



УДК 656.22

RAILWAY CAPACITY IN THE PRESENCE OF HIGH-SPEED TRAFFIC ПРОПУСКНА СПРОМОЖНІСТЬ ЗАЛІЗНИЧНОГО НАПРЯМКУ ЗА УМОВ ШВИДКІСНОГО РУХУ

Kalashnikova T./Калашнікова Т.Ю.

s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-6563-5945

Kucheruk Y./Кучерук Ю.В.

Master /Магістр

Kugay O. / Кугай О.Ю.

Master /Магістр

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Feuerbach sq. 7, 610050

Анотація. Розглянуто можливість реформування залізниць загального користування України у вигляді реалізації «європейської» моделі функціонування ринку залізничних перевезень, що передбачає надання пропускнув спроможності та «ниток» графіку окремим перевізникам, у тому числі і міжнародним. Досліджено сучасний стан залізничних перевезень щодо тенденції попиту. Проведено аналіз основних методів розрахунку пропускнув спроможності. Моделюванням пропускнув спроможності на найбільш завантаженому залізничному напрямку визначено оптимальне співвідношення параметрів: кількості поїздів за одиницю часу, стійкості руху поїздів, кількості типів поїздів та швидкості руху поїздів.

Ключові слова: пропускнув спроможність, графік руху поїздів, залізничний напрямок, пасажирський рух, високошвидкісний рух.

Вступ. Спираючись на прийнятий розвиток економіки країни [1], єдиним успішним напрямком реформування залізниць загального користування України є реалізація «європейської» моделі функціонування ринку залізничних перевезень. Фундаментальною основою такого ринку є створення умов для започаткування недискримінаційного доступу до інфраструктури та послуг.

В цьому напрямку Європейською комісією розроблено Директиву 2007/58/ЄС [2] про розподіл пропускнув спроможності залізничної інфраструктури та стягнення плати за користування залізничною інфраструктурою, що передбачає відкриття ринку міжнародних пасажирських послуг для конкуренції з 1 січня 2010 року.

Таким чином, для вітчизняних залізниць стає необхідним розробка заходів щодо нового підходу в розрахунку пропускнув спроможності та процедури надання «ниток» графіку окремим перевізникам, у тому числі і міжнародним.

Основний текст. З метою визначення сучасного стану залізничних перевезень щодо тенденції попиту, на підставі зібраного статистичного матеріалу по якісних та кількісних показниках роботи однієї з дирекцій залізничних перевезень УЗ проведено його аналіз по обсягах відправлених та пропущених поїздів різних категорій, а також якості виконання графіку руху поїздів (ГРП).

За результатами статистичних спостережень визначено прогнозовану тенденцію по прослідуюванню та відправленню поїздів всіх категорій (рисунок 1) одного з підрозділів УЗ. Обидві тенденції мають характер спаду, а саме:

по прослідуюванню $y = -8453 \cdot x + 19605$;



по відправленню $y = -2800 \cdot x + 10046$.

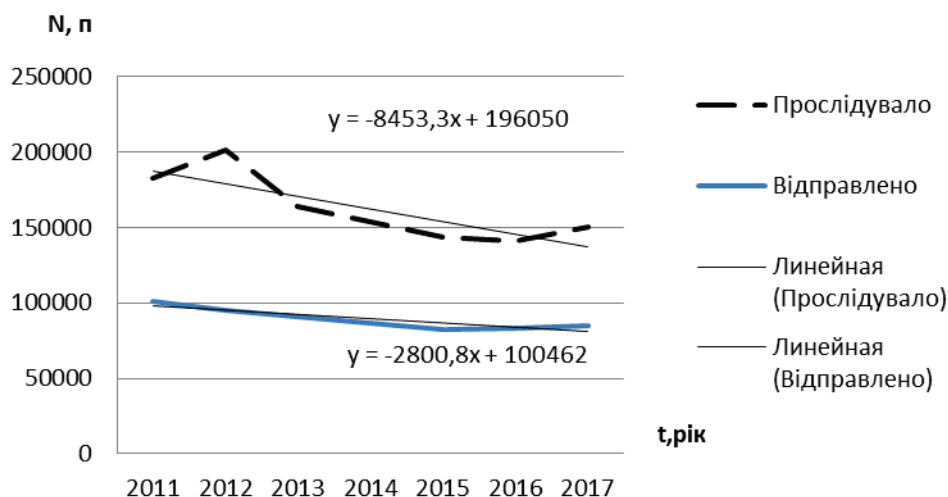


Рис. 1 - Динаміка і прогнозна тенденція відправлення та прослідування поїздів по всіх категоріях

