

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

УДК 656.22:656.212.5

С. І. МУЗИКІНА¹, М. І. МУЗИКІН^{2*}, Г. І. НЕСТЕРЕНКО³

¹Каф. «Безпека життєдіяльності», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (066) 082 88 27, ел. пошта fufei@rambler.ru, ORCID 0000-0002-5832-6949

^{2*}Каф. «Безпека життєдіяльності», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (095) 251 53 14, ел. пошта grafmim@rambler.ru, ORCID 0000-0003-2938-7061

³Каф. «Управління експлуатаційною роботою», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 70, ел. пошта galinamuzykina@rambler.ru, ORCID 0000-0003-1629-0201

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

Мета. Наукова робота має за мету вибір раціональних технологічних параметрів організації процесу перевезень, які дозволили б практично реалізувати рух вантажних поїздів із найбільш ефективним розподілом поїздопотоків. Розглядається також зниження показника простою вагонів внаслідок збільшення швидкості доставки вантажів та пошук шляхів збільшення пропускної спроможності сортувальної станції. **Методика.** Наведені технічні та експлуатаційні характеристики сортувальних станцій Європи та України. В якості методів дослідження прийнятий аналіз роботи станції, аналіз прямування вагонопотоків, аналіз графіка виконаного руху поїздів, натурних листів форми ДУ-1 по прибуттю та відправленню поїздів. Розроблені схеми для розрахунків пропускної спроможності горловин, переробної спроможності сортувальної гірки, допустимих рівнів завантаження системи. **Результати.** За висновками дослідження розрахована пропускна (переробна) спроможність основних елементів станції. Добове завантаження сортувальної гірки та витяжних колій істотно змінюється по варіантам та градаціям розмірів руху. Це впливає на простой составів та, в цілому, на величину критерію, згідно якого буде обиратися оптимальне технічне оснащення, оптимальна взаємодія в роботі підсистем та колійний розвиток станції. Цей критерій повинен враховувати витрати на технічне устаткування, спорудження колій, локомотиви, а також відповідні експлуатаційні витрати у всіх варіантах. Таким чином, вибір оптимальної взаємодії повинен встановлювати економічно доцільний рівень експлуатаційної надійності роботи підсистем, їх технічну та колійну потужність. **Наукова новизна.** Збільшуючи продуктивність роботи каналу відправлення поїздів, сортувальної гірки та витяжних колій, можливо інтенсифікувати процеси обробки поїздів та зменшити простой вагонів. Інтенсифікація технологічних процесів на сортувальних станціях забезпечує зменшення обороту вагонів, скорочення простоїв та високу економічну ефективність капітальних вкладень. У дослідженні розглянуті питання, пов'язані з підвищенням ефективності функціонування сортувальних станцій в умовах реформування залізничного транспорту. **Практична значимість.** Використання методів визначення раціональної пропускної (переробної) спроможності сортувальних станцій, для розподілу поїздопотоків між ними, дає можливість покращити якісні показники роботи сортувальних станцій.

Ключові слова: вагонопотік; сортувальна станція; об'єм переробки; пропускна спроможність; горловини; переробна спроможність

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Вступ

Сортувальні станції – це складні комплекси елементів, які технологічно взаємопов'язані між собою. Ці елементи повністю відповідають достатнім та необхідним умовам, які дозволяють інтерпретувати їх з точки зору системотехніки як складні технологічні системи, елементи яких знаходяться в постійній функціональній взаємодії. Крім того, сортувальні станції працюють з неоднорідним по структурі та з нерівномірним у часі навантаженням, в зв'язку з чим взаємозв'язки між цими елементами мають, у визначених межах, стохастичний характер. Роботу сортувальних станцій досліджували вчені В. М. Акулінічев, Т. В. Бутько, Н. Н. Шабалін, І. Б. Сотніков, К. К. Таль, П. С. Грунтов, А. М. Макароичкін та ін. [1–14].

Актуальністю дослідження є розробка і впровадження методів визначення раціональної пропускної (переробної) спроможності сортувальних станцій, для розподілу поїздопотоків між ними, що забезпечить покращення якісних показників роботи залізничного транспорту.

Мета

Метою дослідження є вибір раціональних технологічних параметрів організації процесу перевезень, які дозволили б практично реалізувати рух вантажних поїздів з найбільш ефективним розподілом поїздопотоків, зниження показника простою вагонів внаслідок збільшення швидкості доставки вантажів.

Об'єктом дослідження є процес пропуску вантажного поїздопотоків по сортувальній станції Х.

Предметом дослідження є параметри вантажного поїздопотоків (транзитні без переробки та з переробкою) сортувальної станції Х.

Завданням дослідження є вибір оптимального варіанта організації вагонопотоків при перевезенні вантажу по сортувальній станції Х, внаслідок чого досягається зменшення часу простою. Як методи дослідження прийняті аналіз роботи станції, аналіз направлення вагонопотоків, аналіз графіка виконаного руху поїздів, натурних листів форми ДУ-1 по прибутті та відправленні поїздів.

Фактичною значимістю дослідження є використання отриманих результатів в удосконаленні технології перевезення вантажів за

рахунок раціонального розподілу поїздопотоків між основними сортувальними станціями.

Структурою роботи є аналіз системи організації роботи з пропуску поїздопотоків по сортувальній станції Х, пропонування розподілу поїздопотоків між сортувальними станціями відповідно до методів визначення пропускної (переробної) спроможності сортувальних станцій.

Методика

Залізничний транспорт України по загальній довжині шляхів (23 тис. км) займає четверте місце в світі (після США, Росії, Канади). По вантажообігу він виконує основні обсяги перевезень – 40–50 % від країн ЄС (навіть у рік найбільшого спаду 1997 р. – понад 40 %). Перевізена робота, здійснювана на залізницях України, в шість разів більше обсягу, виконуваного залізницями країн ЄС. [13,14]

Проаналізувавши показники (табл. 1), можна зробити висновок, що Україна за площею становить 13,8 % площі країн ЄС, має протяжність залізничних ліній 22 300 км, що становить 16 % від протяжності всіх залізничних ліній Європи. Густота залізниць України нижче ніж густота залізниць ЄС, при цьому 43,7 % залізниць України електрофіковано, тоді як в ЄС електрифіковано лише 14,5 % залізничних ліній. За даними таблиці видно, що розгорнута довжина залізничних ліній зазначених європейських країн перевищує існуючу в Україні в 4,2 разу, тоді як рівень перевезень вантажів на одного жителя в Україні в 3,3 разу вище їх сумарного значення по країнах ЄС. Це говорить про більш високу вантажонапруженість та інтенсивність на залізницях України порівняно з європейськими.

