

## ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

УДК 656.22

М. І. МУЗИКІН<sup>1</sup>, Г. І. НЕСТЕРЕНКО<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>ДП «Придніпровська залізниця», пр. К. Маркса, 108, Дніпропетровськ, Україна, 49600, тел. +38 (095) 251 53 14, ел. пошта grafmim@ Rambler.ru, ORCID 0000-0003-2938-7061

<sup>2\*</sup>Каф. «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

### ВПЛИВ «ВІКОН» НА ПРОПУСКНУ СПРОМОЖНІСТЬ ЗАЛІЗНИЧНОГО НАПРЯМКУ

**Мета.** У дослідженні необхідно здійснити аналіз процесу стабілізації руху поїздів після перерви та втрат у пропускній спроможності. **Методика.** Розглянуто процес руху поїздів за напрямком (двоколінійній лінії із сортувальною станцією) в екстремальних умовах, коли надаються «вікна» для капітального ремонту колії. Під час дослідження цього процесу проведено розрахунки часу відновлення нормального руху після «вікна». У даному процесі відсутні організаційні втручання, спрямовані на зміну тих чи інших показників. Він викладений у дослідженні в чистому вигляді, щоб показати, як система сама приходить до рівноваги. **Результати.** У результаті дослідження виявлено, що головні втрати пропускної спроможності при наданні «вікон» на графіку утворюються не внаслідок перерви руху, а в результаті збурень, викликаних ним. Фактичний простій у наведеному дослідженні склав близько 300 поїздо-годин. Безпосередньо через «вікно» він дорівнює 129 поїздо-годин. Втрати склали більш як половину загального простою поїздів, викликаного самим «вікном». **Наукова новизна.** Авторами доведено існування можливості скорочення втрат пропускної спроможності залізничного напрямку в результаті цілеспрямованого впливу на цей процес. **Практична значимість.** Реалізація даних дій надасть практичну можливість скорочення втрати пропускної спроможності.

*Ключові слова:* пропускна спроможність; «вікно»; простій поїздів; технічні станції; система тягового забезпечення лінії

#### Вступ

Значний внесок у розв'язання наукової проблеми з розвитку пропускної спроможності залізниць зробили Васильєв І. І., Максимович Б. М., Тихомиров І. Г., Тихонов К. К., Макароцькін А. М., Дьяков Ю. В., Батурін О. П., Акулінічев В. М., Сотніков Є. О., Хейт Ф., Сотніков І. Є., Кочнев Ф. П., Образцов В. М., Савенко А. С., Архангельський Е. В., Самсонкін В. М., Бутько Т. В., Яновський П. О., Козлов В. Є. та інші вчені [8, 14, 17].

Аналіз вітчизняного та закордонного досвіду показав, що існуюча методика розрахунку пропускної спроможності невиправдано ускла-

днена із-за спроби охоплення та ведення розрахунків для всього різноманіття типів графіків руху [2, 3, 6, 7, 9, 16, 18, 19]. Підхід до оцінювання пропускної спроможності як до технічної характеристики ділянки, а до графіка руху поїздів як до її використання дозволяє усунути протиріччя між пропускною спроможністю та організацією руху поїздів і не переносити недоліки розробки графіка руху на визначення пропускної спроможності ділянки.

#### Мета

Аналіз процесу стабілізації руху поїздів після перерви та втрат у пропускній спроможності.

### Методика

Ступінь нерівномірності вантажних перевезень є одним з істотних факторів при визначенні потрібної пропускної спроможності ділянок, а також при організації перевізного процесу на залізниці. При цьому пропускна спроможність напрямків визначається обмежуючою ділянкою. Чим вища нерівномірність вантажних перевезень, тим більшими виявляються в окремі періоди часу згущення вагоно-, поїздо- та вантажопотоків, для їх охоплення зростає пропускна та перероблююча спроможності різних об'єктів інфраструктури [14].

Щоб рухатися вперед, необхідно знання історії. Саме тому потрібно аналізувати досвід минулих років [1, 5, 12, 13].

Існував такий термін – наявна технічна потужність залізниці, під яким розумілись її спроможність в одиницю часу пропускати по кожному елементу визначену кількість вантажів і пасажирів. Залежала вона від різноманітних параметрів, в першу чергу від нерухомих (план, профіль, розміщення роздільних пунктів і т.п.), та рухомих (рухомий склад визначеного типу та його кількість) засобів. Тоді наявна пропускна спроможність визначалась як частина технічної потужності, яка залежить від нерухомих засобів при визначених типі рухомого складу та форми організації руху. Інша частина технічної потужності, яка залежала виключно від кількості рухомого складу даного типу і яка дозволяла реалізувати пропускну спроможність, називалась наявною провізною спроможністю залізниці [12].

