

УДК 656.222.1

**ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЛІКВІДАЦІЇ ВОРОЖИХ МАРШРУТІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ У ГОРЛОВИНІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ**

Канд. техн. наук Г. О. Примаченко, магістрант Р. О. Трохименко

**ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЛИКВИДАЦИИ ВРАЖДЕБНЫХ МАРШРУТОВ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ В ГОРЛОВИНЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ**

Канд. техн. наук А. А. Примаченко, магістрант Р. А. Трофименко

**THE CONSTRUCTION PROCESS OF MATHEMATICAL MODEL ELIMINATION OF HOSTILE ROUTES OF PASSENGER TRAINS IN THE NECK PORTION OF RAILWAY STATION**

Candidate of technical sciences G. Prymachenko, master student R. Trokhymenko

*Розглянуто вирішення актуальної проблеми ліквідації ворожих маршрутів у горловинах залізничних станцій України з метою зменшення тривалості непродуктивних простоїв на підходах до станцій і на станційних коліях. Для цього наведено послідовність розробки математичної моделі ліквідації ворожих маршрутів пасажирських поїздів у горловинах залізничних станцій. Визначено сутність, доцільність, необхідність впровадження розробленої моделі.*

**Ключові слова:** горловина залізничної станції, ворожий маршрут, динамічна модель, супервизорне навчання моделі.

*Рассмотрено решение актуальной проблемы ликвидации враждебных маршрутов в горловинах железнодорожных станций Украины с целью уменьшения продолжительности непроизводительных простоев на подходах к станциям и на станционных путях. Для этого приведена последовательность разработки математической модели ликвидации враждебных маршрутов пассажирских поездов в горловинах станций. Определена сущность, целесообразность, необходимость внедрения разработанной модели.*

**Ключевые слова:** горловина железнодорожной станции, враждебный маршрут, динамическая модель, супервизорное обучение модели.

*The actual problem of liquidation of enemy routes in the neck railway stations Ukraine was consider solving to reduce unproductive downtime duration on the approaches to stations and tracks at the station. For this sequence are developing mathematical models elimination of enemy routes of passenger trains in railway stations neck as universal dynamic mathematical model that was developed for different railway stations both passenger and freight. The essence, appropriateness, necessity of introduction of the model to the automated control system passenger traffic for the operational management of Ukrzaliznytsia. The resulting dynamic model aimed at the speedy promotion schedule with the highest priority, allowing to get maximum benefit from the use of infrastructure. This model is flexible and adaptable to the changing situation, the solution can significantly alleviate the problem of destruction of hostility routes and increase traffic safety, passenger service quality and efficiency of means of rail transport capacities of the crossings, railway stations.*

**Keywords:** neck of the railway station, the hostile route, dynamic model, supervisory training of model.

**Вступ.** Дослідження, наведене у даній статті, належить до галузі технічних наук напрямку транспортних технологій. Проблема виявлення ворожих маршрутів у горловинах залізничних станцій і досі є актуальною, незважаючи на її дослідження науковцями та постійне удосконалення Автоматизованої системи керування пасажирськими перевезеннями Укрзалізниці (АСК ПП УЗ). При виявленні ворожих маршрутів у горловинах залізничних станцій виникають затримки поїздів при їх прийманні та відправленні, що у свою чергу призводить до порушення розкладу руху поїздів та усіх технологічних операцій не лише на даній станції, а й на всьому маршруті руху. При прийманні та відправленні поїздів обов'язковою умовою забезпечення безпеки руху і працездатності схем обігу пасажирських поїздів є недопущення ворожості маршрутів їх приймання і відправлення в горловинах станцій. При складанні розкладу руху поїздів необхідно враховувати можливості горловин станцій і при виникненні ворожості виключати такі маршрути з урахуванням найменших сумарних тимчасових затримок приймання і відправлення поїздів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Багато вітчизняних та закордонних досліджень присвячено питанню удосконалення пропускної спроможності горловин залізничних станцій. Проводились дослідження щодо оптимізації пропускання поїздів на підходах до залізничних станцій на основі математичного апарату теорії розкладу в умовах паралельно-последовного з'єднання пристроїв обслуговування [1]. Реалізація даної моделі дає змогу визначити оптимальний розклад прямування поїздів з мінімальними затримками при кожному їх неузгодженому підведенні до залізничного вузла, але процес визначення оптимальних маршрутів приймання та відправлення поїздів для кожної залізничної станції не було розглянуто.