У зв'язку з тим, що вантажообіг залізниць України в 6 разів більше, ніж вантажообіг країн ЄС, це робить Україну однією з провідних залізниць країн Європи незважаючи на те, що по технічному розвитку вона поступається країнам ЄС. З вище сказаного можна зробити висновок про високий потенціал для подальшого розвитку сортувальних станцій і, в разі сприятливої державної політики, високі перспективи інвестицій в цю галузь. Реформування залізничної галузі України, яке відбувається сьогодні, свідчить про перспективи її розвитку.

Таблиця 1

Порівняльні показники залізниць України та Європи

Table 1

Comparative figures of railways in Ukraine and Europe

№ з/п	Найменування	Україна	ЄС
1	Площа	603 628 км ²	4 324 782 км ²
2	Електрифікація залізниць	9 752 км	24 369 км
3	Протяжність залізничних ліній	22 300 км	139 228 км
4	Густота залізниць	35,93 км на 1 000 км ²	177,4 км 1 000 км ²
5	Вантажообіг	246,3 млрд т-км	40 млрд т-км
6	Експлуатаційна довжина залізниць	18 845 км	3 639 123 км
7	Кількість сортувальних станцій	42	80
8	Густота розміщення мережі сортувальних станцій	10,2 км на 1 000 км ²	17,84 км на 1 000 км ²
9	Площа сортувальних станцій	7,2 тис. м ²	12,8 тис. м ²
10	Потужність гірок	Від малої до підвищеної потужності	Від малої до підвищеної потужності
11	Переробна спроможність	5 500 ваг/доб	3 500 ваг/доб
12	Кількість сортувальних колій	24–34	54–84
13	Довжина сортувальних колій	750–1 200м	1 050–2 100м

Проаналізувавши сортувальні станції України та ЄС [13, 14], можна зробити наступні висновки: на території Європи розміщено 80 сортувальних станцій, а на території України – 42 сортувальні станції, площа сортувальних станцій 7,2 тис. м², а площа сортувальних станцій в ЄС в 1,5 разу більша. Густота розміщення сортувальних станцій в Україні по відношенню до протяжності залізничних ліній менш щільна і становить 10,2 км на 1 000 км. Переробна здатність гірок, згідно зі статистичними даними, на 60 % більше, ніж на сортувальних станціях ЄС, при тому що кількість сортувальних колій і їх довжина на порядок вище саме в ЄС.

Розвиток міжнародного залізничного сполучення ускладнюється наявністю надмірної кількості зупинок на сортувальних станціях. Робота цих сортувальних станцій пов'язана зі значними витратами на обладнання і персонал. Створення сортувальних станцій повинно базу-

ватися на найбільш ефективній експлуатації європейських залізниць. Їх слід розташовувати в таких місцях, щоб здійснювати залізничні операції якнайшвидше за мінімальних витрат. Необхідно сконцентрувати міжнародні перевезення через обмежену кількість сортувальних станцій, які:

- формують вантажні поїзди, що направляються за кордон, або приймають вантажні поїзди, що прибувають з-за кордону;

- розташовані на лініях європейської мережі залізниць або поблизу від них і мають гарний зв'язок з цією мережею і перелік яких наводиться у таблиці 2;

- прагнуть скоротити число найважливіших сортувальних станцій в Європі з метою підвищення економії на транспорті і прискорення залізничних перевезень вантажів.

**Перелік сортувальних станцій в мережі СМЖЛ
(Європейська Угода про міжнародні магістральні залізничні лінії)**

**The list of marshalling yards on the network AMRL
(European Agreement about International Main Railway Lines)**

№ з/п	Країна	Кількість станцій	Станції
1	Австрія	7	Вельс, Відень, Грац, Зальцбург, Лінц, Філлах, Халь в Тіролі (Інсбрук)
2	Бельгія	4	Антверпен – Сев, Кінкемпуа (Льєж), Мерелбеке (Гент), Монсо
3	Боснія і Герцеговина	1	Добой
4	Болгарія	4	Горна-Оряховица, Димитровград, Рузе, Софія
5	Угорщина	2	Будапешт – Ференцварош, Сольнок
6	Німеччина	14	Бebra, Бремен, Гремберг (близько Кельна), Дрезден – Фрідріхштадт, Зеддін (близько Берліна), Зельце (близько Ганновера), Корнвестгейм (близько Штутгарта), Мангейм, Машен (близько Гамбурга), Мюнхен – Північ, Нюрнберг, Росток – Зеєхафен, Хаген-Ворхаль, Енгельсдорф (близько Лейпцига)
7	Греція	2	Афіни, Салоніки
8	Данія	2	Копенгаген (вантажний термінал), Падборг
9	Італія	7	Алессандрія, Болонья – Сан-Донат, Венеція -Местре, Марчанізе, Мілан - Смістаменто, Рим – Смістаменто, Турин – Орбассано. Без гірки: Барі – Ламасіната, Вентімілья – Парко-Роя, Вілла – Сан-Джованні, Домодоссола – Домо 2, Мессіна – Контецца, Понтебба, Трієст – С.М.
10	Іспанія	8	Барселона – Кан-Туніс, Валенсія – Фуенте – Сан-Луїс, Вікальваро, Кордоба (товарна), Леон, Міранда, Сарагоса-ля-Альмозара, Таррагона
11	Люксембург	1	Беттамбур – Дуделанге
12	Нідерланди	1	Роттердам – Кийфхук
13	Польща	6	Варшава – Прага, Вроцлав – Брохув, Познань – Франово, Тарновське–Гури, Щецин – Центральний порт
14	Португалія	2	Лісабон – Бейрулаш, Ентронкаменту
15	Румунія	6	Арад, Бухарест, Констанца, Крайова, Куртич, Ронат (Тімішоара)
16	Словаччина	6	Братислава, Жиліна, Комарно, Кошице, Чорна-над-Тисою, Штурово
17	Україна	20	Дарниця, Дебальцеве-Сорт, Запоріжжя-Ліве, Знам'янка, Іловайськ, Козятин, Красний Лиман, Красноармійськ, Кривий Ріг, Куп'янськ-Сорт, Маріуполь-Сорт, Нижньодніпровськ-Вузол, Одеса-Застава, Одеса-Сорт, Основа, Роздільна, Сарни, Стрий, Харків-Сорт, Ясинувата
18	Франція	14	Вупі, Жіврі, Лілль – Деліфранс, Мірама, Осбержен, Мюлуз, Париж (Ле Бурже, Ашер, Вільньов), Сен-Жорі, Сібелен, Сомен, Соттевіль, Уркад, Сен-П'єр-де-кор
19	Хорватія	1	Загреб – Сорт

