

УДК 656.22.05

Г. І. НЕСТЕРЕНКО¹, П. В. БЕХ², М. І. МУЗИКІН^{3*}, С. І. АВРАМЕНКО⁴

¹Каф. «Управління експлуатаційною роботою», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 70, ел. пошта mihailmuzykin@gmail.com, ORCID 0000-0003-1629-0201

²Каф. «Управління експлуатаційною роботою», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (095) 225 38 64, ел. пошта Bekhpit@gmail.com, ORCID 0000-0002-1782-9224

^{3*}Каф. «Безпека життєдіяльності», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (095) 251 53 14, ел. пошта mihailmuzykin@gmail.com, ORCID 0000-0003-2938-7061

⁴Каф. «Безпека життєдіяльності», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (066) 082 88 27, ел. пошта fufei8791@gmail.com, ORCID 0000-0002-5832-6949

УДОСКОНАЛЕННЯ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО РЕГУЛЮВАННЯ РУХУ ПОЇЗДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ВВЕДЕННЯ ОПЕРАТИВНИХ ЗОН

Мета. У роботі необхідно дослідити доцільність передачі автоматичного керування малодіяльними станціями дільниці (за принципом диспетчерської централізації) черговим по опорних станціях. **Методика.** У статті проаналізована робота вантажонапружених дільниць ПАТ «Українська залізниця». Виявлено, що інформаційна завантаженість диспетчерів, що керують рухом поїздів на дільницях головного ходу, повсякчас перевищує допустимий рівень. Досліджено можливість використання технології диспетчерського регулювання руху поїздів за допомогою введення оперативних зон. **Результати.** Виявлено, що ємності приймально-відправних колій на станціях дільниці вкрай обмежені. Займання обгінних колій «залишеними» поїздами заважає проведенню будь-яких регулювальних заходів усередині дільниці. Поїзди слідує один за одним без надання пріоритету, тобто слідує по дільниці в тому порядку, в якому вони надійшли на неї. Через обмежену кількість колій на переддільничній проміжній станції вантажні поїзди розставляють під обгін пасажирськими на далеких підходах. Це призводить до втрат дільничної швидкості й знижує рівень використання пропускну здатності дільниць. Уведення оперативних зон значно скоротить інформаційні потоки й полегшить працю поїзних диспетчерів дільниці, створить необхідні умови для творчого прийняття рішень із внутрішньодільничного регулювання, сприятиме підвищенню дільничної швидкості руху поїздів. **Наукова новизна.** У статті розроблена нова технологія вдосконалення управління поїздами дільницями шляхом розділення їх на оперативні зони. У кожній зоні, що складається з двох-трьох перегонів, рухом поїздів може керувати черговий опорної станції, що виконує в цьому випадку функції поїзного диспетчера. **Практична значимість.** Запропоновано на резервні колії переддільничних проміжних станцій виставляти состави з технічних станцій, які простоюють у зв'язку з нерівномірністю руху, особливо з кінцевих станцій (стикових пунктів) дільниць обігу локомотивів. Укладання резервних колій і їх утримання, урахувавши періодичність використання й зменшену допустиму швидкість руху, можна дозволити за менш жорсткими нормами влаштування земляного полотна, баластної призми, епюри шпал, з урахуванням використання стрілочних переводів та колій, знятих з експлуатації.

Ключові слова: графік руху поїздів; диспетчерське керування; вантажні поїзди; час затримки поїздів; опорна станція

Вступ

Залізничний транспорт у нашій державі має значний вплив не лише на поліпшення економічних і фінансових результатів, а й на результати роботи інших галузей економіки. Удосконалення системи взаємодії залізниць із виробництвом здійснюється в напрямку підвищення якості перевізного процесу з розширенням асо-

ртименту послуг, що сприяє зростанню обсягів перевезень. Тому в умовах конкуренції загальні обсяги перевезень залізниць перш за все залежать від обсягів виробництва. Крім того, на них впливає також якість транспортного обслуговування, що в сучасних умовах набуває особливої актуальності. Отже, підвищення якості транспортного обслуговування зі збільшенням переліку послуг суттєво розширює коло клієнтури,

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

сприяє зростанню доходів залізниць, зміцнює позиції залізничного транспорту на ринку й позитивно впливає на загальний результат економічних перетворень.

Як свідчить досвід удосконалення системи організації роботи залізниць різних країн світу, в сучасних реаліях вони ставлять за мету повністю задовольнити вимоги клієнтів щодо строків доставки вантажів за рахунок графіка руху поїздів високої надійності, який є основою технології перевізного процесу [2]. В умовах існування багаторівневої системи управління перевезеннями стає необхідним відокремлення управління на рівні мережі транспортних коридорів, що надасть змогу в межах визначеного залізничного напрямку скоординувати технологічні та інфраструктурні можливості всіх підрозділів ПАТ «Українська залізниця» для формування раціональної системи просування спеціалізованих вагонопотоків [10].

Залізничний транспорт спрямовує свої зусилля на суворе дотримання графіка руху й порядку використання рухомого складу відповідно до плану формування поїздів, технічного нормування. З іншого боку, великі фінансово-промислові групи, які складають більшу частину власників вантажів, стали в цілях отримання максимального доходу мінімізувати свої витрати, у першу чергу переносючи із себе на державну компанію ПАТ «Українська залізниця» (ПАТ «УЗ») витрати на зберігання вантажу шляхом використання державних вагонів як «складів на колесах». Залізничний транспорт фінансово-промислові групи стали включати в контур управління процесом продажів (а це не що інше, як управління вантажопотоками) і впливати на його технологію [9]. Так, якщо раніше департамент управління рухом займався виключно питаннями плану формування поїздів, то останнім часом – питаннями узгодження маршрутів та умов перевезення вантажів окремих компаній. У силу різкого спаду виробництва й перевезень, необхідності боротися за клієнтuru в нових умовах господарювання залізничний транспорт став усе частіше враховувати вимоги клієнтuru й пристосовуватися до них.

У статті [11] наголошено, що конкуренція на транспорті – це боротьба за вантажовласників і пасажирів, отримання максимально корисного ефекту на основі застосування сучасних,

більш ефективних технологій, підвищення якості перевезень, їх надійності й швидкості переміщення вантажів і пасажирів. Доцільність застосування сучасних диспетчерських систем управління рухом поїздів підтверджується результатами дослідження, викладеними в статті [3]. Також у цьому дослідженні акцентовано на тому, що завдання побудови та вдосконалення перевізних технологій і систем керування перевезеннями є актуальними.

