

УДК 656.2

ПРОХОРЧЕНКО А.В., к.т.н., доцент кафедри управління експлуатаційною роботою (УкрДАЗТ)

Розробка методики визначення кількості ниток графіку руху спеціалізованих поїздів на залізничному напрямку за умови дотримання технічних і технологічних обмежень

Робота присвячена питанню дослідження пропускної спроможності транспортних коридорів в умовах пропуску спеціалізованих поїздів за жорстким графіком руху.

Ключові слова: залізничний напрямок, пропускна спроможність, система просування потужних вагонопотоків, спеціалізований поїзд, жорсткі нитки графіку

Вступ

Одним із напрямків розвитку транспортної системи України є підвищення перевізної спроможності основних залізничних напрямків за принципом єдиного транспортного коридору. В умовах забезпечення стійкого процесу перевезення вантажів на окремих залізничних напрямках особливого значення набуває задача вибору способів ефективного прискорення пропуску потужних поїздопотоків з урахуванням технічних і технологічних можливостей інфраструктури залізниць [1].

Постановка проблеми

Виходячи із визначених підходів інтенсифікації перевізного процесу, практичного досвіду організації руху вантажних поїздів підвищеної маси та довжини на окремих лініях залізниць України доцільним є проведення дослідження щодо можливості та ефективності реалізації на окремих напрямках моделі перевізного процесу на основі змішаного підходу з частковим використанням жорстких спеціалізованих за призначенням ниток графіку руху вантажних поїздів підвищеної маси для просування потужних високопріоритетних вантажопотоків [2, 3]. Під поняттям “жорсткі нитки графіку” слід розуміти по суті ув’язані по дільницям прямування високопріоритетні спеціалізовані за призначенням нитки графіку руху, з гарантією часу проходження вантажного поїзду до станції призначення вантажу.

Рішення проблеми

Впровадження запропонованої технології роботи напрямку потребує теоретично обґрунтованого визначення максимально можливої кількості ниток графіку для пропуску спеціалізованих поїздів на напрямку. Для рішення цього завдання необхідним є проведення дослідження пропускної спроможності станцій та дільниць напрямку в умовах пропуску спеціалізованих поїздів.

Максимально можливу кількість ниток, яку можна прокласти на графіку для пропуску спеціалізованих поїздів підвищеної маси та довжини (більше 71 ум.ваг), обмежує існуюча місткість приймально-відправних колій проміжних та технічних станцій напрямку для забезпечення безперешкодного пропуску високопріоритетних поїздопотоків. Основою слідування спеціалізованих поїздів по дільницях є дотримання гарантійного коридору нитки графіку. Порівняння часових параметрів при слідуванні спеціалізованого поїзду у межах коридору з часом обробки поїздів на технічній станції доводить, що обмежуючою ланкою в ланцюгу буде «прилегла дільниця – технічна станція», де час обробки з урахуванням незапланованих відхилень перевищує час слідування поїздів по дільниці. Таким чином, розвиток саме технічних станцій, на яких здійснюється зупинка та обробка бригадами ПТО, є вирішальним при формуванні «надійності» жорсткої нитки.

Як відомо, безперешкодний прийом спеціалізованих поїздів на технічну станцію забезпечується із умови [4]

$$I_{\text{спец}}^{\text{ср}} \geq \frac{t_{\text{обр.н.}}}{n_{\text{н.-в.}}}, \text{ або } I_{\text{спец}}^{\text{мін}} = \frac{t_{\text{обр.н.}}}{n_{\text{н.-в.}}}, \quad (1)$$

де $I_{\text{спец}}^{\text{ср}}$, $I_{\text{спец}}^{\text{мін}}$ – відповідно середній та мінімальний інтервал між прибуттям спеціалізованих поїздів підвищеної довжини;

$t_{\text{обр.н.}}$ – час на обробку спеціалізованого поїзду на технічній станції напрямку (зміна локомотива або бригади, технічний та комерційний огляд, приймається з технологічних процесів станцій);

$n_{\text{н.-в.}}$ – кількість приймально-відправних колій в парку приймання, що вміщують состав поїзда у

© А.В. Прохорченко, 2013

кількості 65-71 умовних вагонів і більше. При визначенні максимальної кількості подовжених приймально-відправних колій слід приймати й варіанти приймання поїздів з урахуванням “буферних” горловин парків.