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Закінчення табл. 2

End of table 2

№ з/п	Країна	Кількість станцій	Станції
20	Чеська Республіка	5	Бржецлав, Дечін, Німбурк, Прага-Лібень, Чешка-Тршебова
21	Швейцарія	6	Базель (Залізниця Швейцарії), Бухс (Санкт-Галлен), Женева, Кьяссо, Лімматгаль (Цюріх), Лозанна
22	Сербія	3	Белград-Сорт, Поповац-Ніш, Суботіца

Сортувальні станції є складними технічними та технологічними системами. Під системою розуміють сукупність об'єктів, які об'єднані деякою регулярною взаємодією або взаємозалежністю.

Теорію експлуатаційної надійності роботи сортувальних станцій слід розглядати як розвиток теорії взаємодії, яку розробили професори І. Г. Тихомиров та А. І. Платонов, тому що параметри надійності, в тому числі відмови в роботі різних підсистем, є результатом незадовільної взаємодії в роботі підсистем станції та їх елементів як технологічної системи. Відмова – це результат незадовільної взаємодії процесів, коли технологічні та технічні параметри підсистеми станції, а також характеристики вхідного потоку поїздів не відповідають встановленим розрахунковим значенням.

Простої составів в очікуванні розформування та в очікуванні закінчення формування, кількість колій в парках прибуття та відправлення, кількість відмов в роботі підсистем та їх тривалість залежать від технологічного устаткування сортувальної гірки, витяжних колій, кількості локомотивів та від інших факторів [3–6].

В статті «Дослідження структури вагонопотоків по прибутті та відправленні сортувальної станції Х» [Наука та прогрес транспорту, 2016, № 1(61)] авторами виконано аналіз основних показників роботи станції Х за I півріччя 2015 року. Подано основні якісні та кількісні показники порівняно з планом та рівнем виконання за I півріччя 2014 року. Наведено причини невиконання показників по елементах. Виконано аналіз вагонопотоків по сортувальній станції Х за травень 2015 року, визначено середньодобові

вагонопотоки по прибутті та відправленні.

В результаті дослідження розраховано пропускну (переробну) спроможність основних елементів станції.

Пропускна спроможність парків непарної системи станції становить:

- колій приймального парку «Г» – 119 поїздів;
- колій приймально-відправного парку «І» – 64 поїзди;
- колій приймально-відправного парку «Л» – 103 поїзди.

Пропускна спроможність парків парної системи станції становить:

- колій приймального парку «З» – 88 поїздів;
- колій приймально-відправного парку «Є» – 104 поїзди.

Розрахунку пропускну спроможності підлягають горловини, на яких здійснюються пересування організованих поїздів, а також горловини з інтенсивною маневровою роботою.

Для розрахунку пропускну спроможності горловину ділять на елементи, кількість яких повинна бути не менше ніж максимально можливу кількість пересувань, що одночасно здійснюються в горловині. До складу кожного елемента включається група стрілочних переводів, які працюють спільно, тобто при зайнятті одного з цих стрілочних переводів будь-яким пересуванням неможливе одночасне використання решти стрілочних переводів цього самого елемента для інших пересувань. Глухий перетин розглядається як стрілочний перевід, і йому надається відповідний номер.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

До одного елемента входять:

– обидва стрілочні переводи перехресного з'їзду з глухим перетином, розташовані на одній колії (за відсутності паралельного розпускання составів до одного елемента включаються усі стрілки перехресного з'їзду, розташованого після вершини гірки);

– стрілочні переводи, що входять до однієї ізольованої стрілочної дільниці (секції), причому до складу елемента може входити більше однієї секції – за умови, що через ці секції не можна здійснювати паралельні пересування.

Стрілочні переводи, через які можна одночасно здійснювати пересування по паралельних маршрутах (у тому числі переводи, спрямовані один до одного хрестовинами), мають належати до різних елементів.

Пропускна спроможність горловини розраховується за допомогою коефіцієнта використання залежно від тривалості зайняття горловини протягом доби всіма операціями, що передбачені технологічним процесом роботи станції, і за інших рівних умов залежить від прийнятого до розрахунку співвідношення між кількістю поїздів різних категорій і напрямків (у тому числі й тих, з якими виконуються постійні операції). Схема розрахунку наведена в табл. 3.

Пропускна спроможність горловин парків непарної системи станції становить:

– вхідної горловини приймального парку «Г» – 179 поїздів;

– передгіркової горловини приймального парку «Г» – 80 поїздів;

– вхідної горловини приймально-відправного парку «Л» – 150 поїздів;

– вихідної горловини приймально-відправного парку «Л» – 247 поїздів.

Пропускна спроможність горловин парків парної системи станції становить:

– вхідної горловини приймального парку «З» – 112 поїздів;

– передгіркової горловини приймального парку «З» – 69 поїздів;

– вхідної горловини приймально-відправного парку «Є» – 209 поїздів;

– вихідної горловини приймально-відправного парку «Є» – 210 поїздів.

Переробна спроможність станції розраховується для таких сортувальних пристроїв:

– непарна сортувальна гірка;

– парна сортувальна гірка.

