

Стаття прийнята 26.09.2016 р.

УДК 656.22

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ
ТРАНСПОРТІ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ РОЗКЛАДІВ**

Канд. техн. наук О. А. Малахова, А. О. Губіна, А. С. Некрасова

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК НА
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕОРИИ
РАСПИСАНИЙ**

Канд. техн. наук О. А. Малахова, А. А. Губина, А. С. Некрасова

**IMPROVEMENT PASSENGER TRAFFIC BY RAILROAD TRANSPORT EN USING
THEORY BASED ON RASPYSANYU**

Cand. of Tech. Sc. O.A. Malakhova, A. O. Hubina, A. S. Nekrasova

У статті розглянуто сучасний потенціал залізничного транспорту України та світовий досвід запровадження швидкісного залізничного руху в різних країнах світу. Описано світові моделі реформування залізничного транспорту і напрямки реформування залізничного транспорту в Україні. Також проаналізовано сучасний стан швидкісних поїздів. Для підвищення ефективності функціонування українського залізничного транспорту підтверджено необхідність вирішення нагальних завдань сьогодення. Періодичність курсування, час відправлення та прибуття поїздів запропоновано визначати на основі теорії розкладів.

Ключові слова: залізничний транспорт, швидкісний рух, прискорений рух, реформування залізничного транспорту, підвищення конкурентоспроможності, пасажир.

В статье рассмотрен современный потенциал железнодорожного транспорта Украины и мировой опыт внедрения скоростного железнодорожного движения в разных странах мира. Описаны мировые модели реформирования железнодорожного транспорта и

направлення реформування залізничного транспорту в Україні. Також проаналізовано сучасне становище швидкісних поїздів. Для підвищення ефективності функціонування українського залізничного транспорту підтверджено необхідність рішення насущних завдань сучасності. Періодичність курсування, час відправлення і прибуття поїздів пропонується визначати на основі теорії розкладів.

Ключевые слова: залізничний транспорт, швидкісне рухання, прискорене рухання, реформування залізничного транспорту, підвищення конкурентоспроможності, пасажир.

In the article the modern potential of Railway Transport of Ukraine and the world experience of introduction of high-speed rail traffic around the world. Described global model railway reform and the direction of the reform of rail transport in Ukraine. the current state of high-speed trains are also analyzed. To improve the efficiency of the Ukrainian railway transport confirmed the need to address the pressing problems of our time. Periodchnost cruising, time of departure and arrival of trains proposed to determine on the basis of scheduling problems. The theory of schedules allows you to build and analyze mathematical models of the scheduling (ie, ordering in time) of the various targeted action based on objective function and various restrictions, which include the development and time of departure and arrival of passenger trains on high-speed highways. The "optimal" refers to the minimum or maximum value of which the objective function. Feasible schedule is understood in terms of its feasibility and optimal - in the sense of its feasibility.

Keywords: rail, high-speed traffic, speeding, reform of rail transport competitiveness, passenger.

Вступ. В умовах трансформації світового господарства, переходу на новий рівень економічних відносин значно підвищується роль факторів забезпечення конкурентоспроможності. При цьому ще й викликане економічною кризою падіння обсягів перевезень пасажирів і вантажів значно посилює конкурентну боротьбу на ринку транспортних послуг. Саме тому в умовах конкурентного середовища головним завданням підприємств залишається намагання володіти найбільш оптимальним набором конкурентних переваг, тобто тими засобами, за рахунок яких воно зможе досягти найбільш вигідного положення на ринку транспортних послуг.

На сучасному етапі розвитку України залізничний транспорт України є однією з найважливіших галузей виробничої інфраструктури національної економіки – основною гілкою розвитку транспортної системи України. Розвиток залізничного транспорту України пов'язаний з

реалізацією важливих рішень, серед яких неминуче стратегічне та перспективне реформування галузі залізничного транспорту України та впровадження великомасштабних інноваційних проектів розвитку галузі. Найбільш актуальною сьогодні є організація високошвидкісного пасажирського руху залізничного транспорту для мобільності та легкості пересування громадян по всій території України. Відповідно майбутнє пасажирських перевезень на залізничному транспорті України залежить від подальшого розвитку і удосконалення швидкісних магістралей і створення високошвидкісних залізничних магістралей. Такі нововведення є досить дорогими, але вони допоможуть підвищити конкурентоспроможність залізничного транспорту серед інших видів транспорту в Україні. Саме такий шлях дасть можливість галузі залізничного транспорту зберегти й найефективніше використовувати існуючий науково-технічний потенціал для

структурних і технологічних змін і збереження конкурентних переваг перед іншими видами транспорту.