На сьогодні наявною пропускною спроможністю залізничної лінії називають найбільші розміри руху (в поїздах чи парах поїздів), котрі можуть бути виконані в одиницю часу. Величину її визначають залежно від ступеня технічної оснащеності лінії – стаціонарних (нерухомих) пристроїв, типу та потужності рухомого складу (тягових засобів), форм і методів організації руху поїздів (типу графіка). Провізна спроможність – найбільша величина вантажопотоку (тон вантажу), яка може бути опанована лінією в одиницю часу. Таким чином, пропускна спроможність лінії характеризує можливість виконувати задані розміри руху поїздів різних категорій (пасажирських, вантажних, прискорених, збірних та ін.), провізна ж спроможність – частина пропускної спроможності – відображує потужність лінії, яка використовується

тільки для вантажних перевезень при забезпеченні пропуску заданої кількості пасажирських та інших поїздів термінового обертання.

Наведені визначення в різній мірі перевантажені інформацією і містять одну й ту саму помилку: пропускна спроможність залежить від організації руху поїздів (типу графіка). Виникає протиріччя: максимальні розміри руху на графіку визначаються пропускною спроможністю, у той час як сама пропускна спроможність – графіком руху. Виникає питання, що ж з них первинно? Звичайно, первинною повинна бути технічна характеристика ділянки – пропускна спроможність.

Зміна змісту основних визначень: технічної потужності залізниці на пропускну спроможність основних елементів залізничного господарства (перегонів, технічних станцій, деповського господарства, пристроїв енергопостачання та ін.) – зробила іншою і систему розрахунків. Раніш вона претендувала на деяку системність – об'єднувала постійні пристрої та чисельність рухомого складу. Зараз же у відповідності з діючої Інструкцією з розрахунку наявної пропускної спроможності залізниць України [4] необхідно спочатку встановити пропускну спроможність окремих споруд: перегонів, станцій, пристроїв енергозабезпечення електрифікованих ліній, деповських та екіпірувальних пристроїв локомотивного господарства. Результативна пропускна спроможність ділянки – найменша з них. Вона й визначає максимальну кількість поїздів, яку здатна пропустити ділянка в одиницю часу. Така система розрахунку наявної пропускної спроможності призвела до практики ізольованого планування асигнувань на розвиток різних ланок залізниці. Для кожного господарства визначається своя потужність у кілометрах других та третіх головних колій, електрифікованих ліній, колій та стрілочних переводів і т.п., які не завжди взаємопов'язані між собою. Так, достатньо гостро відчувається зараз відставання в розвитку ремонтної бази локомотивів, відсутні індустріальні методи утримання колії та ін. Це призводить до того, що лінії розвиваються не комплексно.

Слід також зазначити, що наявна результативна пропускна спроможність лінії виявляється завжди більшою за ту кількість поїздів, яку вона фактично пропускає. З'являється ще одне визначення пропускної спроможності – реально

## ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

використовувана. Чому ж існує розбіжність між наявною та реально використовуваною пропускними спроможностями? Розглянемо процес руху поїздів по напрямку (двоколійній лінії з сортувальною станцією) в екстремальних умовах, коли надаються «вікна» для капітального ремонту колії. Низка методичних положень дозволяють обрати оптимальну тривалість «вікна», при якій сумарні витрати мінімальні. Ці витрати складаються тільки з двох частин: витрат, пов'язаних з затримкою поїздів та локомотивів через «вікно», та витрат підрозділів, які виконують ремонтні роботи. Перші зі збільшенням тривалості «вікна» зростають, а інші – зменшуються. Різний характер змін цих витрат призводять до того, що сумарні витрати при збільшенні «вікна» спершу зменшуються, а потім зростають. Їх мінімальне значення досягається при тривалості «вікна» 4...5 год [10, 11].