Переробна спроможність сортувальної гірки визначається виходячи з того, що вона призначена для розформування составів і одночасного їх формування в процесі розпуску, при цьому робота із закінчення формування составів здійснюється з двох сторін – на гірці та на коліях вихідної горловини сортувального парку маневровим локомотивом.

Переробна спроможність сортувальної гірки визначається за допомогою коефіцієнта використання, залежно від тривалості її зайняття за добу всіма операціями, передбаченими технологічним процесом роботи станції, з урахуванням максимального звільнення гіркових локомотивів від усіх робіт, які можуть бути виконані на коліях вихідної горловини сортувального парку маневровим локомотивом (табл. 4).

Переробна спроможність гірок станції становить:

– непарної гірки – 90 поїздів;

– парної гірки – 96 поїздів.

Критерієм оцінки використання наявної пропускної спроможності є допустимий коефіцієнт використання пропускної спроможності. Допустимий коефіцієнт використання пропускної спроможності станційних пристроїв визначається вихідними даними про забезпечення стійкої роботи станції з високою експлуатаційною надійністю.

Допустимі коефіцієнти використання пропускної спроможності з приймання поїздів у розформування та переробної спроможності, тобто допустимі рівні завантаження, визначаються таким чином (табл. 5).

Використовуючи значення C_n , визначається допустиме завантаження гірки $\gamma_{гip}$ та колій приймання $\gamma_{п.п}$.

Якщо при заданих розмірах роботи коефіцієнти використання переробної спроможності сортувальної гірки $K_{гip}$ та пропускної спроможності колій K не перевищують значення $\gamma_{гip}$ та $\gamma_{п.п} \cdot (1 + \rho_{п.п}) \leq 1$ відповідно, то ці станційні пристрої працюють із завантаженнями, що не перевищують допустимих.

Якщо при заданих розмірах роботи коефіцієнт використання пропускної спроможності

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

горловини не перевищує 1, то її завантаження є допустимим.

Допустимий коефіцієнт використання пропускної спроможності щодо відправлення поїздів свого формування або щодо приймання та відправлення транзитних поїздів без переробки у випадку зміни локомотива $\gamma_{в.п}$ визначається

залежно від частки парку справних локомотивів $\alpha_{л}$, яка необхідна для погашення негативного впливу внутрішньо місячної нерівномірності руху та труднощів оперативного регулювання локомотивів на подовжених ділянках їх обертання з приймання поїздів у розформування (резерв вантажних локомотивів).

Таблиця 3

Схема для розрахунку пропускної спроможності горловин

Table 3

The scheme for calculating carrying capacity of yard neck

Назва показника	Формула	Пояснення
1. Загальний час зайняття групи стрілок горловини усіма передбаченими операціями	$T = \sum \tau_i \cdot n'_i \cdot (1 + \rho_r)$	τ_i – тривалість зайняття маршруту 1-ю операцією, хв; n'_i – кількість операцій на відповідному маршруті (приймання-відправлення поїздів, подавання-прибирання поїзних локомотивів, маневрові пересування), що збільшуються пропорційно зростанню розмірів руху; ρ_r – коефіцієнт, що враховує відмови пристроїв ЕЦ
2. Загальний час займання групи стрілок горловини усіма постійними операціями	$T_{\text{пост}}^r = \sum (\tau_i \cdot n'_i)_{\text{пост}}$	
3. Коефіцієнт використання пропускної спроможності групи стрілок	$K_{\text{гр}} = \frac{T}{1440 - T_{\text{пост}}^r}$	
4. Складність роботи горловини	$\omega = \frac{M_3 - M_i}{E_0 - 1}$	M_3 – загальна кількість маршрутів, що розглядається; M_i – кількість маршрутів із зайняттям розрахункового елемента горловини; E_0 – найімовірніша кількість пересувань, здійснюваних одночасно в горловині, що розглядається
5. Коефіцієнт використання пропускної спроможності горловини	$K = \frac{T}{\alpha_r \cdot 1440 - T_{\text{пост}}^r}$	α_r – коефіцієнт, який враховує вплив можливих пересувань у використанні стрілок розрахункового елемента через наявність ворожих пересувань через інші елементи горловини
6. Пропускна спроможність для маршрутів, пов'язаних з операціями, які залежать від розмірів руху	$N_i = N'_i / K$	

Схема для розрахунку переробної спроможності сортувальної гірки

The scheme for calculating the processing capacity of a hamp yard

Назва показника	Формула та пояснення
1. Загальний час зайняття сортувальної гірки операціями	$T = \left[(n'_{p1} + n'_{p2} + \dots) \cdot t_{гip} + \sum n'_{ман} \cdot t_{ман}^{гip} \right] \cdot (1 + \rho_{гip})$ <p>n'_{p1}, n'_{p2} – кількість составів, що розпускаються з сортувальної гірки і надходять відповідно з підходів 1, 2 і т.д.;</p> <p>$t_{гip}$ – середня тривалість зайняття сортувальної гірки, що припадає на один состав, який розформується, з урахуванням закінчення формування та інших операцій, тобто гірковий технологічний інтервал;</p> <p>$n'_{ман}$ – кількість поїздів, які приймаються і відправляються (залежить від розмірів руху) і при пропусканні яких розпуск з сортувальної гірки припиняється;</p> <p>$t_{ман}^{гip}$ – час зайняття передгіркової горловини одним таким поїздом за умови, що він може бути поєднаний із заїздами гіркових локомотивів, осаджуванням, закінченням розпуску (після звільнення гірковим локомотивом маршруту приймання);</p> <p>$\rho_{гip}$ – коефіцієнт, який враховує відмови технічних пристроїв</p>
2. Коефіцієнт корисного використання сортувальної гірки	$\Psi_k = \frac{1440 \cdot \alpha_{гip} - \sum T_{пост}^{гip}}{1440 \cdot \mu_{пвт}}$ <p>$\alpha_{гip}$ – коефіцієнт, що враховує можливі перерви у використанні сортувальної гірки через ворожі пересування;</p> <p>$\sum T_{пост}^{гip}$ – час зайняття сортувальної гірки протягом доби виконання постійних операцій, кількість яких не змінюється пропорційно зі збільшенням обсягу переробки, або кількість яких задається на розрахунковий період (у тому числі задана кількість збірних поїздів, які повністю формуються на гірці);</p> <p>$\mu_{пвт}$ – коефіцієнт, що враховує повторне сортування частини вагонів у процесі закінчення формування з сортувальної гірки через недостатню кількість і довжину сортувальних колій</p>
3. Коефіцієнт місткості сортувального парку	$\Psi_{міст} = \frac{N_{міст}}{n_{приз} \cdot m_{сер}}$ <p>$N_{міст}$ – місткість сортувального парку;</p> <p>$n_{приз}$ – кількість призначень сортувального парку;</p> <p>$m_{сер}$ – середній склад поїзда свого формування</p>
4. Коефіцієнт використання переробної спроможності сортувальної гірки	$K_{гip} = \frac{\mu_{пвт} \cdot T}{1440 \cdot \alpha_{гip} - \sum T_{пост}^{гip}}$