Розвиток залізничного транспорту спрямований на забезпечення зростаючих потреб у перевезеннях вантажів і пасажирів в умовах зростаючої економіки України за дотримання високих стандартів якості в обслуговуванні споживачів. Це можливо на основі ефективного функціонування й модернізації залізничного транспорту, постійного оновлення техніки, впровадження сучасних технологій обслуговування, вдосконалення процесів організації праці й управління на залізничному транспорті та ін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Реформування залізничного транспорту перш за все проводиться з метою фінансової стабільності залізничних компаній. Так, у роботі [1] показано, що реформа на залізницях Європи проводилася для підвищення конкурентоспроможності як на внутрішньому ринку залізничних транспортних послуг, так і у змішаних перевезеннях. Після реформування транспортна система стала більш відкритою та доступною для користувачів. У роботі [2] відображено розвиток високошвидкісних магістралей (ВСМ) – інструмент для економічної інтеграції досягнень економік Китаю та Європейської Співдружності. Розвиток ВСМ призвів до зміни структури пасажиропотоків [3]. Так, частина пасажиропотоку, що користувалась авіаційним транспортом на невеликих відстанях, почала переважно користуватися найменш витратним залізничним при збереженні авіаційних перевезень на великі відстані. Автор роботи [4] показав, як високошвидкісні магістралі впливають як на національну економіку Китаю в цілому, так і на міський і регіональний розвиток зокрема. Для високошвидкісних магістралей важливим завданням є визначення часу відправлення поїздів. Тому при розробленні графіків руху [5] необхідно враховувати вимоги пасажирів

щодо часу відправлення швидкісних поїздів і графіка руху пасажирських поїздів інших категорій (приміських, міських).

Дослідження з розвитку високошвидкісних магістралей проведено і в роботах вітчизняних авторів, зокрема ефективність впровадження швидкісного руху на залізницях України закладено в праці Г. Кірпи [6]; комплексні результати оцінювання ефективності впровадження швидкісного руху викладені В. Диканем та Ю. Пащенко [7]. Продовжуються дослідження щодо визначення розмірів економії поточних витрат при впровадженні швидкісного руху І. Корженевичем, М. Курганом, Ю. Барашем [8]; аналіз напрямків впровадження швидкісних пасажирських перевезень в Україні та їх недоліки (Н.О. Божок) [9].

Мета дослідження – удосконалення пасажирських перевезень шляхом розвитку швидкісного руху на основі теорії розкладів. Завдання дослідження полягають в аналізі існуючих завдань галузі залізничного транспорту в Україні та визначенні перспективи розвитку шляхом організації та розвитку світового досвіду при переміщенні пасажирів у швидкісних поїздах; формалізації визначення графіків відправлення пасажирів на основі теорії розкладів.

Об'єкт дослідження – організація швидкісного руху на залізничній мережі України.

Предмет дослідження – модернізація галузі залізничного транспорту в Україні.

Викладення основного матеріалу. Транспортна система України представлена розгалуженою мережею автомобільних і залізничних магістралей, трубопроводів, морським, річковим і повітряним видами, які взаємодіють між собою, утворюють єдину транспортну систему держави. При цьому кожен із цих видів транспорту має власну унікальність і техніко-експлуатаційні особливості, які є одночасно конкурентними перевагами кожного з них.

Динаміка вантажообігу та пасажирообороту свідчить, що основним конкурентом залізничного транспорту при транспортуванні вантажів і перевезенні пасажирів на ринку транспортних послуг України виступає автомобільний, що обумовлено розгалуженою мережею автомобільних доріг, значна частина яких пролягає паралельно залізничному полотну. При цьому чітко простежується сегментація ринку: якщо у вантажних перевезеннях залізничний транспорт займає лідируючі позиції, то в пасажирському русі значно поступається автомобільному транспорту. Однак у питаннях швидкості перевезення пасажирів основну конкуренцію залізничному транспорту складає авіаційний транспорт.

