Abstract Modelling of Operational Processes

Purpose. The main goal of the work is to improve the process of controlling transport units (trains) on the basis of abstract modelling of operational processes, which will allow the operational dispatching apparatus to respond in a timely manner to constantly changing train conditions. **Methodology.** In order to ensure the rhythmic and uniform movement of trains of all categories along railway lines, train dispatchers, based on their experience, together with locomotive dispatchers and train locomotive drivers, constantly monitor the operational train condition and develop a strategy for the movement of trains along railway sections. This approach is quite energy-consuming in terms of human resources due to excessive nervous tension. As a result of this shortcoming and mistakes made, there are unproductive downtime at railway stations and, in some cases, a significant reduction in sectional speed, which in turn directly affects the industry's profitability and the quality of passenger service, including high-speed traffic. The basis for making management decisions on operational train conditions is automated systems and personal experience of professionals. In this regard, it is advisable to form a model that will reproduce the optimal train operation plan by predicting the main indicators. **Findings.** In the course of the scientific and applied research, the predictor of collision of trains of different categories with station and inter-train intervals was determined, which can later become the basis of a powerful module of the operational decision support system. **Originality.** The paper proposes an approach to improving the process of managing transport units based on abstract modelling of operational processes, which, unlike existing approaches, allows the implementation of a high-speed intelligent decision support system for railway dispatching with the possibility of self-adaptation. **Practical value.** The implementation of the proposed approach in the form of an automated software system will further increase the profitability of the railway industry in the freight and passenger traffic sector.

Keywords: freight train; passenger traffic; high-speed traffic; abstract modelling of operational processes

REFERENCES

1. Bobrovsky, V. Y., Kozachenko, D. N., & Vernyhora, R. V. (2004). Ergatic Models of Railway Stations. *Collection of Scientific Papers of the State University of Infrastructure and Technologies of the Ministry of Education and Science of Ukraine: Series «Transport Systems and Technologies»*, 5, 80-86. (in Ukrainian)
2. *Dovidnyk osnovnykh pokaznykiv roboty rehionalnykh filii PAT «Ukrainska zaliznytsia» (2005-2020 rr.)*. (2021). Kyiv. (in Ukrainian)
3. Kozachenko, D. M., Vernyhora, R. V., & Korobyova, R. G. (2008). The Software Package for Simulation of Railway Stations Based on Plan-Schedule. *Zaliznychnyi transport Ukrainy*, 4, 18-20. (in Ukrainian)
4. Batarlienė, N., & Jarašūnienė, A. (2014). Analysis of the accidents and incidents occurring during the transportation of dangerous goods by railway transport. *Transport*, 29(4), 395-400.
DOI: <https://doi.org/10.3846/16484142.2014.983967> (in English)

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

5. Butko, T., Kostiennikov, O., Parkhomenko, L., Prohorov, V., & Bogomazowva, G. (2019). Formation of of an automated technology of cargo transportation control on the direction. *Eastern – European of journal of enterprise technologies*, 1(3(97)), 6-13. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156098> (in English)
6. Drzewieniecka, B., & Nowak, M. (2018). Safety Aspect in Carriage of Dangerous Goods by Railway Transport. *New Trends in Production Engineering*, 1(1), 35-41. DOI: <https://doi.org/10.2478/ntpe-2018-0004> (in English)
7. Kiriceva, E. V., & Gusev, Ju. V. (2019). Analysis of the promotion of external railcar traffic in the transport logistics of a metallurgical enterprise. *Modern of engineering and innovative technologies*, 8, 79-85. DOI: <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2019-08-01-015> (in Russian)
8. Lavrukhin, O., Vernyhora, R., Schevcenko, V., Kyman, A., Shulika, O., Kulova, D., & Kim, K. (2020). Forming an automated technology to actively monitor the transportation of dangerous cargoes by railroad. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(3(105)), 78-85. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205862> (in English)
9. Lavrukhin, O., Kovalov, A., Kulova, D., & Panchenko, A. (2019). Formation of a model for the rational placement of cars with dangerous goods in a freight train. *Procedia Computer Science*, 149, 28-35. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.103> (in English)
10. Lavrukhin, O., Kovalov, A., Kulova, D., Panchenko, A. (2019). Formation of a model for the rational placement of cars with dangerous goods in a freight train. *Procedia Computer Science*, 149, 28–35. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.103> (in English)
11. Medvedev, V., Oshchepkov, Z., Bogomolova, E., & Bogomolov, V. (2019). Dangerous zone during transportation of dangerous goods. *E3S Web of Conferences*, 138, 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913802019> (in English)

Надійшла до редколегії: 22.08.2022

Прийнята до друку: 23.12.2022