Втрати часу через затримки поїздів та локомотивів визначаються тільки в період самих ремонтних робіт. Але вони навіть на сильно вантажонапружених лініях складають відносно невелику величину. Наприклад, на двоколійній лінії з 6-хвилинним автоблокуванням надано 6-годинне «вікно». Добові розміри руху – 100 поїздів. Середній інтервал між ними  $\frac{1440}{100} = 14,4$  хв. Отже, за чистий час «вікна»

буде затримано  $\frac{6 \cdot 60}{14,4} = 25$  поїздів. Скільки

ж часу знадобиться для відновлення нормального руху, якщо після відкриття перегону поїзди будуть рухатися з мінімальним міжпоїзним інтервалом? Очевидно, що для пропуску 25 затриманих поїздів знадобиться  $25 \cdot 6 = 150$  хв. За

цей час до перегону надійде ще  $\frac{150}{14,4} = 11$  поїз-

дів, для пропуску яких знадобиться  $6 \cdot 11 = 66$  хв.

Через них буде затримано ще  $\frac{66}{14,4} = 5$  поїздів,

пропуск яких займе  $5 \cdot 6 = 30$  хв, що викличе

затримку  $\frac{30}{14,4} = 2$  поїздів, котрі потребують

для свого пропуску  $6 \cdot 2 = 12$  хв. Припустимо, що надалі затримок не буде. Таким чином для відновлення нормального руху потрібно  $150 + 66 + 30 + 12 = 258$  хв (4 год 18 хв). Як ба-

чимо, цей час навіть менший, ніж тривалість «вікна». А який же сумарний простій всіх затриманих поїздів? Очевидно, що перший проїзд простоїть стільки ж часу, скільки складає перерва в русі, тобто 360 хв, простій останнього буде дорівнювати нулю, а середній  $\frac{0 + 360}{2} = 180$  хв. Через «вікно» затримано  $25 + 11 + 5 + 2 = 43$  поїзди. Їх сумарний простій  $43 \cdot 180 = 7\,740$  поїздо·хв, або 129 поїздо·год.

Цей розрахунок наведено для того, щоб, перше, показати процес руху поїздів після відкриття перегону, по-друге, проілюструвати простоту існуючих розрахунків наведених показників.

Відомо, що 6-годинне «вікно» при розмірах руху 100 пар вантажних поїздів за добу практично викликає затримку більшої кількості поїздів, а нормальний рух відновлюється наприкінці другої, а то й третьої діби після відкриття перегону. За період «вікна» капітально ремонтуються 1,5...1,8 км залізничної колії на залізобетонних шпалах. При наданні «вікна» два рази на тиждень за літній сезон можливо відремонтувати тільки 72...86 км. Якщо додати до цього необхідність надавати «вікна» для середнього ремонту та поточного утримання колії, то цілком очевидно, що перерви в русі супроводжуються значними втратами пропускної спроможності.

Отже, резерви, які можливо реалізувати, є.

Повернемося до розрахунків часу відновлення нормального руху після «вікна». Всі затримані поїзди, а їх в нашому випадку 43, починають рухатися з мінімальним міжпоїзним інтервалом. Лавина їх обрушується на технічну станцію (на рис. 1 схематично зображений процес стабілізації руху поїздів після перерви та втрат у пропускній спроможності). Впродовж більше 4 год вона повинно безперешкодно приймати їх. Часто станція не готова для прийому поїздів з такою інтенсивністю через те, що її технічне оснащення відповідає прибуттю поїздів лише з середнім інтервалом.

Що ж відбувається, коли станція не має в своєму розпорядженні достатньої потужності для безперешкодного прийому поїздів, які слідує з інтервалом автоблокування? Перш за все, 6-хвилинний інтервал не витримується через затримки поїздів на підходах до станції. От-

## ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

же, час відновлення нормального руху буде значно більшим, ніж отримано за розрахунками.

Таким чином, з'являється ще один елемент – технічна станція. Відомо, що парки прийому та відправлення у момент, коли сортувальна станція готується до інтенсивного прийому по-

їздів, вільні, а колії сортувального парку зайняті в тій мірі, яка визначається характером накопичення составів за призначеннями плану формування поїздів (вважаємо, що станція має один підхід).



\* Якщо на станції знаходиться основне депо, простій поїздів буде меншим за рахунок виклику локомотивних бригад з місця проживання та скорочення тривалості їх відпочинку. Проте простій буде завжди і його також необхідно враховувати при розрахунках тривалості відновлення нормального руху.

\*\* Тривалість такого періоду визначається кількістю локомотивів (та бригад), котрі увійшли на станцію з моменту відкриття руху до повної її зупинки. Саме ці локомотиви та відпочили бригади будуть вивозити сформовані поїзди. Після цього відправлення зупиниться – дасться взнаки друга перерва у русі (немає поїздів, немає й локомотивів). Ця перерва по тривалості не перевищує половину попередньої.