Для визначення мінімального інтервалу між прибуттям спеціалізованих поїздів підвищеної довжини на залізничному напрямку необхідно для кожної технічної станції напрямку відповідно до виразу (1) розрахувати $I_{спец}^{min}$. Виходячи з умови рівномірного підведення спеціалізованих поїздів у парк приймання технічних станцій на напрямку за обмежуючий інтервал $I_{спец}^{min}$, слід прийняти максимальний по одній із технічних станцій напрямку (рис. 1). Вихідними даними для проведення розрахунків повинні бути діючі технологічні процеси роботи станцій на напрямку, що досліджується.

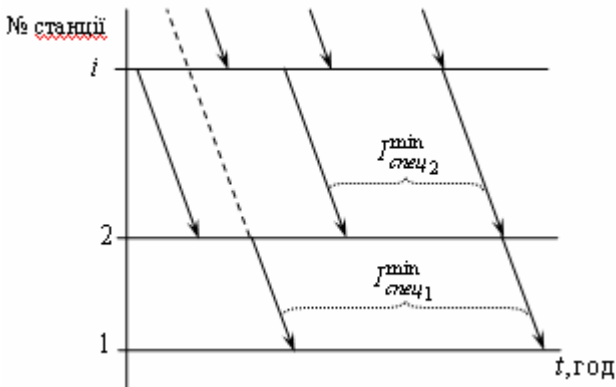


Рисунок 1 – Інтенсивність підводу спеціалізованих поїздів в приймально-відправний парк технічної станції

Виходячи із умов рівномірного прокладання поїздів за періодами доби, інтервал між поїздами можна орієнтовно визначити таким чином: визначається загальний час, який може бути використаний для прокладання прямих вантажних поїздів, як сума вільних смуг на обмежуючому перегоні після прокладання пасажирських, збірних та інших категорій поїздів. Одержаний бюджет часу для прокладки спеціалізованих поїздів ділиться на інтервал $I_{спец}^{min}$ і отримується кількість ниток графіку спеціалізованих поїздів

$$N_{спец}^{техн.стан} = \frac{1440 - \sum N_{пс} \epsilon T_{пер}}{I_{спец}^{min}} \quad (2)$$

За умовами роботи технічних станцій спеціалізовані поїзди одного напрямку можуть пропускатися лише одиночними. При цьому в

розрахунках слід приймати, що після відправлення одного такого поїзда наступний цього напрямку може бути відправлений через інтервал або період часу, який визначається з обмежуючих умов роботи дільниці та технічної станції (максимальний час між поїздами і є інтервалом, що практично можна реалізувати).

Відповідно до аналізу нормативного технологічного часу на обробку вантажного поїзда по технічним станціям залізничних напрямків України, можна зробити висновок, що жорстке дотримання встановленого часу на обробку спеціалізованих поїздів дозволяє забезпечити ритмічне попутне слідування спеціалізованих поїздів, а враховуючи мінімальний інтервал, з яким можна прокласти такі поїзди на напрямку з урахуванням обмеження по умовам функціонування дільниць, доцільно розглядати питання щодо збільшення груп оглядачів вагонів для прискорення обробки спеціалізованих поїздів. Такий підхід дозволить синхронізувати роботу технічної станції і прилеглих дільниць напрямку та прискорити пропуск пріоритетного поїздопоток.

Окрім обмежень по технології роботи технічних станцій на кількість ниток графіку руху спеціалізованих поїздів на залізничному напрямку впливає й пропускна спроможність дільниць напрямку, яка в більшій мірі залежить від технічного оснащення, зокрема кількості подовжених приймально-відправних колій на проміжних станціях дільниці.

На першому етапі згідно з Інструкцією [5] необхідним є визначення обмежуючої дільниці на залізничному напрямку. Отже, дільниця напрямку з найменшою пропускною спроможністю визначає результативну пропускну спроможність напрямку в цілому. Згідно з [5] необхідним є визначення на паралельному графіку максимально можливої кількості ниток для руху звичайних вантажних поїздів $N_{ван}^{max}$.