На сьогодні Україна має досить розвинуту мережу залізниць. Розвинута залізнична інфраструктура – одна з небагатьох переваг України. З її загальної експлуатаційної протяжності в 22,05 тис. км 67,5 % становлять одноколіїні ділянки; 32,5 – двоколіїні і триколіїні. За звітом про глобальну конкурентоспроможність (The Global Competitiveness Report 2013-2014), за критерієм оцінки залізничної інфраструктури наша країна займає 25-те місце у світі, випереджаючи Росію (31-ше) і Польщу (70-те). Але хронічна нестача грошей на модернізацію з кожним роком робить вітчизняні залізничні перевезення все менш конкурентоспроможними. Значно підвищити конкурентоспроможність залізничного транспорту можна, впроваджуючи та розвиваючи так званий прискорений рух (до 160 км/год) на основі існуючих колій.

З 1 січня 2014 року в Україні курсують 10 швидкісних поїздів “ІНТЕРСІТІ+” з рухомим складом корейського виробництва HYUNDAI та два поїзди “ІНТЕРСІТІ” чеського виробництва “SKODA”. Максимальна швидкість обох видів рухомого складу становить 160 км/год. Найбільшим попитом користуються поїзди “ІНТЕРСІТІ+”, що

курсують між Києвом і Харковом. На цьому напрямку курсують 3 швидкісні поїзди. Висока середня населеність поїздів пояснюється малим терміном поїздки (4 год 36 хв – 4 год 48хв) і зручним графіком руху. На напрямку Київ – Дніпропетровськ – Київ поїзд “ІНТЕРСІТІ+” їде швидше, ніж нічний швидкий поїзд, у 1,5 разу. Але оскільки до Києва здійснюють переважно ділові поїздки, то прибуття денним поїздом до столиці майже о 13.00 є незручним, оскільки людина може не встигнути завершити поїздку за один день. За таких умов зручнішим є нічний швидкий поїзд, який прибуває в Київ о 7.00 годині ранку [7]. Перехід на перевезення пасажирів поїздами “ІНТЕРСІТІ+” стримується наявною кількістю швидкісних поїздів. Також на деяких напрямках денні швидкісні поїзди не можуть скласти конкуренцію нічним швидким поїздам. Причиною низької населеності денних швидкісних поїздів є незручний графік їх курсування, значна тривалість поїздки, висока вартість поїзду.

Підвищення швидкості руху пасажирських поїздів було і залишається однією з основних проблем розвитку залізниць у всіх індустріально розвинутих країнах світу, що викликано прагненням забезпечити масові перевезення пасажирів у регіонах з високою щільністю населення; бажанням скоротити час поїздок пасажирів; необхідністю збільшення провізної здатності існуючих залізничних ліній, економії ресурсів. Світовий досвід свідчить, що підвищення швидкості руху поїздів реалізується поетапно: під швидкісний рух реконструюються існуючі залізничні магістралі, при цьому максимальна швидкість руху пасажирських поїздів не перевищує 160-200 км/год; створюються високошвидкісні спеціалізовані залізничні магістралі, які передбачають можливість руху пасажирських поїздів зі швидкістю 200-350 км/год.

Високошвидкісні залізниці (що також називаються Lignes Grande Vitesse, або

швидкісні лінії LGV) визначаються Міжнародним союзом залізниць і ЄС як стандартні з допустимою максимальною швидкістю понад 200 км/год або як нові лінії з передбаченою максимальною швидкістю понад 250 км/год.

Усі високошвидкісні залізниці типу LGV Великобританії, Франції, Німеччини, Бельгії, Нідерландів, Іспанії та Італії, прокладені протягом останніх 30 років, мають проектну швидкість лінії 300 км/год або більше. Світовий рекорд швидкості належить Японському составу «Маглев», 21 квітня 2015 року на спеціальній дільниці під час випробувань у префектурі Яманасі поїзд зміг розвинути швидкість 603 км/год, на борту був тільки машиніст. На сьогоднішній день Shinkansen є одним з найшвидших поїздів на комерційних маршрутах, його швидкість становить 443 км/год. Першим за швидкістю серед рейкових поїздів, але другим в абсолютному заліку, на планеті (на 2015 рік) є французький TGV POS. Дивним є те, що в момент фіксації рекорду швидкості поїзд розігнали до вражаючої цифри в 574,8 км/год, при цьому журналісти та обслуговуючий персонал були на борту. Але навіть з урахуванням світового рекорду швидкість поїзда при русі по комерційних маршрутах не перевищує 320 км/год.