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Закінчення табл. 4

End of table 4

Назва показника	Формула та пояснення
5. Час зайняття сортувальної гірки протягом доби виконанням постійних операцій	$\sum T_{\text{пост}}^{\text{гір}} = n_{\text{кут}}^{\text{гір}} \cdot t_{\text{кут}}^{\text{гір}} + n_{\text{рем}}^{\text{гір}} \cdot t_{\text{рем}}^{\text{гір}} + n_{\text{м}}^{\text{гір}} \cdot t_{\text{м}}^{\text{гір}} + t_{\text{техн}}^{\text{гір}} + \sum n_{\text{ман}}^{\text{гір}} \cdot t_{\text{ман}}^{\text{гір}}$ <p>$n_{\text{кут}}^{\text{гір}}, n_{\text{м}}^{\text{гір}}, n_{\text{рем}}^{\text{гір}}$ – кількість груп вагонів, які розпускаються з сортувальної гірки за добу, відповідно до кутового потоку, місцевих та груп вагонів з колій ремонту;</p> <p>$n_{\text{ман}}^{\text{гір}}$ – кількість поїздів, що приймаються (відправляються), маневрових пересувань, яка не залежить від обсягу переробки або є на даний розрахунковий період (у тому числі задана на розрахунковий період кількість збірних поїздів);</p> <p>$t_{\text{кут}}^{\text{гір}}, t_{\text{м}}^{\text{гір}}, t_{\text{рем}}^{\text{гір}}$ – середній час розпуску відповідної групи вагонів кутового потоку, місцевих передач та груп вагонів з колій ремонту, з урахуванням витрат часу на пропускання при цьому через передгіркову горловину маневрових составів і локомотивів;</p> <p>$t_{\text{техн}}^{\text{гір}}$ – час перерв у роботі сортувальної гірки, необхідний для екіпірування гіркових локомотивів, а також для щоденного технічного обслуговування вагонних уповільнювачів та іншого гіркового обладнання, що потребує припинення розпуску</p>
6. Середньодобовий час зайняття сортувальної гірки технічним обслуговуванням, що входить у $t_{\text{техн}}^{\text{гір}}$	$t_3 = K_3 \cdot \Pi$ <p>K_3 – коефіцієнт, який залежить від кількості спускних колій на гірці;</p> <p>Π – кількість пучків у сортувальному парку</p>
7. Переробна спроможність сортувальної гірки для поїздів з кожного підходу	$N_p = \frac{n'_p}{K}$

Таблиця 5

Схема для розрахунку допустимих рівнів завантаження системи

Table 5

The scheme for calculating the permissible levels of system loading

Назва	Формула	Пояснення
1. Наявна пропускна спроможність колій з приймання поїздів у розформування без урахування втрат від внутрішньодобової нерівномірності та впливу інших об'єктивних факторів	$n_{\text{н.п.п}} = n_{\text{п.п}} \cdot (1 + \rho_{\text{п.п}})$	<p>$n_{\text{п.п}}$ – існуюча потужність колій щодо приймання поїздів у розформування;</p> <p>$\rho_{\text{п.п}}$ – коефіцієнт, що враховує внутрішньодобову нерівномірність руху вантажних поїздів, для приймальних колій</p>
2. Співвідношення пропускної спроможності колій щодо приймання поїздів у розформування і переробної спроможності гірки	$C_n = \frac{n_{\text{н.п.п}}}{n_{\text{н.гір}}}$	

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Для перспективних розрахунків приймається $\alpha_{\text{л}} = 15\%$.

Якщо при заданих розмірах роботи коефіцієнт використання пропускної спроможності колій K не перевищує $\gamma_{\text{в.п}}(1 + \rho_{\text{в.п}}) \leq 1$, де $\rho_{\text{в.п}}$ – коефіцієнт, що враховує внутрішньодобову нерівномірність руху вантажних поїздів, для відправних та приймально-відправних колій, то завантаження не перевищує допустиме.

Допустимий коефіцієнт використання пропускної спроможності щодо приймання та відправлення транзитних поїздів без переробки за відсутності зміни локомотива дорівнює 1, а вантажних колій – 0,7.

Збільшити пропускну спроможність парку «Г» неможливо через наявність однієї колії насуву і однієї колії розпуску через вершину непарної сортувальної гірки. Парк «Г» не має запасу пропускної спроможності.

При заданих розмірах роботи коефіцієнти використання переробної спроможності непарної гірки $K_{\text{гп}} = 0,306$, пропускної спроможності колій парку «Г» $K_{\text{п.п}} = 0,23$ не перевищують значень $\gamma_{\text{гп}} = 0,75$ та $\gamma_{\text{п.п}} \cdot (1 + \rho_{\text{п.п}}) = 0,68 \cdot (1 + 0,3) = 0,88$ відповідно, тобто станційні пристрої працюють із завантаженнями, що не перевищують допустимих. Коефіцієнти використання пропускної спроможності вхідної і передгіркової горловин парку «Г» відповідно дорівнюють 0,15 та 0,41 (не перевищують 1), тобто завантаження горловин допустиме.

За заданих розмірів роботи коефіцієнти використання пропускної спроможності парку «І» – $K = 0,14$, парку «Л» $K = 0,3$. При $\alpha_{\text{л}} = 15\%$, $\gamma_{\text{в.п}} = 0,58$, значення $\gamma_{\text{в.п}} \cdot (1 + \rho_{\text{в.п}}) = 0,58 \cdot (1 + 0,4) = 0,81$, отже, коефіцієнти використання пропускної спроможності парків «Л», «І» нижче ніж допустимі.