Якщо прийняти за $N_{ван}^{max}$ – число ниток на графіку руху, що призначені для вантажного руху, а через $N_{ван}$ та Q – відповідно число та маса звичайних вантажних, що пропускаються на напрямку поряд із спеціалізованими поїздами ($N_{спец}$), то загальну пропускну спроможність дільниці $N_{ван}^{заг}$ (пар поїздів) для вантажного руху при пропуску частини поїздів, як категорії спеціалізованих з вагою $Q_{спец}$ можна записати

$$N_{ван}^{заг} = \frac{(1-\alpha_{спец})\Gamma}{Q} + \frac{\alpha_{спец}\Gamma}{Q_{спец}} =$$

$$= (1-\alpha_{спец})N_{ван}^{max} + \alpha_{спец} \frac{N_{ван}^{max} Q_{спец}}{Q} \quad (3)$$

де Γ – вантажопотік на напрямку;

$\alpha_{спец}$ – доля вагонопотоку, що освоюється

спеціалізованими поїздами;

$(1-\alpha_{спец})N_{ван}^{max}$ – число звичайних вантажних

поїздів вагою Q ;

$\alpha_{спец} \frac{N_{ван}^{max} Q_{спец}}{Q}$ – число спеціалізованих поїздів

вагою $Q_{спец}$

Збільшення перевізної потужності напрямку при використанні спеціалізованих поїздів, у порівнянні з пропуском звичайних вантажних поїздів уніфікованої ваги, характеризується долею ниток в графіку для пропуску спеціалізованих поїздів, яку можна вивести із виразу (3)

$$\alpha_{спец} = \frac{N_{ван}^{max} - N_{ван}^{заг}}{N_{ван}^{max} + N_{ван}^{max} \frac{Q_{спец}}{Q}} \quad (4)$$

Якщо позначити $\frac{Q_{спец}}{Q} = \Delta_{спец}$, то загальну

пропуску спроможність дільниці $N_{ван}^{заг}$ можна переписати як

$$N_{ван}^{заг} = N_{ван}^{max} (\alpha_{спец} (\Delta_{спец} - 1) + 1) \quad (5)$$

Приймаючи за умову $N_{спец} = \alpha_{спец} \frac{N_{ван}^{max} Q_{спец}}{Q}$ та

відповідно до виразу (4), число ниток спеціалізованих поїздів можна виразити формулою

$$N_{спец} = N_{ван}^{заг} - N_{ван}^{max} + \alpha_{спец} N_{ван}^{max} \quad (6)$$

Підставивши до виразу (6) загальну пропуску спроможність дільниці $N_{ван}^{заг}$, що записана за формулою (5), можна визначити залежність спеціалізованих поїздів від максимальної пропуску спроможності дільниці $N_{ван}^{max}$:

$$N_{спец} = \alpha_{спец} N_{ван}^{max} (\Delta_{спец} - 1) + N_{ван}^{max} - N_{ван}^{max} + \alpha_{спец} N_{ван}^{max} \quad (7)$$

↓

$$N_{спец} = \alpha_{спец} N_{ван}^{max} (\Delta_{спец} - 1) + \alpha_{спец} N_{ван}^{max} \quad (8)$$

↓

$$N_{спец} = \alpha_{спец} N_{ван}^{max} \Delta_{спец} \quad (9)$$

Згідно з прийнятою схемою прокладки поїздів через обмежувальний перегін можна визначити період графіку та перевірити мінімально необхідну кількість проміжних станцій з подовженими приймально-відправними коліями. Розрахунок потрібної кількості проміжних роздільних пунктів з однією подовженою колією при “жорсткому” графіку руху спеціалізованих поїздів зводиться до наступного. Так як у русі знаходяться не тільки спеціалізовані поїзди, а ще й поїзди інших категорій (збірні, прискорені, просто вантажні на увазі нерівномірності руху), то на графіку спеціалізовані та одинарні поїзди чергуються, внаслідок чого інтервал між спеціалізованими поїздами або, що теж саме, період графіка спеціалізованих поїздів $T_{спец}$ значно більший періоду графіка обмежувального перегону $T_{пер}$.

Якщо врахувати, що поїзди з вищою швидкістю займають на графіку певний час, і тим самим знімають частину пропуску спроможності, тоді період графіка для пропуску спеціалізованих поїздів можна визначити за методикою І.Г. Тихомирова [4, 5]

$$T_{спец} = \frac{1440 - \sum N_{nc} \epsilon T_{пер} j}{N_{спец}} = \frac{1440 - \sum N_{nc} \epsilon T_{пер} j}{\alpha_{спец} N_{ван}^{max} \Delta_{спец}} \quad (10)$$

де $\sum N_{nc} \epsilon$ – кількість поїздів зі швидкістю, що відрізняється від швидкості звичайних вантажних поїздів – пасажирських, прискорених, збірних та їх коефіцієнти з'йому;

$T_{пер}$ – період графіку на обмежувальному перегоні.

j – коефіцієнт не ідентичності перегонів на розрахунковій дільниці [4].