У роботі [2] вказується, що головні пасажирські станції України характеризуються значною інтенсивністю переміщень у горловинах, особливо тих, які обслуговують пасажирський рух у переважному напрямку. Зважаючи на те, що більшість таких станцій були побудовані та реконструйовані близько п'ятдесяти і більше років тому, їх конструкції вимагають суттєвого удосконалення. Але складність полягає ще в тому, що основна більшість з них розташована всередині великих міст і не дає можливості розроблення раціональних варіантів, тому попередньо необхідно провести дослідження впливу конструктивних і технологічних параметрів при використанні новітніх методик. Запропоновано методику розрахунку пропускної спроможності горловин пасажирських станцій, яка дає змогу вдосконалити їх конструкції залежно від розмірів пасажирського руху з урахуванням пересувань на паралельних маршрутах, але питання виникнення ворожих маршрутів і способи запобігання їм при реконструкції горловини не розглянуто.

Інвестиції в інфраструктурні об'єкти на залізницях України перш за все були спрямовані на обладнання вокзалів [3]. У 2013 році підрозділами будівельно-монтажних робіт і цивільних споруд залізниць здійснено реконструкцію 12 вокзалів та вокзальних комплексів, на 116 вокзалах було проведено ремонт. Внаслідок цих обставин недостатньо виділено коштів на об'єкти станційного господарства. Питання фінансування залишаються важливими для залізничної галузі, але у статті не було розглянуто, як це питання може вплинути на зменшення простоїв поїздів при їх прийманні та відправленні зі станцій.

У статті [4] подано схему маршруту проектування реконструкції дільниці залізничної лінії. Порівнюючи схему реконструкції існуючого маршруту з новою вбудованою схемою, розглядаються питання технологічних параметрів горло-

вин станції, але не в повній мірі досліджено маршрути приймання та відправлення поїздів із залізничних станцій.

У статті [5] вказується, що склад і розмір множин вибору маршрутів руху є одним з ключових для правильної оцінки і прогнозування за моделями їх вибору. У цьому дослідженні пропонується методика складання розкладу руху поїздів на основі методу моделювання для формування наборів вибору шляху в мультимодальній мережі транспорту. Але питання маршрутизації у горловинах залізничних станцій не розглядається.

**Визначення мети та задачі дослідження.** Метою даного дослідження є створення методу оптимізації схеми приймання-відправлення пасажирських поїздів на полігоні залізниць.

Для досягнення поставленої мети потрібно було вирішити такі основні задачі:

- провести аналіз вітчизняного і закордонного досвіду організації руху пасажирських поїздів при прийманні та відправленні з залізничних станцій;

- запропонувати методику виключення ворожості маршрутів пасажирських поїздів у горловинах станцій, що виникає при коригуванні схем обігу поїздів.

**Основна частина дослідження.** Для створення методу оптимізації схеми приймання-відправлення пасажирських поїздів на полігоні залізниць було використано математичну модель станції, яка складається з таких основних компонентів: горловини станції, станційних колій та колій прилеглих перегонів. Перелічені елементи пов'язані між собою зв'язками, які впливають один на одного. Даний підхід дає змогу перейти від статичної експертної системи до динаміки, що дозволяє при будь-якій випадковій ситуації, що моделюється, отримати фактичне рішення. Тобто модель функціонує у режимі реального часу.

Дана модель являє собою задачу динамічного програмування. Вона дає

можливість з певним ступенем деталізації змодельовати роботу станції при прийманні, відправленні, перестановці поїздів, закритті станційних колій у зв'язку з ремонтними роботами. При цьому розрахунок відбувається не тільки для пасажирських поїздів місцевого та прямого сполучення, а й для приміських і вантажних поїздів.

Модель є універсальною і може застосовуватися для тупикових, наскрізних і вузлових станцій.

Вхідною інформацією моделі є: час прибуття і відправлення поїздів зі станції; необхідні маневрові пересування; мінімальний час стоянки поїзда на станції (для висадки, посадки пасажирів та інших потреб); номер поїзда, за яким визначається його напрям руху (парний, непарний); категорія поїзда, за якою визначається пріоритет прибуття і відправлення зі станції; номер колії, на яку прибуває поїзд і з якої відправляється.