Коефіцієнти використання пропускної спроможності вхідної горловини приймально-відправного парку «Л» $K = 0,23$, вихідної горловини парку «Л» $K = 0,13$, тобто завантаження горловин допустиме.

Коефіцієнти використання основних елементів станції не перевищують допустимі норми.

Збільшити пропускну спроможність парку «З» неможливо з причини наявності однієї колії насуву і однієї колії розпуску через вершину парної сортувальної гірки. Парк «З» не має запасу пропускної спроможності.

При пропусканні парних транзитних поїздів на «О – І» та «О – С» обмежуючим пристроєм є колії парку «Є». Парк «Є» має запас пропускної спроможності, в разі потреби, можливе використання колії № II для пропуску транзитних поїздів.

При відправленні парних поїздів свого формування на лінії «О – І» та «О – С» обмежуючим пристроєм є колії парку «Є».

За заданих розмірів роботи коефіцієнт використання пропускної спроможності парку «Є» $K = 0,48$. При $\alpha_{\text{л}} = 15\%$, $\gamma_{\text{в.п}} = 0,58$, значення $\gamma_{\text{в.п}} \cdot (1 + \rho_{\text{в.п}}) = 0,58 \cdot (1 + 0,4) = 0,81$, отже, коефіцієнт використання пропускної спроможності парку «Є» нижче ніж допустимий.

Коефіцієнти використання пропускної спроможності вхідної горловини приймально-відправного парку «Є» $K = 0,19$, вихідної горловини парку «Є» $K = 0,15$, тобто завантаження горловин допустиме.

Результативна пропускну спроможність непарної системи станції з приймання транзитних поїздів з переробкою в розформування становить 80 поїздів, а з відправлення – 90 поїздів; пропуску транзитних поїздів без переробки – 64 поїзди.

Результативна пропускну спроможність парної системи станції з приймання транзитних поїздів з переробкою в розформування становить 69 поїздів, а з відправлення – 96 поїздів; пропуску транзитних поїздів без переробки – 60 поїздів.

Результати

В результаті дослідження розраховано пропускну (переробну) спроможність основних елементів станції.

Пропускну спроможність парків непарної системи станції становить:

- колій приймального парку «Г» – 119 поїздів;
- колій приймально-відправного парку «І» – 64 поїзди;

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

– колій приймально-відправного парку «Л» – 103 поїзди.

Пропускна спроможність парків парної системи станції становить:

– колій приймального парку «З» – 88 поїздів;

– колій приймально-відправного парку «Є» – 104 поїзди.

Добове завантаження сортувальної гірки та витяжних колій істотно змінюється за варіантами та градаціями розмірів руху. Це впливає на простой составів та на величину критерію в цілому, згідно з яким буде обиратися оптимальне технічне оснащення, оптимальна взаємодія в роботі підсистем та колійний розвиток станції. Цей критерій повинен враховувати витрати на технічне устаткування, спорудження колій, локомотиви, а також відповідні експлуатаційні витрати у всіх варіантах. Таким чином, вибір оптимальної взаємодії повинен встановлювати економічно доцільний рівень експлуатаційної надійності роботи підсистем, їх технічну та колійну потужність.

Наукова новизна та практична значимість

Збільшуючи продуктивність роботи каналу відправлення поїздів, сортувальної гірки та витяжних колій можливо інтенсифікувати процеси обробки поїздів та зменшити простой вагонів. Скорочення гіркового технологічного інтервалу дозволяє зменшити простой вагонів в парку прибуття, усунути відмови в роботі підсистем – затримки поїздів внаслідок неприйому, а також скоротити потребу в збільшенні колій парку прибуття, тобто дозволяє скоротити капітальні вкладення в колійний розвиток станції. У разі скорочення інтервалу виставлення сформованих составів за рахунок скорочення операцій по закінченні формування з'явиться можливість зменшити простой накопчених составів та скоротити потребу у збільшенні кількості колій сортувального парку. Прискорення виводу поїздів з підсистеми витяжні колії формування – парк відправлення – вихідні ділянки не тільки скорочує простой поїздів по відправленні, але й зменшує потрібну кількість колій в парку відправлення.

Інтенсифікація технологічних процесів на сортувальних станціях забезпечує зменшення

обороту вагонів, скорочення простоїв та високу економічну ефективність капітальних вкладень. В дослідженні розглянуті питання пов'язані з підвищенням ефективності функціонування сортувальних станцій в умовах реформування залізничного транспорту.

Висновки

Використання методів визначення раціональної пропускної (переробної) спроможності сортувальних станцій, для розподілу поїздопотоку між ними, дає можливість покращити якісні показники роботи сортувальних станцій.

За останні 10 років спостерігається збільшення обсягів перевізної роботи, але і в цей час сортувальні станції завантажені лише на 50–60 %, що є найнижчим показником їх використання. Виходячи із закордонного досвіду, резерв переробної спроможності сортувальних станцій повинен складати 15–30 %, тому необхідно проводити низку заходів з реорганізації роботи сортувальних станцій та реструктуризації штату.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Богданов, В. М. Резервы пропускной и провозной способности / В. М. Богданов // Ж.-д. трансп. – 2008. – № 8. – С. 54–56.
2. Бутько, Т. В. До питання визначення оптимальної кількості сортувальних станцій / Т. В. Бутько, М. І. Данько, Г. М. Сіконенко // Коммунальное хоз-во городов. Серия: Техн. науки и архит. : сб. науч. тр. / Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва. – Харьков, 2002. – Вип. 45. – С. 237–242.
3. Бутько, Т. В. Удосконалення управління процесом просування поїздопотоків на основі стабілізації обігу вантажного вагону / Т. В. Бутько, О. В. Лаврухін, Ю. В. Доценко // Зб. наук. пр. Донец. ін-ту залізн. трансп. – Донецьк, 2010. – Вип. 22. – С. 18–26.
4. Годяев, А. И. Оценка потенциально реализуемой пропускной способности железнодорожного участка / А. И. Годяев // Вестн. ВНИИЖТа. – 2004. – № 6. – С. 29–32.
5. Луханин, Н. И. К вопросу сокращения оборота вагонов / Н. И. Луханин, Г. И. Музыкаина, П. В. Бех // Залізн. трансп. України. – 2007. – № 4. – С. 69–71.
6. Макаровичин, А. М. Оптимизация развития пропускной способности железнодорожных линий