Так як періоди графіка перегонів дільниці будуть менше періоду $T_{спец}$, то такі перегони можна об'єднувати для пропуску спеціалізованих поїздів. Тоді число перегонів $P_{граф}$, що можна об'єднати у загальний період, або порядковий номер станції з подовженою приймально-відправною колією можна знайти за виразом

$$P_{граф} = n_i = \frac{T_{спец}}{T_{пер}j} = \frac{1440 - \sum N_{nc} \epsilon T_{пер}j}{\alpha_{спец} N_{ван}^{max} \Delta_{спец} T_{пер}j} \quad (11)$$

Кількість схрещень спеціалізованих поїздів на їх пару або число проміжних роздільних пунктів, на яких необхідно мати одну приймально-відправну колію місткістю, яка дозволить здійснити схрещення таких поїздів,

$$k_{сх} = n_{подов}^{ван} = \frac{(n+1)}{P_{граф}} - 1 = \frac{(n+1)\alpha_{спец} N_{ван}^{max} \Delta_{спец} T_{пер}j}{1440 - \sum N_{nc} \epsilon T_{пер}j} - 1 \quad (12)$$

де n – кількість проміжних станцій на дільниці.

Обіг на дільниці пасажирських поїздів у поєднанні зі спеціалізованими збільшує потребу у роздільних пунктах з подовженими коліями. Відомо, що кількість схрещень вантажного поїзда з пасажирськими дорівнює відношенню суми часу ходу по дільниці вантажного та пасажирського поїздів ($T_{ван} + T_{пс}$) до середнього інтервалу між пасажирськими поїздами ($1440:N_{пс}$). Тоді число проміжних станцій з подовженими коліями для забезпечення схрещення спеціалізованих поїздів з пасажирськими розраховується за виразом

$$n_{подов}^{пс} = \frac{(T_{ван} + T_{пс}) \cdot N_{пс}}{1440} = \frac{(1 + \Delta) \cdot N_{пс} \cdot T_{ван}}{1440} \quad (13)$$

де Δ - відношення часу руху по дільниці пасажирського та вантажного поїздів.

Час ходу вантажного поїзда по дільниці можна замінити добутком половини періоду графіка обмежуючого перегону на кількість перегонів $(n + 1)$.

Тоді

$$n_{подов}^{пс} = \frac{(1 + \Delta) \cdot N_{пс}}{1440} \cdot \frac{(n+1) \cdot T_{пер}}{2} = \frac{(1 + \Delta) \cdot (n+1) \cdot N_{пс} \cdot T_{пер}}{2880} \quad (14)$$

Загальне число проміжних роздільних пунктів з подовженими коліями для забезпечення схрещення подовжених поїздів з подовженими та пасажирськими

$$n_{подов} = n_{подов}^{ван} + n_{подов}^{пс} \quad (15)$$

Кількість об'єднаних перегонів P або порядковий номер роздільних пунктів з подовженими коліями n_1 визначається

$$P_{граф} = n_1 = \frac{n+1}{n_{подов} + 1} = \frac{n+1}{n_{подов}^{ван} + n_{подов}^{пс} + 1} \quad (16)$$

Для прикладу в дослідженні проведено моделювання залежності порядкового числа станцій з подовженими приймально-відправними коліями від розмірів руху спеціалізованих поїздів, пасажирських поїздів і періоду графіка на дільниці Полтава-Півд – Кременчук, рис. 2. Згідно до діючих умов функціонування розрахункової дільниці були прийняті наступні вихідні дані: $N_{пс} = 11 пар$, $N_{зб} = 1 пар$, $N_{ван}^{max} = 29 пар$; $n = 12 станцій$, $Q_{спец} = 6000 м$, $Q = 4600 м$. Слід зазначити $N_{ван}^{max}$ можна приймати як наявну пропускну спроможність, так і згідно кількості ниток для вантажних поїздів за діючих умов роботи дільниці (нормативний графік руху поїздів).