У статті [1] з метою визначення конкурентоспроможних варіантів організації поїздопотоків досліджено вплив різних факторів на реалізацію технології пропуску вагонопотоку в умовах жорстких ниток графіка руху на підставі критеріїв раціоналізації витрат паливно-мастильних матеріалів, доставки вантажів точно в строк та ін. Встановлення пріоритетів надання послуг на дільниці й використання методики балансу дає можливість раціоналізувати роботу заданої залізничної дільниці або напрямку [8]. Досить цікавими є думки автора про мережеві ефекти, що виникають у процесі поїзної роботи. Автор наголошує, що одну дільницю не можна розглядати як повністю незалежну частину від усієї залізничної мережі.

У роботі [17] використана інтеграція програмних продуктів мікро- та макrorівнів моделювання, що дозволяє оцінити вплив первинної затримки руху поїздів на розповсюдження загальної затримки на дільниці та підвищити точність досліджень. Аналіз первинних затримок і використання пропускну здатності свідчить, що існує висока ступінь залежності між періодами з великою частотою затримок та вузькими місцями пропускну здатності [16]. У роботі [12] автори стверджують, що розклад руху поїздів

є стабільним, якщо будь-яка затримка цього руху може бути компенсована за рахунок резервів часу без необхідності активізації роботи поїзного диспетчера.

У праці [6] із метою оцінки стабільності графіка руху поїздів уведений термін «експлуатаційна надійність». Колектив авторів у роботі [14] запропонував оцінювати стабільність виконання графіка руху поїздів залежно від складності операцій: чим менше конфліктів у розкладі, тим вищою буде стабільність виконання графіка руху. В інструкції [5] наведена методи-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

ка визначення резерву часу на розв'язання конфліктних ситуацій, що мають місце під час прокладання руху пасажирських і вантажних поїздів на графіку.

У працях [13, 15, 18–19] на рівні управління вирішується задача диспетчеризації перевезень не тільки з метою контролю виконання графіка руху поїздів, але й з метою його оперативного корегування. У своїх дослідженнях учені також роблять спробу створення нормативного графіка руху поїздів на тактичному рівні планування.

У дослідженні [4] автори пропонують методику ранжування поїздів та ниток графіка руху за пріоритетом. Вони здійснили спробу розробки автоматизованої системи «Прогнозний графік руху поїздів» на Білоруській залізниці, за допомогою якої можна прогнозувати графік на 3 год. Таким чином автори вирішували завдання підвищення ефективності роботи дільниці шляхом автоматизації диспетчерського управління поїзною роботою. Дослідження в цьому напрямку є досить перспективними.

У статті [7] автори розробили метод алгоритмічного опису процесу прийняття управлінських рішень поїзним диспетчером щодо визначення станцій схрещення з урахуванням пріоритетності поїздів. Цей алгоритм у майбутньому може стати основою для створення системи підтримки прийняття рішень, що буде інтегрована до автоматизованого робочого місця поїзного диспетчера (АРМ ДНЦ).

У сьогоденних реаліях поїзні диспетчери (ДНЦ) працюють в умовах великих навантажень. Час від часу це позначається й на якості прийнятих ними рішень під час оперативного управління поїзною роботою на дільницях. Зважаючи на це, стає доцільною розробка заходів, завдяки яким можна буде передати частину функцій управління поїзною роботою на інших учасників перевізного процесу, зокрема це можуть бути й чергові по опорних станціях.

Мета

Для подальшого розвитку технічних засобів залізничного транспорту України необхідно мати декілька варіантів раціональної технології основного виробничого процесу – організації руху поїздів.

Метою статті є дослідження доцільності передачі автоматичного керування малодіяльними станціями дільниці (за принципом диспетчерської централізації) черговим по опорних станціях.

Методика

Уже зараз на деяких напрямках мережі залізниць виникає напруженість у роботі через значне скорочення наявних резервів пропускної здатності. Робота, яку проводять на залізницях із метою максимального розмежування ліній для вантажних і пасажирських перевезень, значно посилює експлуатаційну напругу на лініях, де має місце зосередження вантажного і пасажирського руху. Зростання обсягів перевезень у перспективі ще більше ускладнить здійснення перевізної роботи на цих лініях, погіршить роботу залізниць, порушить ритмічність і якість транспортного обслуговування. Ураховуючи ці обставини, розвиток пропускної здатності залізниць у нових умовах слід вирішувати як посиленням потужності ліній, для чого слід мати відповідні фінансові ресурси, так і пошуком нових технологій і резервів на кожному елементі системи залізничного транспорту.

Стан експлуатаційної діяльності залізниць указує на порушення комплексності підходу до розвитку пропускної здатності ліній, станцій, використання рухомого складу тощо.

Сьогодні побудову графіків руху поїздів проводять наступним чином. На першому етапі, згідно зі встановленими керівними документами і врахуванням заданих пріоритетів і обмежень, прокладають лінії пасажирського й вантажного руху.

На другому етапі (якщо він існує) роблять спробу оптимізувати режими руху поїздів на деяких ділянках і маршрутах для економії енергоресурсів, швидкості доставки пасажирів і вантажів. При цьому ці цілі, як правило, конфліктують одна з одною.

У результаті залізниця отримує далекий від ідеалу план роботи як у витратній частині, так і з точки зору сервісу пасажирів та операторів вантажних комерційних перевезень.

Ми пропонуємо такий спосіб вирішення цих завдань, що передбачає:

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

– застосування комплексного підходу до побудови графіка руху пасажирських і вантажних поїздів;

– облік ресурсозбережних режимів на етапі побудови графіків руху пасажирських (у першу чергу, як виду руху з фіксованими графіками та менш енерговитратного) та вантажних поїздів;

– облік тарифікації електроенергії з метою оптимізації витрат на тягу.

Результати

Поїзні дільниці відіграють важливу роль у перевізному процесі. Досить сказати, що із загального часу обігу вагона 25 % припадає на рух на дільницях.

Зменшення довжини блок-дільниць дозволяє скоротити величину інтервалу попутного прямування поїздів. На деяких перегонах можна укласти треті й четверті головні колії.

У зв'язку з несинхронністю руху поїздів мінімальний розрахунковий інтервал не може бути реалізований як із відправлення, так і з прибуття поїздів на кінцеву станцію дільниці. При цьому не досягається розрахункове значення пропускної здатності й різко знижується середня швидкість просування поїздопотоку.