Вихідною інформацією моделі є: номер поїзда; фактичний час прибуття та відправлення поїзда; фактичний час стоянки поїзда на станції; час затримки по прибуттю та відправленню поїзда; номер станційної колії, на яку прибуває поїзд; станційний маршрут прибуття і відправлення поїзда.

Довготривала пам'ять (стан зв'язків між компонентами) представлена таким чином: кількість колій на станції та прилеглих до станції перегонів; перелік маршрутів прибуття і відправлення поїздів; кількість підходів до станції (до кожної горловини станції); зв'язки взаємовпливу між маршрутами, які проходять як всередині горловини, так і між горловинами.

Приклад зв'язків взаємовпливу між маршрутами зображено у вигляді таблиці залежності маршрутів для станції (табл. 1), одиницею показані ворожі один одному маршрути для станції, схема якої подана на рис. 1.

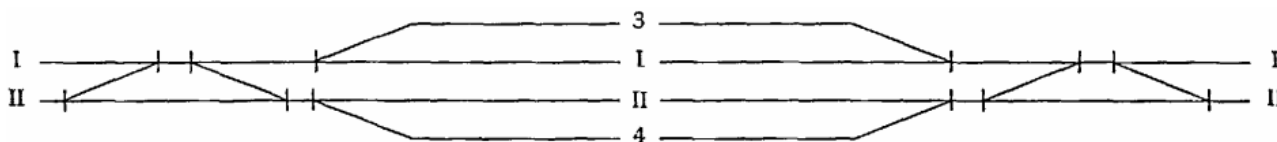


Рис. 1. Приклад схеми залізничної станції

Табл. 1 у моделі визначає схему станції і може враховувати не тільки приймання, відправлення і пропускання поїздів, а й маневрові пересування на станції.

Короткочасна пам'ять (стан самих компонентів) представлена таким чином: розклад прибуття і відправлення поїздів на станції; зайнятість колій (станційних і перегінних) прийманням, відправленням, проходження поїзда, у зв'язку з ремонтними роботами і з інших причин; зайнятість маршрутів приймання та відправлення поїздів; пріоритети поїзда після прибуття і відправлення; пріоритети маршрутів приймання та відправлення поїздів; поточний момент часу.

Поїзди порівнюються за сумарним пріоритетом, який складається із суми таких пріоритетів:

- пріоритет маршруту ( $P_m^i$ , де  $i$  – номер маршруту), маршрути прибуття і відправлення ранжуються окремо один від одного залежно від величини їх ворожості, чим більше маршрут викликає ворожість, тим менше його пріоритет;

- пріоритет поїзда ( $P_n^j$ , де  $j$  – номер поїзда), залежить від категорії поїзда;

- додатковий пріоритет поїзда за диспетчерською вказівкою ( $P_{дисп.}^j$ ), служить для прямого управління, визначає, який поїзд затримати, а який – відправити або прийняти, задається конкретному поїзду;

- величина пріоритету відправлення перед прибуттям ( $P_{відпр.}^{приб.}$ ), показує, на скільки пріоритет прибуття вище пріоритету відправлення або навпаки;

- пріоритет черговості прибуття ( $P_{черг.}$ ), при ситуації, коли на станцію прибувають один за одним два поїзди і перший затримується на таку величину часу, що прибуває поїзд, що прямував за ним, необхідно, щоб перший поїзд мав пріоритет вище того, що прямує за ним, інакше результат рішення буде неправильним і можливий випадок, коли поїзд, що прямував другим, на перегоні обганяє поїзд, що прямував першим.

Сумарний пріоритет буде дорівнювати:

$$\begin{aligned} P_{приб.}^{ij} &= P_m^i + P_n^j + P_{дисп.}^j + P_{черг.}; \\ P_{відпр.}^{ij} &= P_m^i + P_n^j + P_{дисп.}^j + P_{відпр.}^{приб.}, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $P_{приб.}^{ij}$  – сумарний пріоритет прибуття поїзда;

$P_{відпр.}^{ij}$  – сумарний пріоритет відправлення поїзда.

Величина пріоритетів встановлюється в процесі навчання системи. Налаштовуються пріоритети об'єктів як всередині групи, так і між групами. Порядок пріоритетів (в умовних одиницях виміру) такий:

$$P_m^i \cong P_n^j \cong 10; P_{відпр.}^{приб.} \cong 1000; P_{черг.} \cong 100.$$

$P_{дисп.}^j$  регулюється залежно від ситуації, або порядок, як і у  $P_m^i \cong P_n^j \cong 10$  (при регулюванні всередині групи поїздів, що прибувають) або  $P_{відпр.}^{приб.} \cong 1000$  (при регулюванні між групами поїздів).