Рис. 1. Схема процесу стабілізації руху поїздів після перерви та втрат у пропускній спроможності

Fig. 1. Scheme of stabilization process of train movement after interruption and losses in working capacity

## ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Перший період роботи станції відрізняється безперешкодним прийомом поїздів. По мірі заповнення поїздами колій парку прийому гірка не відволікається на повторну переробку вагонів, переробку кутового вагонопотоку, осаджування, розформування подач з фронтів навантаження-вивантаження та ін. Ці операції були виконані за час перерви в русі. Ось чому в сортувальному парку інтенсивно накопичуються состави, йде швидкий процес поїздоутворення. Ця інтенсивність чисельно дорівнює інтенсивності розформування при одних й тих же нормах ваги по прибуттю та відправленню, тобто якщо за 1 год розформовано 4 поїзди, то в сортувальному парку накопичена така ж кількість составів. Тому й витяжні колії повинні працювати з найбільшою продуктивністю (закінчення формування та витягування составів в парк відправлення).

Для нормального руху необхідно, щоб інтенсивності розформування поїздів, закінчення формування та витягування составів в парк відправлення були не нижче інтенсивності прибуття.

В іншому випадку інтервал між прибуваючими поїздами буде більше мінімального. А на станціях, як правило, інтенсивність прибуття після «вікна» вище інтенсивності розформування. Тому колії парку прийому заповнюються і станція починає стримувати прийом поїздів. Причому середній час затримки поїзда на підході чисельно дорівнює різниці гіркового та міжпоїздного інтервалу. Цим відрізняється другий період роботи станції.

Як відомо, успішна робота витяжних колій залежить, перш за все, від безперешкодного виводу готових составів у парк відправлення, а це залежить від своєчасного звільнення його колій. У перший період роботи станції колії парку відправлення вільні й перешкод для виводу составів з сортувального парку немає. Так відбувається доти, доки парк відправлення не заповниться. Тепер відповімо чи не на головне питання – чому переповнюється парк відправлення? Перша й найбільш очевидна причина полягає в тому, що інтенсивність відправлення поїздів трохи нижче інтенсивності виставлення составів до парку, вона визначається розкладом руху поїздів і, отже, нижче, ніж відправлення з інтервалом автоблокування. Ось чому для нормальних умов роботи станції дирекція та залізниця повинні знайти можливість відправлення

поїздів за додатковими розкладами. Іншими словами, для швидкого відновлення нормального ритму руху поїздів після «вікна» необхідне відправлення поїздів зі станції з тією ж інтенсивністю, що й прибуття.

Друга причина не так очевидна, як перша. Ремонтні колійні роботи, спричинивши перерву в русі, порушили нормальний ритм роботи та відпочинку локомотивних бригад. Відповідно до трудового законодавства у пункті обороту бригада відпочиває половину часу знаходження на шляху слідування.

Отже, час відпочинку локомотивних бригад на станції буде збільшений, принаймні на половину тривалості «вікна». До чого це призводить? Локомотив від першого прибулого після відновлення руху поїзда прямує в депо для технічного огляду та екіпірування (на це потрібно 1,0...1,5 год). Вийти під поїзд він зможе значно пізніше закінчення цих операцій, що визначається тривалістю відпочинку локомотивної бригади, тобто час знаходження локомотива на станції збільшується також на половину тривалості «вікна».

До моменту інтенсивного виставлення составів до парку відправлення на станції знаходиться визначена, але дуже обмежена кількість бригад та локомотивів. Припустимо, що їх тільки п'ять. Цього достатньо, щоб впродовж 30 хв ( $5 \cdot 6 = 30$ ) відправляти поїзди з інтенсивністю, яка дорівнює інтенсивності прибуття. Отже, перші п'ять поїздів будуть відправлені вчасно (при наявності додаткових розкладів), а шостий та всі наступні очікують появи локомотива. В нашому прикладі простій шостого поїзда становить 2,5 год ( $3 \dots 0,5$ ) (для наступних поїздів цей час зменшується).

Ця станція може бути вузловою з декількома підходами, і до того ж не пунктом обороту локомотивних бригад. Якщо на ній знаходиться основне депо, простій поїздів буде меншим за рахунок виклику локомотивних бригад з місця проживання та скорочення тривалості їх відпочинку. Тоді з'являться або понаднормові години роботи, або простій здвинеться в часі, коли цей резерв буде вичерпано. Проте простій буде завжди і його також необхідно враховувати при розрахунках тривалості відновлення нормального руху.