На таких високошвидкісних лініях зазвичай нема вантажних перевезень, але є поодинокі випадки легких, наприклад пошти і посилок, вантажних перевезень, які створюють навантаження на вісь, порівнянне з пасажирськими поїздами, і дозволяється на цих залізницях. Ще один рекорд родом з Китаю - поїзд з неймовірно милозвучною назвою «CRH380A». Максимальна швидкість на маршруті 380 км/год, а максимально зафіксований результат 486,1 км/год. Примітно, що даний високошвидкісний поїзд зібраний і випущений повністю спираючись на Китайські виробничі потужності. Поїзд

перевозить майже 500 пасажирів, а посадка реалізована як у літаку.

Загальна протяжність високошвидкісних залізничних магістралей у світі зараз 7000 км, зокрема 3750 км у Європі, причому високошвидкісні поїзди обслуговують також полігон протяжністю близько 20 тис. км звичайних залізничних ліній, реконструйованих під швидкісний рух. Але процес проектування й будівництва нових ліній високошвидкісного руху не припиняється: так, поряд з розвитком високошвидкісної залізничної мережі Південної Європи, довжина якої до 2020 року може становити приблизно 10 тис. км, передбачається зростання кількості високошвидкісних ліній у країнах Азії. Перше місце в рейтингу високошвидкісних магістралей займає Китай, де швидкість руху перевищує 350 км/год.

У Китаї до кінця 2016 року планується будівництво високошвидкісних ліній залізниць протяжністю близько 45 тис. км. Влада Китаю планує повністю пов'язати країну ще з 17 державами. Це надасть Китаю статусу світового лідера в галузі швидкісних залізничних перевезень, а протяжність високошвидкісних залізничних магістралей у країні перевищить 50 % загального обсягу подібних магістралей у всьому світі. Сьогодні Китай відмовився від ідеї повсюдного будівництва високошвидкісних магістралей і залучив нову стратегію, спрямовану на розвиток магістралей із різною швидкістю руху. Незважаючи на комфортабельність високошвидкісних експресів, вони виявляються недоступними для великої категорії людей з низьким рівнем доходів. На відносно коротких маршрутах перевага високошвидкісних поїздів зовсім нівелюється високою вартістю проїзду. Поява поїздів з різними швидкостями руху дасть змогу пасажирам купувати дешевші квитки на "повільні" поїзди, а також збільшить кількість зупинок.

На противагу поширеній думці, залізниці зберігають свої позиції на ринку при часі поїздки, що перевищує 3 год. Їх частка становить 40-50 % на маршруті Париж-Амстердам (час поїздки 4 год), 20-30 % на маршрутах Париж – Тулон, Париж – Тулуза (5 год), 10-20 % на маршрутах зі часом поїздки 6-6,5 год.

Досягнення в освоєнні високих швидкостей руху призвели до появи в 1990-х роках перших планів створення європейської швидкісної залізничної мережі на основі проектів національних швидкісних ліній. Мережі швидкісних сполучень різних країн поступово інтегруються, утворюючи єдину європейську мережу. Вона має такі напрямки:

- сполучення Eurostar – за допомогою цих сполучень Великобританія отримала постійний “сухопутний” зв'язок залізниці з країнами континентальної Європи через тунель під Ла-Маншем;

- сполучення Thalys – ці сполучення пов'язують великі міста чотирьох країн: Париж, Лілль (Франція), Брюссель, Антверпен, Льєж (Бельгія), Амстердам, Гаага, Роттердам (Нідерланди), Ахен, Кельн, Дюссельдорф (Німеччина);

- сполучення Rbealys – високошвидкісний напрямок з Парижу у Страсбург, Люксембург та інші великі німецькі міста.

На відстанях від 500 до 1000 км існує інтенсивна конкуренція між залізничним і повітряним транспортом, і вирішальну роль при виборі пасажирями виду транспорту меншою мірою відіграють тривалість поїздки або польоту, а більшою – набір і якість послуг, що надаються, а також можливість адаптації до постійно змінюваних умов перевезень.