Інформаційна завантаженість диспетчерів, що керують рухом поїздів на дільницях головного ходу, повсякчас перевищує допустимий рівень. Диспетчерський апарат у цих умовах нерідко встигає лише фіксувати поїзну ситуацію. Як результат виникають прорахунки в пропуску поїздів на дільниці, у виборі черговості введення їх у вузли, що зрештою призводить до ще більшого зменшення дільничної швидкості.

Кількість поїздів, які можуть одночасно перебувати в русі і при цьому просуватися зі встановленою для даної дільниці швидкістю, суворо обмежена. Накопичення на дільницях поїздів понад певне максимально допустиме значення зменшує швидкість їх просування. Але на практиці ніхто це максимально допустиме значення не встановлює і ним не керується, що іноді призводить до неприпустимого перенасичення дільниць поїздами понад установлені ліміти.

Якщо надлишки поїздів незначні й попереду знаходяться технічні станції й дільниці, здатні освоїти збільшені розміри руху, то, безумовно,

слід форсувати передачу поїздопотоку. Якщо такої можливості в цей період немає, необхідно обмежити випускання поїздів на таку дільницю. Скоротити кількість поїздів, що одночасно знаходяться в русі за напрямками, до встановленого ліміту у виняткових випадках можна за рахунок тимчасового залишення составів на проміжних станціях дільниці.

Стійка, надійна робота проміжних станцій із приймання поїздів може бути забезпечена за наявності вільної головної й однієї приймально-відправної колії (дублюючий елемент). У випадку відмови (зупинки поїзда на станції з будь-яких причин) завжди є можливість пропустити наступні поїзди з цієї резервної колії.

Максимальна кількість залишених поїздів на дільниці не повинна перевищувати загальної кількості наявних колій обгону за вирахуванням на кожній проміжній станції по одній колії на кожен напрямок руху. При цьому можна використовувати під'їзні колії, гілки підприємств із сезонним режимом роботи.

На рис. 1 показано фрагмент графіка затримки руху. За обмеженої кількості (лише одна) колій обгону на переддільничній та інших проміжних станціях дільниці через затримку з неприймання першого поїзда, що прямує в пачці, наступні поїзди розставляють під обгін на попередніх проміжних станціях. При цьому, навіть у разі сприятливого приймання поїздів із дільниці, у подальшому виникають втрати пропускної здатності $\Delta_{nac}^{обз}$, викликані неідентичністю перегонів і різницею у часі ходу вантажного і пасажирського поїзда.

Втрати часу, не використаного для руху поїздів, складуть:

$$\Delta_{nac}^{обз} = (I + t_2^{ep} + t_1^{ep}) - (t_2^{nac} + I + t_1^{ep} + I),$$

або

$$\Delta_{nac}^{обз} = t_2^{ep} - t_2^{nac} - I, \quad (1)$$

де t_1^{ep} – час ходу вантажного поїзда по першому перегону (t_2^{ep} – по другому і т. д.); t_1^{nac} – час ходу пасажирського поїзда по першому перегону (t_2^{nac} – по другому і т. д.); I – інтервал попутного слідування.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

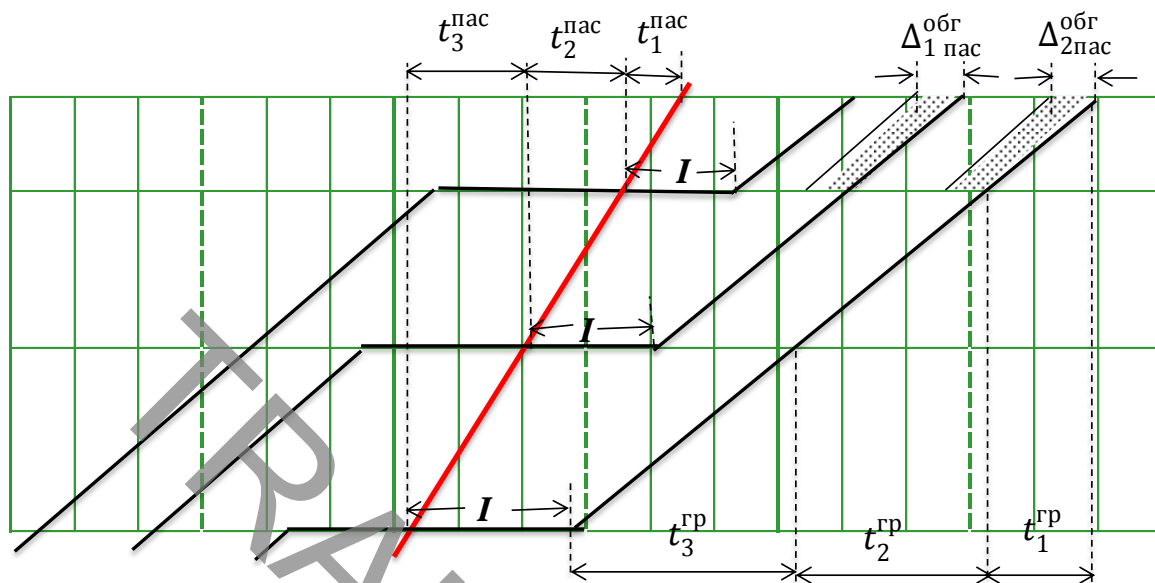


Рис. 1. Затримка з неприймання першого поїзда

Відповідно втрати часу під час проходження вантажного поїзда з третьої станції обгону складуть:

$$\Delta_{2пас}^{обг} = t_3^{зр} - t_3^{пас} - I \quad (2)$$

Від'ємне значення отриманих результатів за формулами (1) і (2) вказує на те, що втрат часу і, відповідно, пропускної здатності не буде.

Як правило, останні перегони перед дільничними станціями мають менший час ходу порівняно з іншими перегонами дільниці. До цього потрібно прагнути й надалі, тому що найчастіше ускладнення в русі поїздів на дільницях виникають через неприйняття їх технічними станціями.

На рис. 2 показано, що за наявності необхідного резерву колій на переддільничній проміжній станції поїзди безперешкодно слідує на неї. Після проходження пасажирського поїзда за сприятливих умов приймання його дільничною станцією перегін використовують без втрат пропускної здатності. Загальний час затримки поїздів скорочується на величину сумарного значення втрат, пов'язаних з обгонами вантажних поїздів пасажирськими.