Таким чином, з'являється ще один елемент – система тягового забезпечення лінії.

## ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Тепер повернемося до процесу функціонування станції. Зрозуміло, що при повному зайнятті колій парку відправлення поїзди не відправляються з причини очікування локомотива, а точніше через додатковий відпочинок бригад, сформовані состави виставляти нікуди, парки прийому та сортувальний переповнені, гірка зупинена, станція не приймає поїзди вже тривалий час. Як свідчать розрахунки та аналіз графіків виконаного руху декількох напрямів, тривалість третього періоду досить значна і в самих несприятливих умовах складає половину тривалості «вікна». Таким чином, після відновлення руху поїздів настає друга перерва, викликана порушенням режиму роботи локомотивних бригад.

На цьому процес не закінчується. Після відпочинку локомотивних бригад та виходу локомотивів під поїзди відправлення їх зі станції не відновлюється, а отже, знову починається прийом, але вже не настільки інтенсивний, як у першому періоді. Це пояснюється тим, що переповнений сортувальний парк часто потребує повторного сортування вагонів з гірки через необхідність направлення їх на колії не тільки відповідно до спеціалізацією, але й з врахуванням їх зайнятості. Отже, інтенсивність розформування поїздів буде нижчою, ніж їх прибуття. По характеру роботи цей період близький до другого. Тривалість його визначається кількістю локомотивів (та бригад), котрі увійшли на станцію з моменту відкриття руху до повної її зупинки. Саме ці локомотиви та відпочилі бригади будуть вивозити сформовані поїзди. Після цього відправлення припиниться – дасться в знаки друга перерва в русі (немає поїздів, немає й локомотивів). Ця третя перерва по тривалості не перевищує половини попередньої.

### Результати

Подальша робота станції складається з послідовного чергування зростаючого другого та третього періодів, що скорочується. Відбувається поступове згасання збурення в процесі руху, які викликані «вікном». Фактичний простій в наведеному прикладі складає біля 300 поїздо-год. Нагадаємо, що безпосередньо через «вікно» він дорівнює 129 поїздо-год. Отже, втрати складають половину загального простою поїздів, викликаного самим «вікном», та навіть більше. В цьому процесі немає ніяких

організаційних втручань, спрямованих на зміну тих чи інших показників. Він викладений тут в чистому вигляді, щоб показати, як система сама приходиться до рівноваги.

Перерва в русі, перш за все, істотно впливає на тягове забезпечення напрямку. «Вікно» завжди супроводжується втратою дільничної швидкості, а це викликає додаткову потребу в локомотивах і що найбільш важливо – у локомотивних бригадах. Збільшення тривалості відпочинку бригад викликає значні простої поїздів в очікуванні локомотивів, від чого змінюється режим роботи сортувальної станції. А відтак по-іншому розподіляють поїзди на ділянці, визначають перерви у русі, а отже, і результуючу пропускну спроможність. Отже, технічне оснащення лінії, система тягового обслуговування, потужності та колійний розвиток станції тісно пов'язані між собою. Будь-яке «вікно», чи то ремонт колії, чи то заміна вагоноуповільнювача на гірці викликає певні наслідки в кожному ланцюгу [1, 15].

Таким чином, реальна пропускну спроможність лінії – результат складної взаємодії ділянок, технічних станцій, системи тягового забезпечення та утримання постійних пристроїв.

### Наукова новизна та практична значимість

Авторами доведено існування можливого скорочення втрат пропускну спроможності залізничного напрямку в результаті цілеспрямованого впливу на цей процес.

Реалізація цих дій надасть практичну можливість скорочення втрати пропускну спроможності.

### Висновки

Наявну пропускну спроможність лінії, яка розраховується відповідно до існуючих офіційних документів, реалізувати можливо лише умовно. В розглянутому прикладі вона була реалізована короткочасно відразу після відновлення руху після перерви. Стосовно пропускну спроможності, яка реально використовується, то вона характеризує можливість залізниці для пропуску поїздів за тривалий час, наприклад за рік. Саме річний період відображає всі технологічні перерви, пов'язані з ремонтом постійних пристроїв на перегонах та станціях влітку і збоями в русі через негоду взимку.

## ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Постає завдання підвищення коефіцієнта використання пропускної та провізної спроможності ліній, а також зниження питомих витрат на утримання інфраструктури (на тонну перевезеного вантажу чи одного пасажера). При цьому ремонт та утримання об'єктів інфраструктури повинні розглядатися як один з обов'язкових елементів експлуатаційної роботи і відповідним чином враховуватися. Використовуваний для перевізного процесу річний бюджет часу зменшується на час, необхідний для виконання цих робіт в повному обсязі.

Для кожного учасника мережі необхідно планувати річну потребу у «вікнах» на діагностику та технічне обслуговування інфраструктури. Вона залежить не тільки від вантажонапруженості ділянки. Істотно впливають природно-кліматичні фактори, прийнята технологія перевізного процесу, структура поїздопотоків, технічний стан рухомого складу, а також можливість суміщення в єдиному «вікні» робіт з ремонту колії та контактної мережі, що вимагають найбільшого часу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антонов, Ю. А. Пути сокращения эксплуатационных потерь при предоставлении «окон» на грузонапряженных линиях / Ю. А. Антонов, Д. А. Печугин // Труды НИИЖТа. – Новосибирск, 1965. – Вып. 48. – С. 13–27.
2. Богданов, В. М. Резервы пропускной и провозной способности / В. М. Богданов // Ж.-д. трансп. – 2008. – № 8. – С. 54–56.
3. Годяев, А. И. Оценка потенциально реализуемой пропускной способности железнодорожного участка / А. И. Годяев // Вестн. ВНИИЖТа. – М., 2004. – № 6. – С. 29–32.
4. Інструкція з розрахунку наявної пропускної спроможності залізниць України : ЦД-0036 ; затв. : наказ Мінтрансу та зв'язку України 23 листопада 2004 року № 1026. – К. : Мін-во трансп. та зв'язку України, 2002. – 376 с.
5. Клиланд, Д. Системный анализ и целевое управление / Д. Клиланд, В. Кинг ; пер. с англ. – М. : Советское радио, 1974. – 280 с.
6. Кулешов, В. В. Удосконалення інформаційної технології роботи з вагонами різних форм власності з метою оптимізації пропускної спроможності залізничних транспортних систем / В. В. Кулешов // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – Х., 2011. – Вип. 124. – С. 83–89.
7. Левин, Д. Ю. Расчет пропускной способности участка / Д. Ю. Левин // Ж.-д. трансп. – 2008. – № 8. – С. 18–22.
8. Макарович, А. М. Использование и развитие пропускной способности железных дорог / А. М. Макарович, Ю. В. Дьяков. – М. : Транспорт, 1981. – 287 с.
9. Музикіна, Г. І. Визначення заходів, необхідних для підвищення провізної спроможності залізниць України / Г. І. Музикіна, Т. В. Болвановська, О. О. Мазуренко // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2008. – Вип. 26. – С. 23–27.
10. Музикіна, Г. І. Вплив параметрів накопичення вагонів на їх простій на сортувальній станції / Г. І. Музикіна, Т. В. Болвановська, С. М. Жорова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2008. – Вип. 20. – С. 198–201.
11. Музикіна, Г. І. Дослідження впливу розмірів руху на показники роботи залізничної мережі / Г. І. Музикіна, Ю. В. Чибісов // Развитие транспортной стратегии. Логистика как инструмент международного сотрудничества и регионального развития (24.10-25.10.2007) : сб. тр. 10-й Междунар. конф. по трансп. и логистике. – Д. : ДНУЗТ, 2007. – С. 166.
12. Научная организация эксплуатационной работы железных дорог / Л. М. Годович, Ю. И. Леванович, С. Ф. Начученко и др. – М. : Транспорт, 1976. – 208 с.
13. Резер, С. М. Управление транспортом за рубежом / С. М. Резер. – М. : Наука, 1994. – 315 с.
14. 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.
15. Уманский, В. И. Об организации пропуска поездов в период технологических «окон» / В. И. Уманский // Ж.-д. трансп. – 2010. – № 9. – С. 21–24.
16. Филипс, Д. Методы анализа сетей : пер. с англ. / Д. Филипс, А. Гарсиа-Диас. – М. : Мир, 1984. – 496 с.
17. Яновський, П. О. Дослідження впливу факторів на час перебування поїздів на дільницях / П. О. Яновський // Заліз. трансп. України. – 2008. – № 3. – С. 25–29.
18. Magnanti, T. L. Network Design and Transportation Planning: Models and Algorithms / T. L. Magnanti, R. T. Wong // Transportation Science. – 1984. – Vol. 18. – № 1. – P. 3–55.
19. Gubbins, Edmund J. Managing transport operations / Edmund J. Gubbins. – London : Kogan Page, 2003. – 295 p.