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

- / А. М. Макарович. – Москва : Транспорт, 1969. – 200 с.
7. Музикін, М. І. Вплив «вікон» на пропускну спроможність залізничного напрямку / М. І. Музикін, Г. І. Нестеренко // Наука та прогрес транспорту. – 2014. – № 3 (51). – С. 24–33. doi: 10.15802/stp2014/25797.
 8. Музикіна, Г. І. Вплив параметрів накопичення вагонів на їх простій на сортувальній станції / Г. І. Музикіна, Т. В. Болвановська, Є. М. Жорова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2008. – Вип. 20. – С. 198–201.
 9. Сотников, И. Б. Взаимодействие станций и участков железных дорог / И. Б. Сотников. – Москва : Транспорт, 1976. – 268 с.
 10. Сотников, Е. А. Неравномерность грузовых перевозок в современных условиях и ее влияние на потребную пропускную способность участков / Е. А. Сотников, К. П. Шенфельд // Вестн. ВНИИЖТа. – 2011. – № 5. – С. 3–9.
 11. Шабалин, Н. Н. Оптимизация процесса переработки вагонов на станциях / Н. Н. Шабалин. – Москва : Транспорт, 1973. – 184 с.
 12. Яновський, П. О. Дослідження впливу факторів на час перебування поїздів на дільницях / П. О. Яновський // Залізн. трансп. України. – 2008. – № 3. – С. 25–29.
 13. Gestrelus, S. Mathematical models for optimising decision support systems in the railway industry [Електронний ресурс] / S. Gestrelus. – Västerås : Malardalen University Press, 2015. – 42 p. – Режим доступу: mdh.diva-portal.org/smash/get/diva2:798558/FULLTEXT01.pdf. – Назва з екрана. – Перевірено : 28.03.2016.
 14. Railway operations, time-tabling and control / M. Marinov, I. Sahin, S. Ricci, G. Vasic-Franklin // Research in Transportation Economics. – 2015. – Vol. 41, № 1. – P. 59–75. doi:10.1016/j.retrec.2012.10.003.

С. И. МУЗЫКИНА¹, М. И. МУЗЫКИН^{2*}, Г. И. НЕСТЕРЕНКО³

¹Каф. «Безопасность жизнедеятельности», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (066) 082 88 27, эл. почта fufei@rambler.ru, ORCID 0000-0002-5832-6949

^{2*}Каф. «Безопасность жизнедеятельности», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (095) 251 53 14, эл. почта grafmim@rambler.ru, ORCID 0000-0003-2938-7061

³Каф. «Управление эксплуатационной работой», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 70, эл. почта galinamuzykina@rambler.ru, ORCID 0000-0003-1629-0201

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ

Цель. Научная работа своей целью имеет выбор рациональных технологических параметров организации процесса перевозок, которые позволили бы практически реализовать движение грузовых поездов с наиболее эффективным распределением поездопотоков. Рассматривается также снижение показателя простоя вагонов вследствие увеличения скорости доставки грузов и поиск путей увеличения пропускной способности сортировочной станции. **Методика.** Приведены технические и эксплуатационные характеристики сортировочных станций Европы и Украины. В качестве методов исследования принят анализ работы станции, анализ продвижения вагонопотоков, анализ графика исполненного движения поездов, натуральных листов формы ДУ-1 по прибытию и отправлению поездов. Разработаны схемы для расчетов пропускной способности горловин, перерабатывающей способности сортировочной горки, допустимых уровней загрузки системы. **Результаты.** По итогам исследования рассчитана пропускная (перерабатывающая) способность основных элементов станции. Суточные загрузки сортировочной горки и вытяжных путей существенно изменяются по вариантам и грациям размеров движения. Это влияет на простой составов и, в целом, на величину критерия, согласно которому будет выбираться оптимальное техническое оснащение, оптимальное взаимодействие в работе подсистем и путевое развитие станции. Этот критерий должен учитывать затраты на техническое оборудование, сооружения путей, локомотивы, а также соответствующие эксплуатационные расходы во всех вариантах. Таким образом, выбор оптимального взаимодействия должен устанавливать экономически целесообразный уровень эксплуатационной надежности работы подсистем, их техническую и путевую мощность. **Научная новизна.** Увеличивая производительность работы канала отправления поездов,

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

сортировочной горки и вытяжных путей, возможно интенсифицировать процессы обработки поездов и уменьшить простои вагонов. Интенсификация технологических процессов на сортировочных станциях обеспечивает уменьшение оборота вагонов, сокращение простоев и высокую экономическую эффективность капитальных вложений. В исследовании рассмотрены вопросы, связанные с повышением эффективности функционирования сортировочных станций в условиях реформирования железнодорожного транспорта. **Практическая значимость.** Использование методов определения рациональной пропускной (перерабатывающей) способности сортировочных станций, для распределения поездопотоков между ними, дает возможность улучшить качественные показатели работы сортировочных станций.