На практиці часто виникає ситуація, відображена на рис. 3. Через неприйняття дільничною станцією вантажні поїзди вже розставлені під обгін пасажирським поїздом, і створюється

можливість приймання вантажного поїзда з дільниці перед пасажирським.

У цьому випадку, як показано на рис. 3, після проходження пасажирського поїзда на передвузловій станції немає в наявності поїздів і, навіть за умови сприятливого приймання, не використовується її пропускна здатність. Наявність резервних приймально-відправних колій на переддільничних проміжних станціях дозволить створити необхідний «підпір» поїздів.

Аналіз роботи вантажонапружених дільниць свідчить також про доцільність обладнання перегонів перед технічними станціями двостороннім автоблокуванням. На практиці часто виникає необхідність у пропусканні пасажирського або іншого термінового поїзда, але правильна колія перегону виявляється зайнята. Пропускання по неправильній колії займає багато часу на оформлення поїзної документації. Часто відсутні необхідні для здійснення цього регульовального заходу з'їзди як на проміжних, так і дільничних станціях. У зв'язку з цим слід передбачати по обидва боки переддільничних проміжних станцій подвійні диспетчерські з'їзди, а також застосовувати плаваючу спеціалізацію приймально-відправних колій. Таку перебудову горловин переддільничних проміжних станцій слід проводити вже зараз, не чекаючи комплексного вирішення питань підвищення надійності роботи поїзних дільниць.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

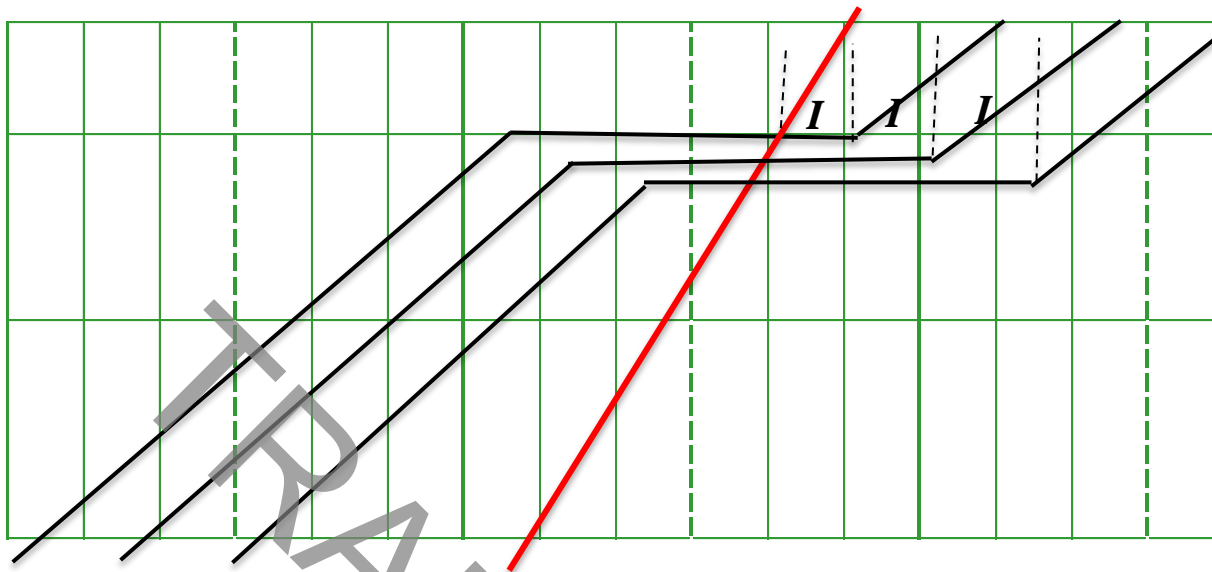


Рис. 2. Наявність необхідного резерву колій

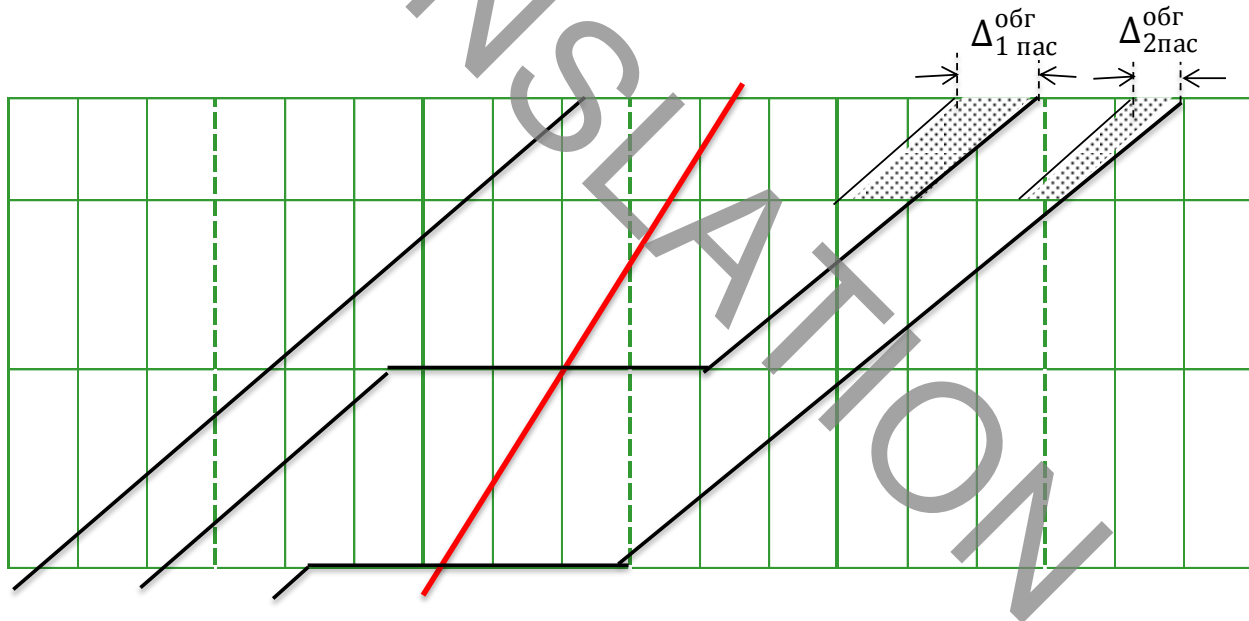


Рис. 3. Можливість приймання вантажного поїзда перед пасажирським

Надалі на опорні станції можна передати автоматичне керування малодіяльними станціями дільниці (за принципом диспетчерської централізації), що дозволить за рахунок економії фонду заробітної плати швидко окупити витрати на модернізацію, а також на стимулювання праці поїзних диспетчерів, чергових по опорних станціях оперативної зони.