М. И. МУЗЫКИН<sup>1</sup>, Г. И. НЕСТЕРЕНКО<sup>2\*</sup><sup>1</sup>ГП «Приднепровская железная дорога», пр. К. Маркса, 108, Днепропетровск, Украина, 49600, тел. +38 (095) 251 53 14, эл. почта grafmim@rambler.ru, ORCID 0000-0003-2938-7061<sup>2\*</sup>Каф. «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

## ВЛИЯНИЕ «ОКОН» НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО НАПРАВЛЕНИЯ

**Цель.** В исследовании необходимо осуществить анализ процесса стабилизации движения поездов после перерыва и потерь пропускной способности. **Методика.** Рассмотрен процесс движения поездов по направлению (двухпутной линии с сортировочной станцией) в экстремальных условиях, когда предоставляются «окна» для капитального ремонта пути. В ходе исследования этого процесса проведены расчеты времени восстановления нормального движения после «окна». В данном процессе отсутствуют организационные вмешательства, направленные на изменение тех или иных показателей. Он изложен в исследовании в чистом виде, чтобы показать, как система сама приходит к равновесию. **Результаты.** В результате исследования установлено, что главные потери пропускной способности при предоставлении «окон» на графике образуются не вследствие перерыва движения, а в результате возмущений, вызванных им. Фактический простой в приведенном исследовании составил около 300 поездо-часов. Непосредственно из-за «окна» он равен 129 поездо-часов. Потери составили более половины общего простоя поездов, вызванного самим «окном». **Научная новизна.** Авторами доказано существование возможности сокращения потерь пропускной способности железнодорожного направления в результате целенаправленного воздействия на этот процесс. **Практическая значимость.** Реализация данных действий предоставит практическую возможность сокращения потери пропускной способности.

*Ключевые слова:* пропускная способность; «окно»; простой поездов; технические станции; система тягового обеспечения линии

М. I. MUZYKIN<sup>1</sup>, G. I. NESTERENKO<sup>2\*</sup><sup>1</sup>SE «Prydniprovsk Railway», K. Marks Av., 108, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49600, tel. +38 (095) 251 53 14, e-mail grafmim@rambler.ru, ORCID 0000-0003-2938-7061<sup>2\*</sup>Dep. «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

## INFLUENCE OF MAINTENANCE WINDOWS ON THE WORKING CAPACITY OF RAILWAY ROUTE

**Purpose.** The article aims to analyze the stabilization process of train movement after interruption and loss of the working capacity. **Methodology.** To examine the process of train movement on the route (double-track line with sorting station) in extreme conditions during the maintenance windows for capital repair of the track. During the investigation of this process time calculations of a normal motion restoration after the maintenance windows were carried out. In this process there are no organizational interventions aimed to change various coefficients. It is presented in the research in its pure form, in order to show how the system comes to equilibrium. **Findings.** It was found out that the major losses of working capacity during the maintenance windows occur as a result of perturbations caused by interruptions, not the interruptions in themselves. The actual idle time in the study is about 300 train-hours. Directly because of the maintenance window it is 129 train-hours. Losses were equal to more than half of total idle time of trains caused by the maintenance windows. **Originality.** The authors proved the possible reduction of working capacity losses on railway direction as a result of a deliberate action on this process. **Practical value.** Implementation of these actions will reduce the losses of the working capacity.

*Keywords:* working capacity; maintenance window; idle time of trains; technical stations; traction support system of line