У залізничних сполучень є та перевага, що внаслідок збільшення кількості проміжних зупинок окремих поїздів (навіть з деяким невеликим збитком для маршрутної швидкості) можна охопити високошвидкісним сполученням міста, що знаходяться між кінцевими пунктами маршруту і, отже, залучити додаткових

пасажирів. Так, поїзди TGV перевозять на маршрутах між Парижем і франкомовними регіонами Швейцарії утричі більше пасажирів, ніж літаки.

Ці два види транспорту нерідко прагнуть доповнювати один одного в певних сегментах ринку транспортних послуг. Це прагнення зумовлено тим, що поєднанням різних видів транспорту може надати пасажирам можливість здійснити поїздки з більшими зручностями, ніж будь-яким з них окремо.

Для вирішення NP-складного завдання розроблення графіків руху високошвидкісних поїздів запропоновано застосування теорії розкладів. Теорія розкладів дозволяє побудувати і проаналізувати математичні моделі календарного планування (тобто упорядкування в часі) різних цілеспрямованих дій з урахуванням цільової функції і різних обмежень, до яких і належить розроблення часу відправлення і прибуття пасажирських поїздів на високошвидкісних магістралях. Під "оптимальністю" розуміється мінімальне або максимальне значення цільової функції. Допустимість розкладу розуміється в сенсі його здійсненності, а оптимальність – у сенсі його доцільності.

Для кращого розуміння проблеми деякі визначення пояснюються нижче.

1. Дільниця являє собою відсортовану пару послідовних станцій без будь-якої станції між ними. Дільниці індексуються як (a,b) станції, що вказує напрямок поїздки від a до b, а (b, a) являє собою напрямок для зворотного руху.

2. Залізничні колії – це складова інфраструктури, що зв'язує станції. У системах з високою швидкістю існують деякі припущення:

- поїзд може рухатися по кожній колії тільки в одному напрямку на дільниці;

- кожна дільниця може складатися з однієї колії або двох (трьох);

- при високошвидкісному русі використовуються системи безпеки,

засновані на контролі за положенням поїздів у кожен момент часу, а не сигнали управління, які блокуються в кожній ділянці колії. Ці припущення дозволяють ідентифікувати і спростити треки з сегментами.

3. Залізничні лінії є відсортованим набором ділянок, які являють собою картину напрямків руху множини поїздів.

4. Перевезення є визначенням маршрутом прямування поїзда до кінцевої станції по напрямку (лінії). Кожне перевезення починається при виїзді зі станції за розкладом.

З урахуванням особливостей досліджуваної проблеми ми робимо деякі припущення для залізничної інфраструктури та рухомого складу.

Припущення по залізничній інфраструктурі:

– розглядаються двоколіїні лінії. Кожна колія визначається вузлами –

станціями, і всі поїзди в цій колії повинні прямувати в тому самому напрямку;

– маршрут кожного перевезення фіксований і визначається послідовністю станцій. Не обов'язково зупинятися на всіх станціях;

– швидкість кожного поїзда визначається характеристиками напрямку в тому випадку, якщо нема попереджень, у разі наявності попереджень поїзд повинен зменшити швидкість відповідно до вказівок диспетчера;

– поїзд, який не зупиняється на станції, може обігнати поїзд, що зупинився на станції. Станції є місцем для обгону та схрещення.

На рис. 1 показані характеристики поставленого завдання. Ця мережа складається з 4 колій, 3 напрямків (ліній) і 3 станцій. Лінії 1 і 3 є однаковими за напрямком, але мають різні зупинки.