Організація оперативної зони з керівництва рухом поїздів на місцях значно скоротить інфо-

рмаційні потоки й полегшить працю поїзних диспетчерів дільниці, створить необхідні умови для творчого прийняття рішень із внутрішньодільничного регулювання, сприятиме підвищенню дільничної швидкості руху поїздів.

Принципова схема передачі вихідної інформації може виглядати наступним чином. Безпосередні переговори з поїзним диспетчером дільниці здійснюють, крім дільничних станцій, дві переддільничні проміжні станції, що знахо-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

дяться на кінцях дільниці, й одна-дві опорні станції оперативної зони. Виділення оперативної зони на дільницях не потребує ніяких капітальних вкладень, оскільки для передачі даних можуть бути використані наявні лінії зв'язку.

Скорочення числа джерел інформації за наявності сучасного зв'язку опорних станцій із поїзним диспетчером дільниці створює також кращі умови для автоматизації процесу крес-

лення графіка виконаного руху. Із виділенням оперативної зони на дільниці відпадає необхідність відображати проходження поїздів по станціях, розташованих усередині них, за винятком випадків, коли на цих станціях здійснюються обгони та інші регульовальні заходи. Досить буде відзначати тільки час входження поїздів на оперативну зону й виходу з неї, як це показано на рис. 4.

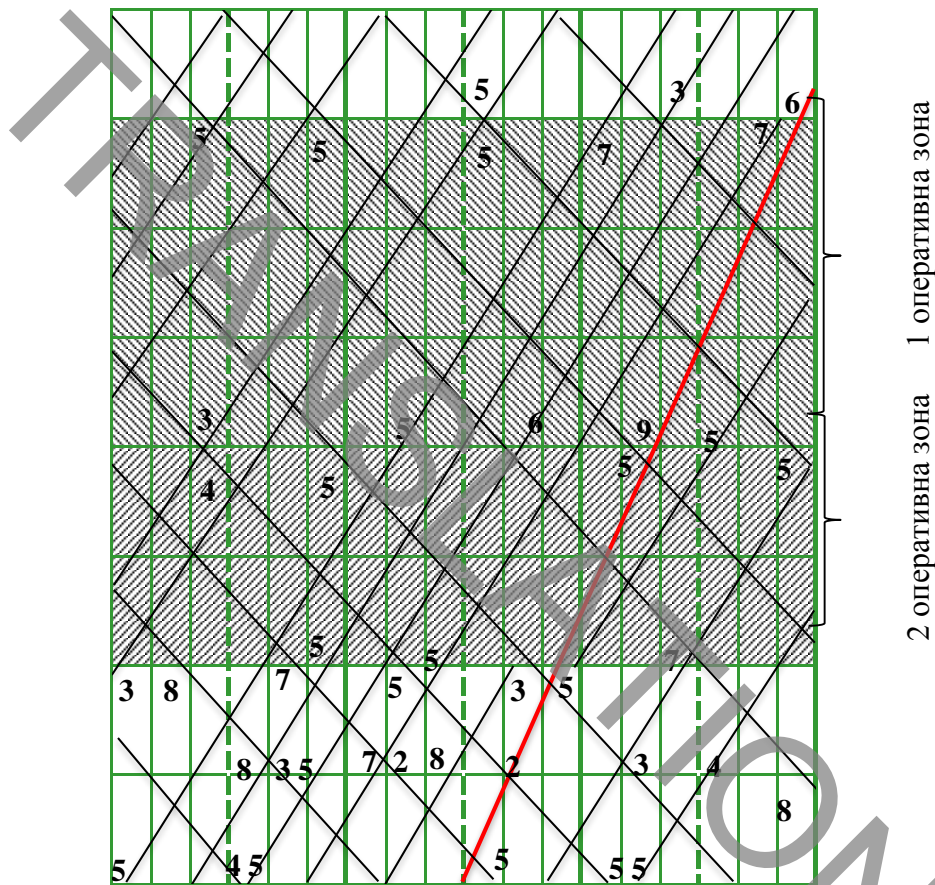


Рис. 4. Проходження поїздів по оперативних зонах

Ведення графіка (із відображенням ліній проходження поїздів по дільниці на дисплеї) можна доручити операторам. Це значно розширить коло осіб, для яких украї необхідна поточна інформація про хід поїзної роботи на дільницях (ДГП, начальники й старші диспетчери відділів руху тощо).

Розглянуті в статті заходи щодо підвищення надійності роботи поїзних дільниць сприятимуть прискоренню пропуску вагонопотоків, поліпшенню умов і підвищенню ефективності праці поїзних диспетчерів.

Перед залізницями постає складна задача ув'язки прогнозу електроспоживання з прогнозом обсягів перевезень. Оскільки на перевізний процес впливає дуже багато чинників, то в подальшому українські залізниці можуть мати додаткові економічні витрати через завищення або зниження заявлених норм споживання електроенергії.

Використання двозонних або тризонних тарифів дає ефект не тільки за стійкого та рівномірного заповнення добового графіка руху, а й за інтенсивності руху вище рівня, що визна-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

часться конкретними умовами. У цьому контексті актуальними якраз і є різні оптимізаційні заходи регулювання графіка руху поїздів.

Смності приймально-відправних колій на станціях дільниці вкрай обмежені. Займання обгінних колій «залишеними» поїздами заважає проведенню будь-яких регулювальних заходів усередині дільниці. Поїзди слідуєть один за одним без надання пріоритету, тобто слідуєть по дільниці в тому порядку, в якому вони надійшли на неї. Нерідко за наявності вільних головних колій у вузлі через неприйняття на передвузловій станції простоєть розбірний поїзд. Через обмежену кількість колій на переддільничній проміжній станції вантажні поїзди розставляють під обгін пасажирськими на далеких підходах. Це призводить до втрат дільничної швидкості й знижує рівень використання пропускнуої здатності дільниць.