Аналіз показника виконання графіку руху поїздів по дирекції залізничних перевезень за 12 місяців періоду з 2011 по 2017 роки дозволяє визначити його межі- від 91,5% (2011 рік) до 99,9% (2013 рік), що свідчить про можливість і необхідність його покращення, особливо за умов недискримінаційного надання доступу до пропускнуої спроможності та «ниток» графіку.

Як показав розбір випадків затримок поїздів у закритих вхідних сигналів і щодобовий аналіз роботи диспетчерського апарата, основними причинами затримок поїздів у закритих вхідних сигналів є: надання «вікон»; порушення нормальної роботи пристроїв СЦБ і зв'язку, контактної мережі; пропуск пасажирських, приміських поїздів, а також віддалення вантажних поїздів.

У зазначених умовах функціонування дирекції при тенденції зниження обсягів її роботи та необхідності підвищення конкурентоздатності стає необхідною розробка заходів щодо покращення значень якісних і кількісних показників.

Започаткування недискримінаційного доступу до інфраструктури та послуг у сфері залізничних перевезень з наданням графікового розкладу окремим перевізникам стає можливим при стовідсотковому виконанні ГРП та врахуванні існуючих потужностей пропускнуої спроможності.

На даний час наявна пропускна спроможність на залізницях України встановлюється для ділянок залізничних ліній з однаковим на всьому напрямку технічним оснащенням, потужністю вантажопотоку і розмірами пасажирського руху. У загальному вигляді пропускна спроможність перегону (поїздів, пар поїздів- на одноколінійній лінії) для переважної категорії поїздів виражається залежністю:

$$N = (1440 - t_{\text{техн}}) \alpha_n / T_{\text{пер}} \quad (1)$$



де t_{texn} – тривалість технологічного вікна, хв;
 α_n – коефіцієнт надійності роботи технічних пристроїв;
 T_{per} – період графіку на обмежувальному перегоні, хв.

В умовах пропуску по напрямку поїздів різних категорій (непаралельний графік) пропускна спроможність для вантажного руху (при його перевазі) виражається кількістю вантажних поїздів заданої маси і швидкості, які можуть бути пропущені по ділянці або лінії при обертанні заданої кількості пасажирських, прискорених вантажних і збірних поїздів з урахуванням коефіцієнту знімання. Резерв пропускної спроможності встановлюється за техніко-економічних міркувань і виражається різницею між наявною (або спроектованою) пропускною спроможністю і потрібною, тобто заданою (або планованою) на перспективу.

Автором теорії трифазного трафіку Б.С. Кернером, зроблено висновок, що існує нескінченна кількість значень пропускної спроможності у вільному потоці [3], наприклад, потоці поїздів. Ця нескінченна кількість значень пропускної спроможності знаходиться в діапазоні між мінімальним q_{th} і максимальним q_{max} значеннями пропускної спроможності (рис. 2).

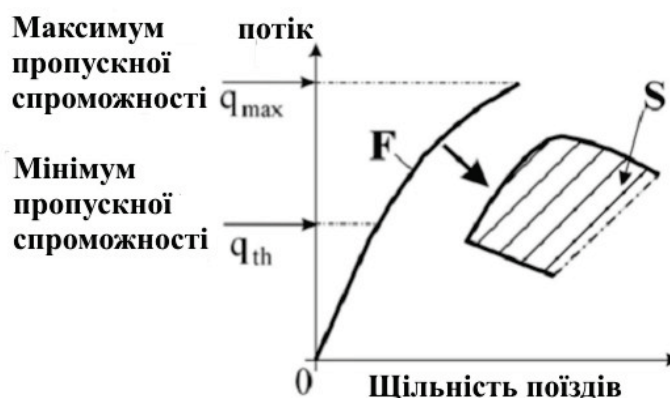


Рис. 2 – Максимум і мінімум пропускної спроможності залізничної дільниці в теорії трьох фаз Кернера

Якщо величина потоку близька до максимального значення пропускної спроможності q_{max} , то вже досить мале збурення у вільному потоці поблизу вузького місця призведе до спонтанного $F \rightarrow S$ фазового переходу. З іншого боку, якщо величина потоку близька до мінімального значення пропускної спроможності q_{th} , то тільки збурення дуже великої амплітуди здатне призвести до спонтанного $F \rightarrow S$ фазового переходу.