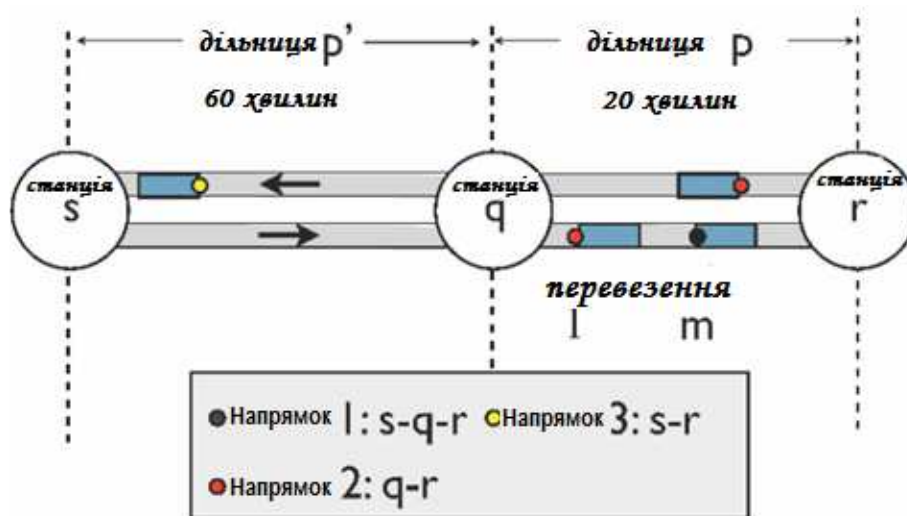


Рис. 1. Ілюстрації завдання

Припущення для рухомого складу:

– є поїзди, призначені на кожну існуючу лінію. У пропонованому прикладі поїзд 1 знаходиться на лінії 1, на лінії 2 відповідно 2 поїзди, 1 поїзд – на ділянці 3. Також припустимо, що станція, де поїзди

знаходяться під технічними операціями, є станцією призначення, відомо;

– поїзди зупиняються на станціях протягом певного часу зупинки;

– нема пріоритету між поїздами. Першим відправляється поїзд, який раніше готовий до відправлення;

– кожний поїзд k може зробити потенційну кількість перевезень;

– кожний поїзд k може мати свою композицію C , що визначає його місткість. У цьому випадку ми припускаємо існування фіктивної композиції, яка являє собою невиконану послугу $0 \in C$. Операційна вартість даної послуги дорівнює 0.

Припускаємо, що розмір парку досить великий, щоб можна було знайти оптимальне рішення за допомогою моделі оптимізації.

Крім того, ми припускаємо, що час, необхідний для виконання маневрових операцій і пов'язаних з ними експлуатаційних витрат, дорівнює 0.

Одним із завдань при організації високошвидкісного руху є визначення режиму пропускання поїздів по високошвидкісних магістралях (HSR), розклад поїздів і композиція составів. Змінні D_p^l та A_p^l є часом відправлення і прибуття при перевезенні l по колії p відповідно. Ці змінні призводять до утворення змінної Z_p^{lm} , яка визначається як

$$Z_p^{lm} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } D_p^l \leq D_p^m \\ 0, & \text{в інших випадках} \end{cases} \quad (1)$$

Час прибуття та відправлення на станції визначається розкладом руху. Змінні рухомого складу визначається як

$$K_c^l = \begin{cases} 1, & \text{якщо перевезення } l \text{ здійснюється рухомим складом } c \\ 0, & \text{в інших випадках} \end{cases} \quad (2)$$

Попередні визначення подано на рис. 2.

Обмеженнями для складання математичної моделі є:

1. *Пропускна спроможність мережі.*

Обмежується виконанням залізничних технічних операцій і обгонів між поїздами.

Ці обмеження лінійно сформульовані і мають множину можливих рішень, що забезпечують час відправлення / прибуття, рівень послуг, швидкість доставки пасажирів і час стоянки за умови можливості вільного планування.