Наукова новизна та практична значимість

Для вдосконалення управління поїзними дільницями доцільно розділити їх на оперативні зони. У кожній зоні, що складаєтья з двох трьох перегонів, рухом поїздів може керувати черговий опорної станції, що виконує в даному випадку функції поїзного диспетчера. Він визначає черговість пропускання поїздів у межах зони, веде графік виконаного руху, за встановленим порядком інформує поїзного диспетчера дільниці про проходження поїздів через оперативну зону, отримує від нього вказівки про внутрішньозонне регулювання руху поїздів.

Для розвитку переддільничних проміжних станцій необхідно передбачати будівництво однієї-двох колій для приймання з'єднаних поїздів. Роз'єднання їх на перегонах дільниці завжди призводить до зниження рівня пропускнуої здатності. Наявність на кінцях дільниць станцій, здатних виконувати операції з роз'єднання, сприятиме застосуванню вже доволі відомого на залізницях методу внутрішньодільничного регулювання руху поїздів. Таким чином, будівництво резервних колій на переддільничних станціях збільшує можливості внутрішньоділь-

ничного регулювання руху поїздів, забезпечує значну економію поїздо-годин і підвищує дільничну швидкість.

На резервні колії переддільничних проміжних станцій можна виставляти також состави з технічних станцій, які простоюєть у зв'язку з нерівномірністю руху, особливо з кінцевих станцій (стикових пунктів) дільниць обігу локомотивів. Укладання таких колій і їх утримання, урахуовуючи періодичність використання й зменшену допустиму, наприклад, 10–15 км/год, швидкість руху, можна дозволити за менш жорсткими нормами на влаштування земляного полотна, баластної призми, епюри шпал, з урахуванням використання стрілочних переводів та колій, знятих з експлуатації тощо. При необхідності парк резервних колій, що призначені для відстою залишених поїздів і составів, які виставляють під обгін, можна розташовувати взагалі за межами станційного майданчика, використовуючи сприятливий рельєф місцевості.

Висновки

Підвищення потужності всіх господарств залізничного транспорту України в сучасних умовах і на перспективу означає, перш за все, збільшення пропускнуої і провізної здатності найбільш вантажонапружених залізничних ліній. З урахуванням прогнозних обсягів перевезень на залізницях слід провести значну роботу з модернізації й заміни застарілої техніки, продовжити електрифікацію вантажонапружених ліній, упроваджувати сучасні засоби АТЗ, здійснити подовження станційних колій на полігонах курсування великовагових, довгосоставних і з'єднаних поїздів, повсякчас удосконалювати технологію перевезень вантажів і пасажирів та ін. Поетапна реалізація такої складної й широкої програми надасть можливість ПАТ «Українська залізниця» освоїти зростаючий вантажобіг у напрямку транспортних коридорів та морських портів і забезпечити якісне транспортне обслуговування вантажовласників і населення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бутько, Т. В. Модель просування вагонопотоків в умовах «жорстких» ниток графіку / Т. В. Бутько, Т. О. Костиркіна // Зб. наук. пр. Дон. ін-ту залізн. трансп. – Донецьк, 2010. – № 22. – С. 33–42.
2. Бутько, Т. В. Удосконалення системи організації роботи залізничного напрямку на основі спеціалізації за призначенням ниток графіка руху вантажних поїздів / Т. В. Бутько, М. І. Музикін // Зб. наук. пр. Укр. держ. ун-ту залізн. трансп. – Харків, 2017. – Вип. 169 (додаток). – С. 153–155.
3. Долгополов, П. В. Удосконалення перевізного процесу на транспортному полігоні на основі моделі диспетчерського управління / П. В. Долгополов, В. П. Манзуля, А. О. Роженко // Зб. наук. пр. Укр. держ. акад. залізн. трансп. – Харків, 2014. – Вип. 145. – С. 11–17.
4. Ерофеев, А. А. Автоматизация диспетчерского управления поездной работой на Белорусской железной дороге / А. А. Ерофеев, Е. А. Ерофеева // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 40. – С. 185–191.
5. Інструкція зі складання графіка руху поїздів на залізницях України : затв. наказом Укрзалізниці від 05.04.2002 р. № 170-Ц. – Київ : Транспорт України, 2003. – 146 с.
6. Каретников, А. Д. График движения поездов / А. Д. Каретников, Н. А. Воробьев. – Москва : Транспорт, 1979. – 301 с.
7. Кокурин, И. М. Алгоритмизация решений поездного диспетчера по выбору станций скрещения / И. М. Кокурин, А. Б. Васильев // Изв. Петербург. ун-та путей сообщения. – 2015. – Вып. 2. – С. 47–55.
8. Прохорченко, А. В. Проблеми розрахунку пропускної спроможності залізничної інфраструктури в умовах ринкових відносин / А. В. Прохорченко // Інформ.-керуючі системи на залізн. трансп. – 2014. – № 4. – С. 36–41.
9. Управління вантажопотоками та вагонопотоками на залізничному транспорті / П. В. Бех, О. В. Лашков, М. І. Музикін, Г. І. Нестеренко, С. І. Авраменко // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – 2017. – № 3 (233). – С. 22–30.
10. Формування логістичної технології просування вантажопотоків за жорсткими нитками графіка руху поїздів / Т. В. Бутько, Д. В. Ломотько, А. В. Прохорченко, К. О. Олійник // Зб. наук. пр. Укр. держ. акад. залізн. трансп. – Харків, 2009. – Вип. 111. – С. 23–30.
11. Шляхи підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту в сучасних умовах / П. В. Бех, Г. І. Нестеренко, С. І. Музикіна, О. В. Лашков, М. І. Музикін // Наука та прогрес транспорту. – 2015. – № 5 (59). – С. 25–39. doi: 10.15802/stp2015/55349
12. A three-level framework for performance-based railway timetabling / R. M. P. Goverde, N. Besinovic, A. Binder, V. Cacchiani, E. Quaglietta, R. Roberti, P. Toth // Transportation Research. Part C: Emerging Technologies. – 2016. – Vol. 67. – P. 62–83. doi: 10.1016/j.trc.2016.02.004
13. Caprara, A. Modelling and solving the train timetabling problem / A. Caprara, M. Fischetti, P. Toth // Operations Research. – 2002. – Vol. 50. – Iss. 5. – P. 851–861. doi: 10.1287/opre.50.5.851.362
14. Delorme, X. Stability evaluation of a railway timetable at station level / X. Delorme, X. Gandibleux, J. Rodriguez // European Journal of Operational Research. – 2009. – Vol. 195. – Iss. 3. – P. 780–790. doi: 10.1016/j.ejor.2007.06.062
15. Hansen, I. A. Railway Timetabling & Operations: Analysis, Modelling, Optimization, Simulation, Performance Evaluation / I. A. Hansen, J. Pachl. – Hamburg : Eurailpress in DVV Media Group, 2014. – 332 p.
16. Statistical investigation on train primary delay based on real records: evidence from Wuhan–Guangzhou HSR / W. Chao, L. Zhongcan, L. Javad, F. Liping, H. Ping, J. Chaozhe // International Journal of Rail Transportation. – 2017. – Vol. 5. – Iss. 3. – P. 170–189. doi: 10.1080/23248378.2017.1307144
17. Umiliacchi, S. Improving railway operations through the integration of macroscopic and microscopic modelling with optimisation : a thesis submitted for the fulfilment of Doctor of Philosophy / Silvia Umiliacchi ; The University of Birmingham. – Birmingham, 2016. – 128 p.
18. Zhou, X. Bicriteria train scheduling for high-speed passenger railroad planning applications / X. Zhou, M. Zhong // European Journal of Operational Research. – 2005. – Vol. 167. – Iss. 3. – P. 752–771. doi: 10.1016/j.ejor.2004.07.019
19. Zhou, X. Single-track train timetabling with guaranteed optimality: Branch-and-bound algorithms with enhanced lower bounds / X. Zhou, M. Zhong // Transportation Research Part B: Methodological. – 2007. – Vol. 41. – Iss. 3. – P. 320–341. doi: 10.1016/j.trb.2006.05.003