## REFERENCES

1. Antonov Yu.A., Pechugin D.A. Puti sokrashcheniya ekspluatatsionnykh poter pri predostavlenii «okon» na gruzonapryazhennykh liniyakh [Ways to reduce the operational losses in the ensuring of "windows" on the heavy-traffic lines]. *Trudy NIIZhTa* [Proc. of NIZhT], 1965, issue 48, pp. 13-27.
2. Bogdanov V.M. Rezervy propusknoy i provoznoy sposobnosti [Reserves of traffic and carrying capacity]. *Zheleznodorozhnyy transport – Railway Transport*, 2008, no. 8, pp. 54-56.
3. Godyayev A.I. Otsenka potentsialno realizuyemoy propusknoy sposobnosti zheleznodorozhnogo uchastka [Evaluation of potentially realizable traffic capacity of a railway section]. *Vestnik VNIIZhTa – VNIIZhT Bulletin*, 2004, no. 6, pp. 29-32.
4. *Instruktsiia z rozrakhunku naiavnoi propusknoi spromozhnosti zaliznyts Ukrainy: TsD-0036* [Instructions for calculating the actual traffic capacity of railways in Ukraine: TsD-0036]. Kyiv, Min-vo transp. ta zviazku Ukrainy Publ., 2002. 376 p.
5. Kliland D., King V. *Sistemnyy analiz i tselevoe upravleniye* [System analysis and targeted management]. Moscow, Sovetskoye radio Publ., 1974. 280 p.
6. Kuleshov V.V. Udoskonalennia informatsiinoi tekhnologii roboty z vahonamy riznykh form vlasnosti z metoiu optymizatsii propusknoi spromozhnosti zaliznychnykh transportnykh system [Improvement of informational technology work with cars of various forms of ownership in order to optimize the traffic capacity of railway transport systems]. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDAZT* [Proc. of Ukrainian State Academy of Railway Transport], 2011, issue 124, pp. 83-89.
7. Levin D.Yu. Raschet propusknoy sposobnosti uchastka [Calculation of the section traffic capacity]. *Zheleznodorozhnyy transport – Railway Transport*, 2008, no. 8, pp. 18-22.
8. Makarochkin A.M., Dyakov Yu.V. *Ispolzovaniye i razvitiye propusknoy sposobnosti zheleznykh dorog* [Use and development of railways traffic capacity]. Moscow, Transport Publ., 1981. 287 p.
9. Muzykina H.I., Bolvanovska T.V., Mazurenko O.O. Vyznachennia zakhodiv, neobkhidnykh dlia pidvyshchennia proviznoi spromozhnosti zaliznyts Ukrainy [Determination of measures needed to enhance the carrying capacity of the railways of Ukraine]. *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 26, pp. 23-27.
10. Muzykina H.I. Vplyv parametriv nakopychennia vahoniv na yikh prostii na sortuvalnii stantsii [Parameters effect of the cars accumulation during their downtime in 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.
11. Muzykina H.I., Chybisov Yu.V. Doslidzhennia vplyvu rozmiriv rukhu na pokaznyky roboty zaliznychnoi merezhi [Effect research of traffic amount on performances of railway network]. *Sbornik trudov 10-y Mezhdunarodnoy konferentsii po transportu i logistike «Razvitiye transportnoy strategii. Logistika kak instrument mezhdunarodnogo sotrudnichestva i regionalnogo razvitiya* [Proc. of the 10<sup>th</sup> Int. Intern. Conf. «Development of transport strategy. Logistics as an instrument of international cooperation and regional development»]. Dnipropetrovsk, 2007. P. 166.
12. Godovich L.M., Levantovich Yu.I., Nachuchenko S.F., Skumbin S.K., Kharlanovich I.V. *Nauchnaya organizatsiya ekspluatatsionnoy raboty zheleznykh dorog* [Scientific organization of the railways operational work]. Moscow, Transport Publ., 1976. 208 p.
13. Rezer S.M. *Upravleniye transportom za rubezhom* [Transportation management abroad]. Moscow, Nauka-Publ., 1994. 315 p.
14. 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 – VNIIZhT Bulletin*, 2011, no. 5, pp. 3-9.
15. Umanskiy V.I. Ob organizatsii propuska poyezdov v period tekhnologicheskikh «okon» [On the organization of train handling during technological "windows"]. *Zheleznodorozhnyy transport – Railway Transport*, 2010, no. 9, pp. 21-24.
16. Filips D., Garsia-Dias A. *Metody analiza setey* [Networks analysis method]. Moscow, Mir Publ., 1984. 496 p.
17. 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.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

---

18. Magnanti T.L., Wong R.T. Network Design and Transportation Planning: Models and Algorithms. *Transportation Science*, 1984, vol. 18, no. 1. pp. 3-55.
19. Gubbins Edmund J. Managing transport operations. London, Kogan Page Publ., 2003. 295 p.

*Стаття рекомендована до друку д.т.н., проф. Т. В. Бутько (Україна); д.т.н., проф. Є. В. Нагорним (Україна)*

Надійшла до редколегії 27.02.2014

Прийнята до друку 09.04.2014