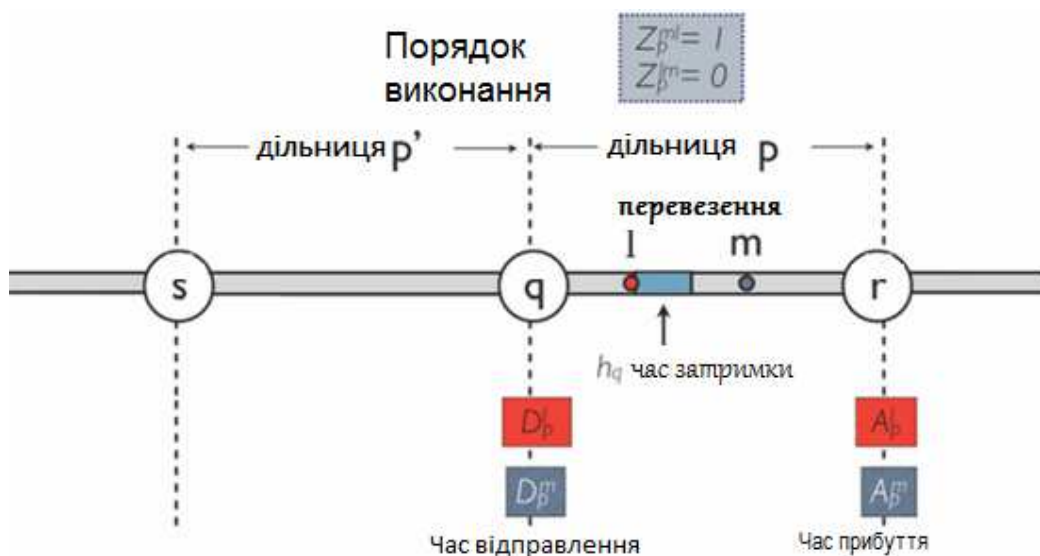


Рис. 2. Порядок організації руху поїздів по дільниці

2. Диспетчерське регулювання рухом поїздів. Послідовність відправлення поїздів має дорівнювати їх послідовності прибуття в контрольну точку (на станцію

призначення), але лише в тому випадку, якщо при прямуванні по дільниці не відбувалося обгонів [4].

$$Z_p^{lm} + Z_p^{ml} = 1; \forall p \in P; \forall l; m \in L_p; l \neq m. \quad (3)$$

3. Безпека руху поїздів по дільницях. Два перевезення l та m лініями, що перетинаються $p = (q, r)$, повинні

забезпечувати мінімальний час руху по дільниці. Це відбувається при виконанні таких умов:

$$MZ_p^{ml} + D_p^m - D_p^l \geq h_p; \forall p \in P; \forall l; m \in L_p; l \neq m, \quad (4)$$

$$MZ_p^{ml} + A_p^m - A_p^l \geq h_p; \forall p \in P; \forall l; m \in L_p; l \neq m. \quad (5)$$

Для кожної дільниці $p = (q, r)$ час проходження поїзда визначається

мінімальним (формула (4)) і максимальним (формула (5)) часом:

$$A_p^l - D_p^l \leq t_p^{-l}; \forall p \in P; \forall l \in L_p; \quad (6)$$

$$A_p^l - D_p^l \geq t_p^l; \forall p \in P; \forall l \in L_p; \quad (7)$$

Кожен поїзд повинен знаходитися на станції q визначений завчасно графіком руху час (час стоянки). В іншому випадку час знаходження буде дорівнювати нулю (прослідкування станції без зупинки). Для

кожної пари колій $(p'; p)$, що примикають до станції q , маємо $p' = (s; q)$ і $p = (q; r)$, а також для кожного перевезення P та P' знаходимо $\forall (p'; p) \in P_l$ та отримаємо

$$D_p^l - A_{p'}^l \leq t_q^{-l}; \forall l \in L; \forall (p'; p) \in P_l; \forall q \in Q_l, \quad (8)$$

$$D_p^l - A_{p'}^l \leq t_q^l; \forall l \in L; \forall (p'; p) \in P_l; \forall q \in Q_l, \quad (9)$$

$$D_p^l - A_{p'}^l = 0; \forall l \in L; \forall (p'; p) \in P_l; \forall q \notin Q_l. \quad (10)$$

Обмеження (9) встановлює максимальний час зупинки на станції. Це обмеження має важливе значення для організації пропускання високошвидкісних поїздів, у яких час прямування по дільниці нижче порівняно з іншими типами поїздів.

В Україні високошвидкісний рух (до 300 км/год) навряд чи буде можливий у близькому майбутньому [9]. Для таких швидкостей потрібна окрема лінія, де руху поїздів не заважатимуть ні перетини з іншими магістралями, ні велика кількість

поворотів малого радіуса. Її будівництво, враховуючи міжнародний досвід, коштуватиме кілька десятків, якщо не сотень, мільярдів доларів.

Тому найперспективніше для залізничного транспорту України розвивати так званий прискорений рух (до 160 км/год) на основі існуючого колійного розвитку. Йдеться про поступове впровадження швидкісного руху з адаптацією до нових вимог нинішньої інфраструктури.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Розглядаючи світовий досвід для підвищення ефективності функціонування Українського залізничного транспорту, сьогодні потрібно:

– розвивати прискорений рух (до 160 км/год) на основі наявних шляхів;

– підвищити швидкість руху пасажирських поїздів до 200 км/год, для чого необхідно технічно переоснастити колійне господарство з подальшою механізацією його технологічних процесів;

– впроваджувати високошвидкісний рух, для чого потрібно побудувати окрему нову колію, яка передбачає можливість

руху пасажирських поїздів зі швидкістю 200-350 км/год. Для цього мають бути задіяні потужності як підприємств залізничного транспорту, так і сторонніх організацій;

– розділити вантажні і пасажирські потоки.