Нескінченна кількість значень пропускної спроможності дільниці поблизу вузького місця може бути пояснено тим, що вільний потік при значеннях величини потоку q в діапазоні між мінімальним та максимальним значеннями є метастабільним, тобто при малих збуреннях вільний потік зберігається, тоді як при великих збуреннях вільний потік є нестійким.

В умовах існуючого переважно вантажного руху на УЗ, пропускна



спроможність ділянки напрямку для пришвидшеного або високошвидкісного руху з урахуванням зазначеної теорії може бути визначеним за формулою:

$$Q_{\text{випр}} = Q_{\text{пр.сн.існ.}} - \varepsilon * n \quad (2)$$

$Q_{\text{випр}}$ - пропускна спроможність ділянки напрямку для швидкісного або високошвидкісного руху;

$Q_{\text{пр.сн.існ.}}$ – існуюча пропускна спроможність поїздів переважної категорії;

ε - коефіцієнт зняття;

n - загальна кількість поїздів, що рухаються з іншою швидкістю.

Врахувати різні категорії поїздів при визначенні пропускної спроможності дозволяє європейський підхід формування варіантів організації руху (в загальному випадку- різношвидкісного, змішаного), де пропускна спроможність визначається співвідношенням різних значень параметрів: кількістю поїздів за одиницю часу, стійкістю руху поїздів, кількістю типів поїздів та швидкістю поїздів.

При цьому кількість поїздів задається попитом. Стійкість руху поїздів оцінюється як вплив 1 хвилини затримки одного поїзда на затримки інших поїздів в розкладі, яка в загальному випадку характеризується максимально можливою затримкою поїздів, що не тягне за собою запізнення наступного поїзда; величина відносна, позначає максимально допустиму межу запізнення. Кількість типів поїздів визначається ринком перевізників, а швидкість-конструктивними особливостями рухомого складу.

Теоретично пропускна спроможність представляється у вигляді чотиригранної фігури, кути якої утворені значеннями параметрів на відповідних вісях. Довжини граней фігури L1, L2, L3, L4 вказують на взаємозв'язок параметрів пропускної спроможності в рамках моделі (рис. 3) при умові, що $L1+L2+L3+L4=Constant$.

Для одного з найбільш завантаженого напрямку обраного підрозділу УЗ проведено моделювання пропускної спроможності, що враховує зазначені параметри (рис. 3). При існуючій кількості поїздів -6 на годину, максимальній швидкості на ділянці 100 км/год, пропуску трьох типів поїздів стійкість руху становить 2 хвилини. Залучення навіть одного додаткового поїзду зі швидкістю більшою ніж 100км/год на зазначеному напрямку порушує стійкість руху та виводить її за припустиму межу. Введення ж одного поїзда підвищеної швидкості можливо за рахунок заміни іншого на даному напрямку та забезпечує стійкість руху у 1 хвилину при швидкості близько 112 км/год. Результатами моделювання визначено обмеженість пропускної спроможності даної ділянки та необхідність розробки додаткових заходів щодо її посилення.

Аналіз наведених залежностей по залізницях світу та УЗ свідчить, що при експлуатації поїздів різного типу на лінії, нехай навіть з близькими ходовими швидкостями, допустима величина стійкості руху різко падає. Той же ефект досягається при експлуатації великої кількості поїздів одного типу. Очевидним стає той факт, що при скороченні інтервалів між поїздами стійкість руху також знижується.