При надходженні із зовнішнього середовища «обурення» (подача заявки на прибуття чи відправлення поїздів та ін.) відбувається розрахунок можливого виникнення ворожості маршрутів приймання та відправлення поїздів. При виникненні ворожості відбувається розрахунок варіантів їх ліквідації з мінімальними сумарними тимчасовими затримками з приймання і відправлення поїздів [6].

Маршрутом приймання і відправлення поїзда є станційна колія (в межах корисної довжини колії), перегінна колія (або перші кілька блок-дільниць, залежно від засобів блокування) і частина горловини, що з'єднує перегінну і станційну колії. При моделюванні виділено кілька етапів, перший з них – це етап аналізу вихідної інформації перед розрахунками.

На першому етапі для всіх поїздів, розклад прибуття чи відправлення яких збігається з розрахунковим інтервалом часу, перевіряється заявка поїзда на маршрут у даний момент часу (можливість зайняття поїздом маршруту приймання або відправлення). Відбувається відбір усіх можливих маршрутів приймання чи відправлення поїздів.

Для кожного маршруту формується список усіх поїздів, для яких подано заявки на відправлення (і (або) на прибуття) зі станції (незалежно від того, на який час подані заявки щодо поточного розглянутого інтервалу часу, тобто з урахуванням можливих тимчасових затримок, що виникли раніше, за винятком уже задоволених заявок).

Заявка поїзда на маршрут визначається виходячи з аналізу таких умов: аналізується таблиця ворожості маршрутів, яка визначає всі можливі маршрути прибуття (або відправлення) для даної станції; час, на який подано заявку поїзда на прибуття або відправлення, і поточний даний момент часу, якщо час заявки поїзда на прибуття або відправлення

дорівнює поточному моменту часу, то ця умова виконується; номер перегінної колії, з якої прибуває поїзд (або на яку відправляється), та номер колії, на яку веде кожен маршрут; якщо номер перегінної колії, на яку відправляється (або з якої прибуває) поїзд, збігається з номером перегінної колії, на яку відправляється (або з якої прибуває) поїзд, то дана умова виконується; для відправлення поїздів аналізується заявка за кожним поїздом на час відправлення, фактичний час прибуття поїзда на станцію і мінімальна стоянка поїзда на станції; якщо сума часу фактичного прибуття поїзда на станцію і тривалості мінімальної стоянки більше часу заявки для даного поїзда на відправлення, то час заявки поїзда на відправлення замінюється сумою фактичного часу прибуття поїзда і мінімальної тривалості стоянки, дана умова вводиться з тієї причини, що пасажирський поїзд не може перебувати на станції менше тривалості мінімальної стоянки або відправлятися зі станції раніше прибуття.

Якщо всі вищевикладені умови виконуються, то вважається, що в даний момент часу, що розглядається, поїзд претендує на даний маршрут прибуття (або відправлення) і в подальших розрахунках розглядається можливість задоволення його заявки. Значення даного показника приймається рівним одиниці. В іншому випадку (якщо дані умови не виконуються) значення показника приймається рівним нулю.

Далі для всіх поїздів і для всіх маршрутів розраховується оцінка прокладення маршруту.

При першій ітерації для кожного розглянутого маршруту прибуття (або відправлення) поїзда аналізується підтвердження його заявки на маршрут.

При підтвердженні заявки поїзда на маршрут відбуваються такі перевірки: перевіряється значення заявки поїзда на маршрут, якщо воно  $g_{приб.}^{ij}$  (або  $g_{відпр.}^{ij}$ ) дорівнює одиниці, то умова виконується,

якщо нулю – не виконується; аналізується шлях, з якого прибуває або на який відправляється з маршрутом даний поїзд, при відправленні поїзда аналізується станційна колія, на якій поїзд перебуває, і колія, з якої веде розглянутий маршрут; при відправленні поїзда також аналізується перегінна колія, на яку може вирушити поїзд з номером колії, на яку веде розглянутий маршрут відправлення, і зайнятість даної перегінної колії (при напіваавтоматичному автоблокуванні) або перших блок-дільниць (при автоматичному автоблокуванні). Для поїзда, що прибуває, аналізується номер станційної колії, на яку веде розглянутий маршрут, і її вільність; якщо поїзд проходить станцію без зупинки (тривалість стоянки дорівнює нулю) і при розрахунку часу прибуття його на станцію сталася затримка по прибуттю щодо часу заявки поїзда на прибуття, то заявка поїзда на відправлення зсувається також на величину його затримки по прибуттю.