Г. И. НЕСТЕРЕНКО¹, П. В. БЕХ², М. И. МУЗЫКИН^{3*}, С. И. АВРАМЕНКО⁴

¹Каф. «Управление эксплуатационной работой», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днипро, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 70, эл. почта mihailmuzykin@gmail.com, ORCID 0000-0003-1629-0201

²Каф. «Управление эксплуатационной работой», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днипро, Украина, 49010, тел. +38 (095) 225 38 64, эл. почта Bekhpit@gmail.com, ORCID 0000-0002-1782-9224

^{3*}Каф. «Безопасность жизнедеятельности», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днипро, Украина, 49010, тел. +38 (095) 251 53 14, эл. почта mihailmuzykin@gmail.com, ORCID 0000-0003-2938-7061

⁴Каф. «Безопасность жизнедеятельности», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днипро, Украина, 49010, тел. +38 (066) 082 88 27, эл. почта fufei8791@gmail.com, ORCID 0000-0002-5832-6949

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИСПЕТЧЕРСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ С ПОМОЩЬЮ ВВЕДЕНИЯ ОПЕРАТИВНЫХ ЗОН

Цель. В работе необходимо исследовать целесообразность передачи автоматического управления малодейственными станциями участка (по принципу диспетчерской централизации) дежурным по опорным станциям. **Методика.** В статье проанализирована работа грузонапряженных участков АО «Украинская железная дорога». Выявлено, что информационная загруженность диспетчеров, управляющих движением поездов на участках главного хода, постоянно превышает допустимый уровень. Исследована возможность использования технологии диспетчерского регулирования движения поездов посредством введения оперативных зон. **Результаты.** Выявлено, что емкости приемо-отправочных путей на станциях участка крайне ограничены. Занятие обгонных путей «оставленными» поездами мешает проведению любых регулирующих мер внутри участка. Поезда следуют друг за другом без предоставления приоритета, то есть следуют по участку в том порядке, в котором они поступили на нее. По причине ограниченного количества путей на передучастковой промежуточной станции грузовые поезда расставляют под обгон пассажирскими на дальних подходах. Это приводит к потерям участковой скорости и снижает уровень использования пропускной способности участков. Введение оперативных зон значительно сократит информационные потоки и облегчит труд поездных диспетчеров участка, создаст необходимые условия для творческого принятия решений по внутренне-участковому регулированию, будет способствовать повышению участковой скорости движения поездов. **Научная новизна.** В статье разработана новая технология совершенствования управления поездными участками путем разделения их на оперативные зоны. В каждой зоне, состоящий из двух-трех гонок, движением поездов может управлять дежурный опорной станции, выполняющий в этом случае функции поездного диспетчера. **Практическая значимость.** Предложено на резервные пути передучастковых промежуточных станций выставлять составы с технических станций, которые простаивают в связи с неравномерностью движения, особенно с конечных станций (стыковых пунктов) участков обращения локомотивов. Укладку резервных путей и их содержание, учитывая периодичность использования и уменьшенную допустимую скорость движения, можно позволить за менее жесткими нормами устройства земляного полотна, балластной призмы, эпюры шпал, с учетом использования стрелочных переводов и путей, снятых с эксплуатации.

Ключевые слова: график движения поездов; диспетчерское управление; грузовые поезда; время задержки поездов; опорная станция

H. I. NESTERENKO¹, P. V. BECH², M. I. MUZYKIN^{3*}, S. I. AVRAMENKO⁴

¹Dep. «Management of Operational Work», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 70, e-mail mihailmuzykin@gmail.com, ORCID 0000-0003-1629-0201

²Dep. «Management of Operational Work», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (095) 225 38 64, e-mail Bekhpit@gmail.com, ORCID 0000-0002-1782-9224

^{3*}Dep. «Life Activity Safety», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (095) 251 53 14, e-mail mihailmuzykin@gmail.com, ORCID 0000-0003-2938-7061

⁴Dep. «Life Activity Safety», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (066) 082 88 27, e-mail fufe8791@gmail.com, ORCID 0000-0002-5832-6949