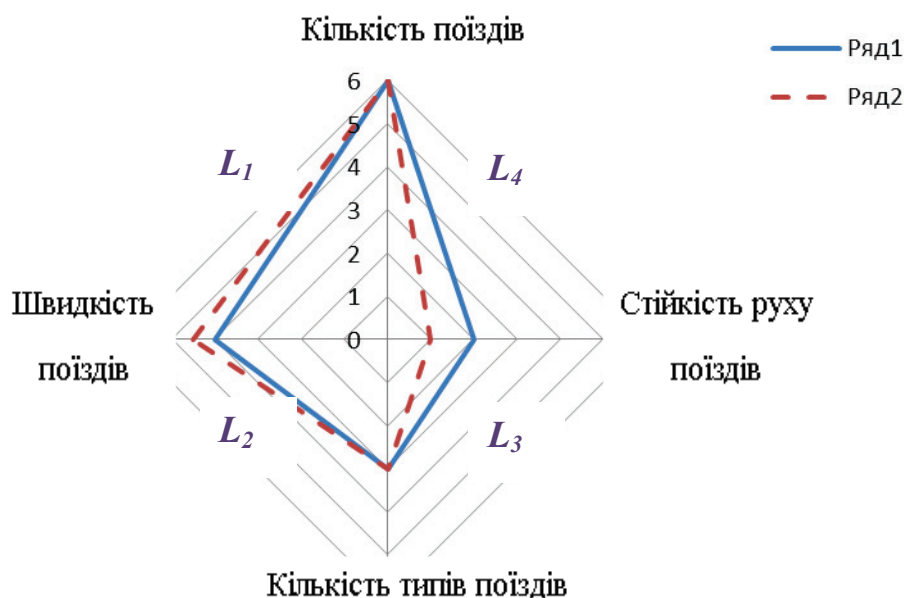


Рис. 3- Результати визначення параметрів пропускної спроможності найбільш завантаженого напрямку при існуючих параметрах (ряд 1) та запропонованих (ряд 2)

Авторская разработка

Висновки. Таким чином, для забезпечення стійкого руху на напрямку при 100%-му виконанні графіку руху в умовах реформування УЗ, доцільним є побудова додаткових колій (магістралей) по окремих напрямках з метою організації руху пришвидшених, а на перспективу і високошвидкісних пасажирських поїздів.

Література

1. Association Agreement between the European Union and its Member States, of the one part, and Ukraine, of the other part / Official Journal of the European Union (OJ L 161), 2014– 2137 p.
2. Directive 2007/58/EC of 23 October 2007 amending amending Council Directive 91/440/EEC on the development of the Community's railways and Directive 2001/14/EC on the allocation of railway infrastructure capacity and the levying of charges for the use of railway infrastructure / THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION // Official Journal of the European Communities (OJ L 315/44), 2007.– 7 p.
3. Kerner B.S. Introduction to Modern Traffic Flow Theory and Control. – Berlin: Springer, 2009. – 278 p.

Abstract. Considered the possibility of reforming the general railways of Ukraine in the form of implementation of the "European" model of the functioning of the railroad market, which provides for the provision of railway capacity and thread schedules for individual carriers, including international ones. The present state of railway transportation in relation to the demand trend is investigated. The analysis of basic methods of calculating the railway capacity. The simulation of the railway capacity at the most loaded railway line determined the optimal ratio of parameters: the number of trains per unit time, trains stability, the number of train types and the



speed of trains

Key words: *railway capacity, train traffic schedule, railroad direction, passenger traffic, high speed traffic.*

References:

1. Association Agreement between the European Union and its Member States, of the one part, and Ukraine, of the other part / Official Journal of the European Union (OJ L 161), 2014–2137 p.
2. Directive 2007/58/EC of 23 October 2007 amending amending Council Directive 91/440/EEC on the development of the Community's railways and Directive 2001/14/EC on the allocation of railway infrastructure capacity and the levying of charges for the use of railway infrastructure / THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION // Official Journal of the European Communities (OJ L 315/44), 2007.– 7 p.
3. Kerner B.S. Introduction to Modern Traffic Flow Theory and Control. – Berlin: Springer, 2009. – 278 p.

Статью відправлено: 04.04.2018 г.

© Калашнікова Т.Ю., Кучерук Ю.В., Кугай О.Ю.