Ключевые слова: вагонопоток; сортировочная станция; объем переработки; пропускная способность; горловины; перерабатывающая способность

S. I. MUZYKINA¹, M. I. MUZYKIN^{2*}, G. I. NESTERENKO³

¹Dep. «Life Activity Safety», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (066) 082 88 27, e-mail fufei@rambler.ru, ORCID 0000-0002-5832-6949

^{2*}Dep. «Life Activity Safety», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (095) 251 53 14, e-mail grafmim@rambler.ru, ORCID 0000-0003-2938-7061

³Dep. «Management of Operational Work», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 70, e-mail galinamuzykina@rambler.ru, ORCID 0000-0003-1629-0201

STUDY OF WORKING CAPACITY OF THE MARSHALLING YARD

Purpose. The scientific paper has a purpose to choose rational technological parameters of the transportation organization process, which would enable the freight train movement with the most efficient train traffic arrangement, the decrease in idle time due to the increased speed of cargo delivery and the increase in the working capacity of the marshalling yard. **Methodology.** The work presents the technical and operational characteristics of marshalling yards in Europe and Ukraine. The research methods include the station operation analysis, the car traffic flow analysis, analysis of the train sheet, the DU-1 natural sheets upon arrival and departure of trains. Schemes were developed for calculating working capacity of necks, rehandling capacity of marshalling hump, acceptable levels of system loading. **Findings.** The research resulted in the calculated working (rehandling) capacity of the main elements of the station. Daily loads of marshalling hump and turnout tracks vary significantly by variations and gradations of movement volume. This affects the idle time of trains and, in general, the value of the criterion according to which the optimal technical equipment, optimum interaction of the subsystems and gridiron of the station will be chosen. This criterion must take into account the costs of technical equipment, construction of tracks, locomotives, as well as related operating costs in all cases. Thus, the selection of the optimal interaction should establish the economically viable level of operational reliability of the sub-systems, their technical and track capacity. **Originality.** By increasing the productivity of train departure channel, marshalling hump and turnout tracks it is possible the train handling processes and reduce the car idle time. Intensification of production processes in marshalling yards provides a reduction in car turnover and in idle time and high economic efficiency of capital investments. The work covers the issues related to improving the efficiency of functioning of marshalling yards in the railway transport reforming conditions. **Practical value.** Using the methods of determining the rational working (rehandling) capacity of marshalling yards for distribution of train traffic flows between them makes it possible to improve the quality indicators of marshalling yard operation.

Keywords: car traffic flow; marshalling yard; rehandling volume; working capacity; neck; rehandling capacity

REFERENCES

1. Bogdanov V.M. Rezervy propusknoy i provoznoy sposobnosti [Reserves of traffic and carrying capacity]. *Zheleznodorozhnyy transport – Railway Transport*, 2008, no. 8, pp. 54-56.
2. Butko T.V., Danko M.I., Sikonenko H.M. Do pytannia vyznachennia optymalnoi kilkosti sortovalnykh stantsii [On the issue of determining the optimal number of marshalling yards]. *Sbornik nauchnykh trudov «Komunalnoye khozaystvo gorodov. Seriya: Tekhnicheskije nauki i arkhitektura»* [Proc. «Municipal services cities. Serie: Engineering and Architecture»], 2003, issue 45, pp. 237-242.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

3. Butko T.V., Lavrukhin O.V., Dotsenko Yu.V. Udoskonalennia upravlinnia protsesom prosuvannia poizdotokiv na osnovi stabilizatsii obihu vantazhnoho vahonu [Improve the management of process of moving trains flow based on stabilization turnover of freight cars]. *Zbirnyk naukovykh prats Donetskoho instytutu zaliznychnoho transportu* [Proc. of Donetsk Institute of Railway Transport], 2010, issue 22, pp. 18-26.
4. Godyayev A.I. Otsenka potentsialno realizuyemoy propusknoy sposobnosti zheleznodorozhnogo uchastka [Evaluation of potentially realizable traffic capacity of a railway section]. *Vestnik VNIIZhTa – ARRIRT Bulletin*, 2004, no. 6, pp. 29-32.
5. Lukhanin N.I., Muzykina G.I., Bekh P.V. K voprosu sokrashcheniya oborota vagonov [On the question of reducing the turnover of cars]. *Zaliznyi transport Ukrainy – Railway Transport of Ukraine*, 2007, issue 4, pp. 69-71.
6. Makarochkin A.M. *Optimizatsiya razvitiya propusknoy sposobnosti zheleznodorozhnykh liniy* [Development optimisation of traffic capacity of railway lines]. Moscow, Transport Publ., 1969. 200 p.
7. Muzykin M.I., Nesterenko H.I. Vplyv «vikon» na propusknu spromozhnist zaliznychnoho napriamku [Influence of maintenance windows on the working capacity of railway route]. *Nauka ta prohres transportu – Science and Transport Progress*, 2014, no. 3 (51), pp. 24-33. doi: 10.15802/stp2014/25797.
8. Muzykina H.I., Bolvanovska T.V., Zhorova Ye.M. Vplyv parametriv nakopychennia vahoniv na yikh prostii na sortovalnii stantsii [The influence of cars acquisition parameters on their idle hours on marshalling yard]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2008, issue 20, pp. 198-201.
9. Sotnikov Ye.A., Shenfeld K.P. Neravnomernost gruzovykh perevozok v sovremennykh usloviyakh i yeye vliyaniye na potrebnuyu propusknyuyu sposobnost uchastkov [Irregularity of freight transportations in modern conditions and its impact on the needs of traffic capacity sections]. *Vestnik VNIIZhTa – ARRIRT Bulletin*, 2011, no. 5, pp. 3-9.
10. Sotnikov I.B. *Vzaimodeystviye stantsiy i uchastkov zheleznykh dorog* [Interaction between stations and plots of railways]. Moscow, Transport Publ., 1976. 268 p.
11. Shabalin N. N. *Optimizatsiya protsessa pererabotki vagonov na stantsiyakh* [Optimization of the recycling process of cars at stations]. Moscow, Transport Publ., 1973. 184 p.
12. Yanovskiy P.O. Doslidzhennia vplyvu faktoriv na chas perebuвання poizdiv na dilnytsiakh [Research of influence the factors on time the train location on sections]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy – Railway Transport of Ukraine*, 2008, no. 3, pp. 25-29.
13. Gestrelus S. Mathematical models for optimising decision support systems in the railway industry. Västerås, Malardalen University Press Publ., 2015. 42 p.
14. Marinov M., Sahin I., Ricci S., Vasic-Franklin G. Railway operations, time-tabling and control. *Research in Transportation Economics*, 2015, vol. 41, no. 1, pp. 59-75. doi:10.1016/j.retrec.2012.10.003.

Стаття рекомендована до друку д.т.н., проф. В. І. Бобровським (Україна);
д.т.н., проф. Т. В. Бутько (Україна)

Надійшла до редколегії: 20.12.2015

Прийнята до друку: 26.02.2016