Якщо вищенаведені перевірки виконуються, то заявка поїзда на прибуття (або відправлення) вважається підтвердженою і величина відповідного показника приймається рівною одиниці. В іншому випадку – приймається рівною нулю.

Далі для всіх маршрутів і для всіх поїздів, які підтвердили свою заявку на прибуття (або відправлення), визначається з усіх  $P_{приб.}^{ij} \cdot g_{приб.}^{ij}$  (або  $P_{відпр.}^{ij} \cdot g_{відпр.}^{ij}$ ) максимальне значення. Заявка поїзда ( $j$ ), якому відповідає дане максимальне значення, вважається задоволеною. Тобто поїзд прибуває на станцію або відправляється з неї. Фіксується фактичний час відправлення (прибуття) поїзда на станцію.

Якщо поїзд прибув на станцію, то робиться позначка зайнятості відповідної станційної колії прибуття. Якщо поїзд вирушив зі станції, то робиться позначка про звільнення відповідної станційної колії і позначка про зайнятість відповідної перегінної колії або першої блок-дільниці

(дані позначки зберігаються виходячи з часу їх зайняття поїздом).

При відправленні поїзда зі станції аналізується його фактичний час прибуття на станцію, мінімальна стоянка і заявка на відправлення поїзда. Якщо сума фактичного часу прибуття на станцію і часу мінімальної стоянки більше заявки часу на відправлення поїзда, то заявкою часу на відправлення приймається сума часу прибуття і мінімальної стоянки.

Наступні ітерації (перевірка можливості паралельного приймання або (і) відправлення поїзда аналогічні першій за винятком додавання додаткових перевірок при підтвердженні заявки поїзда на маршрут: якщо заявка на відправлення (прибуття) даного поїзда була задоволена раніше (в попередніх ітераціях), то значення приймається рівним нулю; якщо розглянутий маршрут відправлення (або прибуття) був використаний у задоволених заявках поїздів на відправлення (або прибуття) раніше (в попередніх ітераціях), то значення приймається рівним нулю; аналізуються зайняті маршрути в задоволених заявках поїздів на прибуття (або відправлення) в попередніх ітераціях. Якщо розглянутий маршрут ворожий з будь-яким з раніше використаних в попередніх ітераціях, то значення приймається рівним нулю (визначається виходячи з таблиці ворожих маршрутів (табл. 2)).

Якщо дані умови виконуються, то заявка поїзда на маршрут вважається підтвердженою. Далі визначається максимальне значення  $P_{приб.}^{ij} \cdot g_{приб.}^{ij}$  (або  $P_{відпр.}^{ij} \cdot g_{відпр.}^{ij}$ ) за алгоритмом, як і в попередній ітерації. Заявка поїзда ( $j$ ), якому відповідає дане максимальне значення, вважається задоволеною.

Кількість ітерацій визначається схемою станції – кількість паралельних маршрутів (скільки поїздів станція може відправити або прийняти в один момент часу). У цьому завданні ця величина

визначається виходячи з таблиці ворожих маршрутів.

Максимальна кількість паралельних маршрутів визначається таким чином. Спочатку в таблиці ворожості маршрутів для кожного маршруту визначається сумарне число маршрутів, йому ворожих (табл. 2).

У першій ітерації з усіх маршрутів вибирається маршрут з найменшою кількістю ворожих йому маршрутів, якщо таких маршрутів кілька, то вибирається будь-який з них. У прикладі на рис. 2 це маршрут №5. Даний маршрут переноситься в другу ітерацію. Всі маршрути, ворожі

обраним маршрутам, у першій ітерації виключаються з розгляду (це маршрут №3).

У другій ітерації з решти маршрутів також вибирається маршрут з найменшою кількістю ворожих йому маршрутів, за винятком раніше обраного маршруту (маршрут №4). Даний маршрут переноситься в третю ітерацію разом з раніше обраним маршрутом. Всі маршрути, ворожі до заданого в другій ітерації, виключаються з розгляду (маршрут №1).