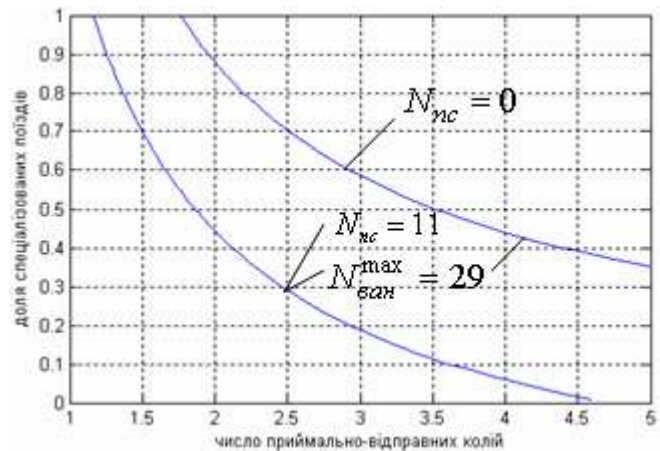


Рисунок 2 – Графік залежності порядкового числа станцій з подовженими приймально-відправними коліями від розмірів руху спеціалізованих поїздів, пасажирських поїздів і періоду графіка на дільниці Полтава-Півд. – Кременчук

На рисунку 2 показана залежність кількості подовжених колій, що необхідно мати на дільниці Полтава-Півд. – Кременчук для безперешкодного проведення схрещень пасажирських поїздів із спеціалізованими, так для обігу тільки пасажирських поїздів $n_{подов}^{пс} = 2,75 \approx 3 р.л.$, тобто кожна третя

проміжна станція на дільниці повинна мати подовжену колію.

Із номограми на рис. 2 видно, що при відсутності пасажирських поїздів ($N_{nc} = 0$) є можливість об'єднувати по 4-5 перегонів, тобто необхідно небагато роздільних пунктів з подовженими коліями. При збільшенні числа пасажирських поїздів різко зменшується число перегонів, що об'єднуються. Ця ж тенденція спостерігається і при збільшенні доли спеціалізованих поїздів на дільниці.

Відповідно до номограм залежності порядкового числа станцій з подовженими приймально-відправними коліями від розмірів руху спеціалізованих та пасажирських поїздів (рис. 2-3) можна зробити висновок, що при незначній різниці між наявною і потрібною пропускною спроможністю, коли доля спеціалізованих поїздів не перевищує 0,3-0,4, можна організувати рух за "жорстким" графіком з мінімальною необхідною кількістю подовжених колій (3-4 колії). Організація пропуску спеціалізованих поїздів за звичайними (не жорсткими) нитками руху вантажних поїздів потребує наявності на всіх роздільних пунктах дільниці подовжених колій для розміщення таких поїздів.

Практичний досвід та згідно досліджень [6] тільки для 10 % зупинок необхідно по дві подовжені колії на одному роздільному пункті. Експериментальні графіки руху, що побудовані для конкретних дільниць, показали, що навіть при розмірах руху пасажирських поїздів на одноколіїних дільницях (10 – 15 пар) не потрібні роздільні пункти з двома подовженими приймально-відправними коліями.

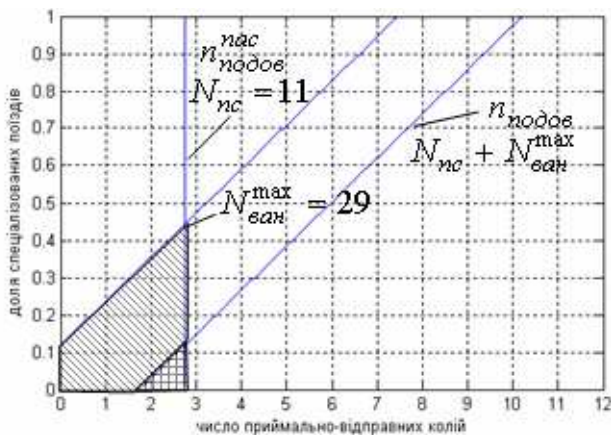


Рисунок 3 – Графік залежності порядкового числа станцій з подовженими приймально-відправними коліями від розмірів руху спеціалізованих поїздів і пасажирських поїздів на дільниці Полтава-Півд. – Кременчук