IMPROVEMENT OF SUPERVISORY CONTROL OF TRAIN MOVEMENT BY MEANS OF INTRODUCTION OF OPERATIONAL ZONES

Purpose. The work is aimed to investigate the feasibility of transferring automatic control to low-density stations of the sections (according to the principle of supervisory control of trainline) to the operators at principal stations. **Methodology.** The article analyzes the work of heavy traffic sections of the Ukrainian Railways JSC. It was found out that the information workload of dispatchers who control the train movement at the sections of the main course, constantly exceeds the permissible level. The possibility of using the technology of supervisory control of train movement by the introduction of operational zones has been investigated. **Findings.** The authors found out that the capacity of receiving and departure tracks at the stations of the sections is extremely limited. The occupancy of passing loop by the out-of-work trains hinders any regulatory measures at the sections. Trains pass one after another without giving priority, that is, they pass through the section in the order in which they entered it. Due to the limited number of tracks at the front-line intermediate station, freight trains are set for passing by the passenger ones at the distant approaches. This leads to a loss of service speed and reduces the level of utilization of the sections' working capacity. The introduction of operational zones will significantly reduce information flows and facilitate the work of the train dispatchers at the, create the necessary conditions for creative decision-making on the internal section regulation, and will contribute to increase in the service speed of trains. **Originality.** The article developed a new technology to improve the management of train sections by dividing them into operational zones. In each zone, consisting of two or three passes, the train movement can be controlled by the duty officer of the principal station, performing in this case the functions of the train dispatcher. **Practical value.** It has been proposed to put trains from technical stations that idle due to uneven movement, especially the trains from the terminal stations (division points) of the locomotive circulation sections, to reserve routes of the front-line intermediate stations. Laying the reserve tracks and their content, taking into account the frequency of use and reduced allowable speed, can be allowed according to less tight standards for the construction of the roadbed, ballast section, sleeper density, taking into account the use of switches and decommissioned tracks.

Key words: train schedule; dispatch control; freight trains; train delay time; principal station

REFERENCES

1. Butko, T. V., & Kostyrkina, T. O. (2010). Model prosvannja vagonopotokiv v umovakh «zhorstkykh» nytok ghrafiku. *Zbirnyk naukovykh prats Donetskoho instytutu zaliznychnoho transportu*, 22, 32-42. (in Ukrainian)
2. Butko, T. V., & Muzykin, M. I. (2017). Improvement of the Organization Rail Direction on the Basis of Specialization Purpose Paths Schedule of Freight Trains. *Collected scientific works of Ukrainian State University of Railway Transport*, 169 (addition), 153-155. (in Ukrainian)
3. Dolgopolov, P. V., Manzulja, V. P., & Rozhenko, A. O. (2014). Udoskonalennia pereviznogo protsesu na transportnomu polihoni na osnovi modeli dyspetcherskoho upravlinnia. *Collected scientific works of Ukrainian State Academy of Railway Transport*, 145, 11-17. (in Ukrainian)

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

4. Erofeev, A. A., & Erofeeva, E. A. (2012). Automation of Controller's Management by Train Work on the Byelorussian Ferrous Road. *Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan*, 40, 185-191. (in Russian)
5. *Instruktsiia zi skladannia hrafika rukhu poizdiv na zaliznyiakh Ukrainy*. (2013). Kyiv: Transport Ukrainy. (in Ukrainian)
6. Karetnikov, A. D., & Vorobyiov, N. A. (1979). *Grafik dvizheniya poezdov*. Moscow: Transport. (in Russian)
7. Kokurin, I. M., & Vasilev, A. B. (2015). Algorithmic description of train dispatcher solutions for crossing station selection. *Izvestia of St. Petersburg University of means of communication*, 2, 47-55. (in Russian)
8. Prokhorchenko, A. V. (2014). Problemy rozrakhunku propusknoi spromozhnosti zaliznychnoi infrastruktury v umovakh rynkovykh vidnosyn. *Information and control systems at railway transport*, 4, 36-41. (in Ukrainian)
9. Bekh, P. V., Lashkov, O. V., Muzykin, M. I., Nesterenko, H. I., & Avramenko, S. I. (2017). The Management of Freight Traffic and Railcar Traffic on the Railway. *Bulletin of Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*. 3(233), 22-30. (in Ukrainian)
10. Butko, T. V., Lomotko, D. V., Prokhorchenko, A. V., & Olijnyk, K. O. (2009). Formuvannia lohystychnoi tekhnologii prosuvannia vantazhopotokiv za zhorstkymy nytkamy hrafika rukhu poizdiv. *Collected scientific works of Ukrainian State Academy of Railway Transport*, 111, 23-30. (in Ukrainian)
11. Bech, P. V., Nesterenko, G. I., Muzykina, S. I., Lashkov, O. V., & Muzykin, M. I. (2015). Ways to Increase Competitiveness of Railway Transport in Modern Conditions. *Science and Transport Progress*, 5(59), 25-39. doi: 10.15802/stp2015/55349 (in Ukrainian)
12. Goverde, R. M. P., Bešinovic, N., Binder, A., Cacchiani, V., Quaglietta, E., Roberti, R., & Toth, P. (2016). A three-level framework for performance-based railway timetabling. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 67, 62-83. doi: 10.1016/j.trc.2016.02.004 (in English)
13. Caprara, A., Fischetti, M., & Toth, P. (2002). Modeling and Solving the Train Timetabling Problem. *Operations Research*, 50(5), 851-861. doi: 10.1287/opre.50.5.851.362 (in English)
14. Delorme, X., Gandibleux, X., & Rodriguez, J. (2009). Stability evaluation of a railway timetable at station level. *European Journal of Operational Research*, 195(3), 780-790. doi: 10.1016/j.ejor.2007.06.062 (in English)
15. Hansen, I. A., & Pahl, J. (2014). *Railway Timetabling & Operations: Analysis, Modelling, Optimization, Simulation, Performance Evaluation*. Hamburg: Eurailpress in DVV Media Group. (in English)
16. Wen, C., Li, Z., Lessan, J., Fu, L., Huang, P., & Jiang, C. (2017). Statistical investigation on train primary delay based on real records: evidence from Wuhan–Guangzhou HSR. *International Journal of Rail Transportation*, 5(3), 170-189. doi: 10.1080/23248378.2017.1307144 (in English)
17. Umiliacchi, S. (2016). *Improving railway operations through the integration of macroscopic and microscopic modelling with optimisation*. (A thesis submitted for the fulfilment of Doctor of Philosophy). The University of Birmingham, Birmingham. (in English)
18. Zhou, X., & Zhong, M. (2005). Bicriteria train scheduling for high-speed passenger railroad planning applications. *European Journal of Operational Research*, 167(3), 752-771. doi: 10.1016/j.ejor.2004.07.019 (in English)
19. Zhou, X., & Zhong, M. (2007). Single-track train timetabling with guaranteed optimality: Branch-and-bound algorithms with enhanced lower bounds. *Transportation Research Part B: Methodological*. 41(3), 320-341. doi: 10.1016/j.trb.2006.05.003 (in English)

Надійшла до редколегії: 08.08.2018

Прийнята до друку: 30.11.2018