На рис. 2 наведено алгоритм знаходження максимальної кількості паралельних маршрутів прибуття і (або) відправлення зі станції.

Таблиця 2

Приклад визначення для кожного маршруту сумарного числа ворожих йому маршрутів

Номер маршруту	1	2	3	4	5	Сумарна кількість ворожих маршрутів
1	1	1		1		3
2	1	1	1			3
3		1	1		1	3
4	1			1		2
5			1		1	2

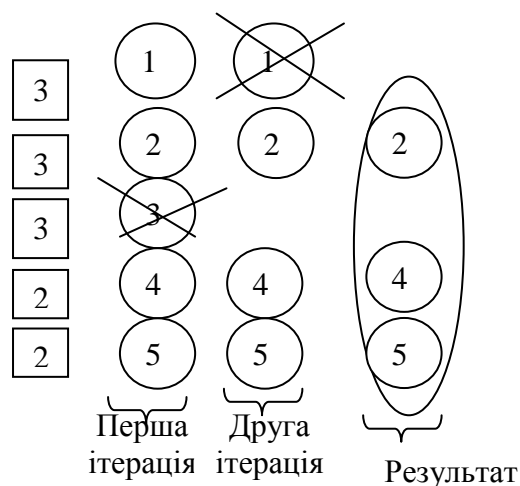


Рис. 2. Алгоритм знаходження максимальної кількості паралельних маршрутів

Розрахунок відбувається до тих пір, поки не залишаться тільки маршрути, не ворожі один одному. В даному випадку це

маршрути № 2, 4, 5. Таким чином, одночасно (паралельно) на станцію може прибути і (або) відправитися три поїзди.



Після всіх ітерацій для даного моменту часу аналізується задоволення всіх заявок на прибуття (відправлення) поїздів. Поїздам, чийі заявки не були задоволені, додається величина затримки часу відправлення (прибуття), що дорівнює даним інтервалам часу (виходячи з точності вихідної інформації). Тобто при незадоволенні заявки поїзда на прибуття або відправлення заявка зсувається на одиницю часу в наступний розглянутий період часу.

Якщо поїзд проходить станцію без зупинки (тривалість стоянки дорівнює нулю), то відбувається перевірка як прибуття на станцію, так і відправлення. Якщо одна з умов не задовольняється, то додається затримка на прибуття поїзда. Також можливе додавання зняття поїздів з поїзної моделі і доповнення в модель додаткових поїздів. Зняття поїзда можливе шляхом додавання до станції уявного відгалуження. Тобто поїзд відправлятиметься зі станційної колії на перегін з нескінченною місткістю (необхідно, наприклад, при перестановці поїзда в депо). Можливе додавання нових поїздів таким же чином. Поїзд буде прибувати на станцію з фіктивного перегону [7].

Можливий облік обороту пасажирських поїздів. Після прибуття поїзда на станцію і перебування на станції протягом часу обороту поїзд відправляється на перегін, з якого прибув, і під конкретну нитку графіка (час заявки поїзда на відправлення.)

Навчання моделі є супервизорним [8]. При такому підході моделі задається проблема, і вона шукає рішення за відомим станом «вхід-вихід». Диспетчер вказує, яким має бути правильне рішення. Тобто при виникненні ворожості оператор вказує, який поїзд необхідно прийняти (або відправити), а який поїзд необхідно затримати.

Навчання полягає в коригуванні ваги поїздів (всередині категорій поїздів та між категоріями) і маршрутів таким чином, що в наступний момент часу вихідний

розрахунковий результат мережі буде ближче до необхідної відповіді.

Поїзди діляться на дві групи: такі, що прибувають, і такі, що відправляються зі станції. Одна група має пріоритет у порівнянні з іншою. Тому коригування всіх інших ваг має міняти відносний пріоритет між поїздами тільки всередині цих двох груп, за винятком команди диспетчера. Команда диспетчера при «слабкому» впливі на систему може змінювати пріоритети всередині однієї групи (тобто тільки між двома поїздами, що прибувають, або між двома поїздами, що відправляються). При «сильному» впливі поїзд під впливом команди диспетчера може переходити з групи з меншим пріоритетом у групу з більшим пріоритетом. Так само можливий перехід поїзда і з групи з більшим пріоритетом у групу з меншим пріоритетом.