Відповідно до аналізу відомостей місткості колій на дільниці Полтава – Кременчук фактично є 3 подовжені колії, що на номограмі рис. 3 дозволяє побудувати область можливої реалізації технології пропуску спеціалізованих поїздів. Так в умовах безперешкодного руху всіх категорій поїздів без впливу на експлуатаційну ситуацію на дільниці доля спеціалізованих поїздів від загальної кількості ниток графіку становить 0,15 (15%), тоді з практичної точки зору в умовах незначних впливів на експлуатаційну ситуацію та при збільшенні кількості схрещень можливим є реалізація долі спеціалізованих поїздів до 0,45 (45 %). Згідно (10) можна визначити кількість ниток спеціалізованих поїздів на дільниці

$$N_{спец} = \alpha_{спец} N_{ван}^{max} \Delta_{спец} = 0,45 \cdot 29 \cdot \frac{6000}{4600} = 17,02 \approx 17 \text{ ниток.}$$

В умовах безперешкодного руху:

$$N_{спец} = 0,12 \cdot 29 \cdot \frac{6000}{4600} = 4,53 \approx 4 \text{ нитки.}$$

В кінці розрахунків для визначення кількості ниток графіку руху спеціалізованих поїздів на залізничному напрямку з урахування всіх обмежень зіставляються знайдені значення кількості ниток поїздів, що визначені за умови технології роботи технічних станцій та дільниць на напрямку. Найменше значення слід прийняти як результативну пропускну спроможність для пропуску спеціалізованих вантажних поїздів підвищеної довжини.

Висновки

Запропонована вище методика дозволить на етапі теоретичних досліджень визначити технічні і технологічні можливості залізничних напрямків в частині пропуску спеціалізованих поїздів за жорстким графіком руху. Це в свою чергу надасть можливість встановити обґрунтовані вимоги до складання графіку руху поїздів на залізничному напрямку, що в свою чергу, підвищить стабільність графіку руху, а отже і пропускну спроможність напрямку в цілому.

Література

1. Организация эксплуатационной работы железнодорожных направлений. Чернюгов А.Д. Транспорт, (Труды Всесоюз. науч.-исслед. ин-та ж.-д. транспорта.), 1975. – Вып. 547. – 128 с.
2. Бутько Т.В. Формування логістичної технології просування вантажопотоків за жорсткими нитками графіку руху поїзді/ Т.В. Бутько, Д.В. Ломотько, А.В. Прохорченко, К.О. Олійник // Зб.наук.праць. – Харків:УкрДАЗТ, 2009. – Вып.111. – С. 23-30.
3. Розробка технології автоматизації корегування ПФП в умовах нерівномірного виникнення

потужних струменів вагонопотоків: звіт з НДР/ Українська державна академія залізничного транспорту; керівник Бутько Т.В.; відповідальний виконав. Прохорченко А.В. [та ін.]. – Х., 2010. – 273 с. – ДО № 0211U005391.

4. Организация движения на железнодорожном транспорте. Ч.2. / И.Г.Тихомиров, П.А. Сыцко, П.С. Грунтов и др.; Под общ.ред. И.Г. Тихомирова//. -3е изд. – Мн.:Выш. школа, 1979. – 224 с.
5. Інструкція з розрахунку наявної пропускної спроможності залізниць України ЦД-0036 затвердженої наказом Укрзалізниці від 14 березня 2001 р. № 143/Ц; навч.-метод. посіб./ О.Ф. Вергун, Н.В. Липовець, В.М. Боголій. –К.: Транспорт України, 2002. – 376 с.
6. Шульженко П.А. Методика технико-экономических расчетов при усилении линии для пропуска сдвоенных поездов (Учебное пособие)/ П.А. Шульженко // БелИИЖТ. – Гомель. – 1972. – 61 с.

Прохорченко А.В. Разработка методики определения количества ниток графика движения специализированных поездов на железнодорожном направлении при условии соблюдения технических и технологических ограничений. Работа посвящена вопросу исследования пропускной способности транспортных коридоров в условиях пропуска специализированных поездов по твердому графику движения.

Prohorchenko A.V. The development of methodology of the determination of the amount of train paths of extra train schedules on railway directions on condition of upholding of technical and technological restrictions. The present work is devoted to the study of transport corridors traffic capacity under the conditions of extra trains passing according to the fixed train schedule.

Рецензент д.т.н., професор Котенко А.М. (УкрДАЗТ)

Поступила 19.03.2013г.