Для підвищення конкурентоспроможності швидкісних поїздів “ІНТЕРСІТІ+” необхідно виконати:

– зниження терміну подорожі;

– оптимізувати графіка руху швидкісних поїздів, у тому числі і за рахунок вирішення NP-складного завдання за допомогою теорії розкладів;

– розширити мережі швидкісних магістралей по всій території України;

– оптимізувати величини тарифів з метою залучення до швидкісних перевезень додаткових пасажирів.

Головним напрямом розвитку залізничного транспорту України є створення, а надалі й удосконалення швидкісних, а згодом і високошвидкісних магістралей. Це створить ряд конкурентних переваг не лише залізничного транспорту, а і всієї економіки країни внаслідок збільшення пасажирообороту.

Список використаних джерел

1. Grushevskaya, K. Institutional rail reform: The case of Ukrainian Railways [Text] / Kateryna Grushevskaya, Theo Notteboom, Andrii Shkliar// Transport Policy, Volume 46, February 2016, P. 7-19.
2. Cheng, Y. High-speed rail networks, economic integration and regional specialisation in China and Europe [Text] / Yuk-shing Cheng, Becky P.Y. Loo, Roger Vickerman// Travel Behaviour and Society, Volume 2, Issue 1, January 2015, P. 1-14.
3. Clewlow, R. The impact of high-speed rail and low-cost carriers on European air passenger traffic [Text] / Regina R. Clewlow, Joseph M. Sussman, Hamsa Balakrishnan// Transport Policy, Volume 33, May 2014, P. 136-143.
4. Chen, C. Reshaping Chinese space-economy through high-speed trains: opportunities and challenges [Text] / Chia-Lin Chen// Journal of Transport Geography, Volume 22, May 2012, P. 312-316.
5. Espinosa-Aranda, J.L. Train Scheduling and Rolling Stock Assignment in High Speed Trains [Text] / José Luis Espinosa-Aranda, Ricardo García-Ródenas, Luis Cadarso, Ángel Marín// Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 160, 19 December 2014, P. 45-54.
6. Кірта, Г. Інтеграція залізничного транспорту України в Європейську транспортну систему [Текст]: [монографія] / Георгій Кірта. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2004. – 248 с.
7. Інтегральна ефективність швидкісних залізничних магістралей [Текст]: монографія / Ю.Є. Пашенко, М.Ю. Гончаров, Й.М. Кранц, В.О. Пилипчик [та ін.]; за ред. С.І. Дорогунцова. – К.: РВПС України НАН України, 2005. – 266 с.

8. Дикань, В. Л. Скоростное движение железнодорожного транспорта в мире и перспективы его развития в Украине [Текст] / В.Л. Дикань // Вісник економіки транспорту та промисловості. – 2010. – № 32. – С. 15–25.

9. Божок, Н. О. Нарямки впровадження швидкісних пасажирських перевезень в Україні [Текст] / Н.О. Божок // Проблеми економіки транспорту: зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2013. – Вип. 5. – С. 46-56.

Малахова Олена Анатоліївна, канд. техн. наук, доцент кафедри управління експлуатаційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: 066-341-84-81.
E-mail: alena.mal31@gmail.com.

Губіна Алла Олександрівна, слухач ІППК Українського державного університету залізничного транспорту.
Тел.: 050-251-16-61. E-mail: allakitkit@gmail.com.

Некрасова Анастасія Сергеевна, слухач ІППК Українського державного університету залізничного транспорту.
Тел.: +7-950-717-49-34.

Malakhova Olena, Cand. of Tech. Sc, assistant professor of management operational work of the Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: 050-027-24-07. E-mail: alena.mal31@gmail.com.

Hubina Alla, the listener IPPK Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: 050-251-16-61.
E-mail: allakitkit@gmail.com.

Nekrasova Anastasia, the listener IPPK Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: +7-950-717-49-34.

Стаття прийнята 26.09.2016 р.