Процес навчання відбувається безперервно (накопичується база даних для можливості логічного висновку), оскільки зовнішні умови, що визначають вхідну і вихідну інформацію, постійно змінюються.

Дана модель є гнучкою і адаптивною до змін ситуації, рішення дозволяє істотно полегшити проблеми ліквідації ворожості маршрутів і підвищити безпеку руху, якість обслуговування пасажирів та ефективність використання технічних засобів залізничного транспорту, з урахуванням можливостей колійного розвитку залізничних станцій. Дана модель може бути використана для автоматизованого керування рухом поїздів на ділянці.

**Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку.** Отримана динамічна модель ліквідує ворожість маршрутів поїздів у горловині станцій і може бути застосована як для пасажирських поїздів, так і для вантажних, крім того, можливе використання даної моделі в оперативному управлінні рухом поїздів. Отримана динамічна модель спрямована на якнайшвидше просування поїздів з

найбільшим пріоритетом, що дає змогу отримати максимальний ефект від використання інфраструктури. Ліквідація

ворожості маршрутів має бути спрямована на мінімальні сумарні тимчасові затримки поїздів по прибуттю і відправленню.

### *Список використаних джерел*

1. Лаврухін, О. В. Побудова моделі оптимізації пропуску поїздів на підходах до сортувальної станції [Текст] / О. В. Лаврухін, П. В. Долгополов, Ю. В. Доценко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харків, 2013. – Т. 4. – №3(64). – С. 45-52.
2. Крячко, К. В. Визначення впливу конструктивних параметрів пасажирських станцій на їх пропускну спроможність [Текст] / К. В. Крячко, О. Є. Саленко, В. А. Єршов // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – Вип. 145. – С. 40-49.
3. Кулешов, В. В. Проблеми оцінки інвестицій у визначення експлуатаційних параметрів горловин станцій [Текст] / В. В. Кулешов, О. Р. Дощечкін, Ю. М. Бурмагіна // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – Вип. 143. – С. 9-16.
4. Shi, Jun Study of route schemes for reconstruction of Guizhou-Guangxi Railway from Jinchengjiang to Duyun [Text] / Jun Shi, Bo Huang // Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE). – USA, 2011. – P. 3504-3507.
5. Rasmussen, T. K. Timetable-based simulation method for choice set generation in large-scale public transport networks [Text] / T. K. Rasmussen, M. K. Anderson, O. A. Nielsen, C. G. Prato // European Journal of Transport and Infrastructure Research. EJTIR is sponsored by TU Delft Transport Institute. – USA, 2016. – Volume 16. – Issue 3. – P. 467-489.
6. Akgun, V. On finding dissimilar paths [Text] / V. Akgun, E. Erkut, R. Batta // European Journal of Operational Research. – USA, 2000. – №121. – P. 232-246.
7. Anderson, M. K. Multimodal route choice models of public transport passengers in the Greater Copenhagen Area [Text] / M. K. Anderson, O. A. Nielsen, C. G. Prato // DTU Transport working paper submitted for publication in the EURO Journal on Transportation and Logistics. – USA, 2014. – Т. 13. – P. 23-46.
8. Anderson, M. K. Matching observed public route choice data to a GIS network [Text] / M. K. Anderson, T. K. Rasmussen // Selected proceedings of the Annual Transport Conference in Aalborg. – Aalborg University, 2010. – P. 234-239.

Рецензент д-р техн. наук, професор Є. С. Альошинський

---

Примаченко Ганна Олександрівна, кандидат технічних наук, асистент кафедри транспортних систем та логістики Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. 057-730-19-55.

E-mail: AnnaPrimachenko@i.ua.

Трохименко Роман Олександрович, магістрант кафедри транспортних систем та логістики, Інститут перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів Українського державного університету залізничного транспорту (ІППК УкрДУЗТ). Тел. 057-730-19-55.

Prymachenko Ganna Oleksandrivna, Ph.D., assistant, The Department of Transport Systems and Logistics, Ukrainian State University of Railway Transport. Ph.: 057-730-19-55. E-mail: AnnaPrimachenko@i.ua.

Trokhymenko Roman, Undergraduate of transport systems and logistics, Institute of retraining and advanced training of Ukrainian State University of Railway Transport. Ph. 057-730-19-55.

Стаття прийнята 21.06.2016 р.