

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОЇЗДОПОТОКІВ ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ УПРАВЛІННІ ЧЕРГОВІСТЮ РОЗПУСКУ СОСТАВІВ

Виконано дослідження зв'язку черговості розпуску составів на сортувальних гірках та параметрів поїздопотоків свого формування: кількості відцепів та кількості груп у составі свого формування.

*Ключові слова:* ефективність формування поїздопотоків, черговість розпуску составів, автоматизоване управління

Выполнено исследование связи последовательности роспуска составов на сортировочных горках и параметров поездопотока своего формирования: количества отцепов и количества групп в составах своего формирования.

*Ключевые слова:* эффективность формирования поездопотоков, очередность роспуска составов, автоматизированное управление

Here was made a research of the dependence of the order of trains processing on the switching stations and trainstream parameters: quantity of cuts and quantity of groups in trains, forming on the switching stations.

*Keywords:* efficiency of formation of train traffic volume, sequence of breaking up on hump of train sets of cars, automated control

### Вступ

Задача планування поїздоутворення є основною задачею оперативного управління. Від точності її вирішення в значній мірі залежить ефективність функціонування залізничного транспорту. Висока якість планування поїздоутворення досягається за рахунок правильних та своєчасних управлінських рішень. Одним із засобів впливу на процес поїздоутворення є вибір черговості розпуску составів (ВЧРС) на сортувальній гірці.

Для визначення показників раціональної послідовності розпуску необхідно знати залежність ефективності поїздоутворення від параметрів структури составів. Серед них головними є довжина відцепів та кількість груп у составі. В роботі поставлено завдання прослідити залежність між зазначеними параметрами та черговістю розформування составів.

### Дослідження зв'язків параметрів поїздопотоків та черговості розпуску

Черговість розформування составів на сортувальній гірці впливає на наступні умови функціонування сортувальних станцій:

- моменти завершення накопичення составів;
- порядок надходження вагонів на колії сортувального парку.

Останню умову існуючі методики ВЧРС не враховують, що є певним недоліком.

Показники роботи будь-якої станції в першу чергу залежать від параметрів вхідного вагоно- та поїздопотоків. Якщо врахувати, що вихідний потік однієї станції є вхідним потоком іншої станції, то стане очевидною доцільність планування поїздоутворення за принципом покращення не тільки показників роботи окремо взятої станції а і параметрів вихідного потоку даної станції. Наслідком такого планування стане можливе покращення показників роботи наступних станцій.

Одним із важливих параметрів поїздопотоків, що впливає на якість сортувального процесу, є середня кількість вагонів у відцепі. Наслідками значного подрібнення відцепів стають збільшення тривалості осаджування вагонів у сортувальному парку [1]. Окрім цього відбувається збільшення кількості помилок при сортуванні, та, у випадку розпуску вагонів зі змінною швидкістю, зменшення швидкості розпуску составів.

На залізницях Німеччини проблема значного подрібнення відцепів вирішується шляхом накопичення составів окремих призначень на декількох коліях [2]. Таким чином формуються найбільш довгі відцепи а маневрова робота на наступних станціях мінімізується. Виділення для кожного призначення декількох колій є нераціональним через великі капітальні витрати, тому на сортувальних станціях України друга сортувальна колія виділяється тільки для найбільших призначень, потужністю більше 200 вагонів за добу. Решта призначень має некерований процес утво-

рення відцепів під час накопичення. Середня величина відцепу у складі залежить, в першу чергу, від порядку надходження вагонів до колій сортувального парку. На порядок надходження вагонів певною мірою можливо впливати шляхом перестановки складів в черзі на розформування. Завдяки цьому можна створювати бажану структуру поїздів, що відправляються зі станції без додаткових витрат на сортування під час завершення формування.

Відповідно до поставленої задачі, кожен варіант обробки складів будемо характеризувати обраною послідовністю розформування  $X^{(t)}$ .

Якщо поставити задачу досягти максимально можливої довжини відцепів у складах, що формуються на станції, то критерій задачі ВЧРС можна записати у вигляді виразу:

$$C_{\text{відч}} = \sum_{i=1}^N m_i \longrightarrow \min_{X^{(t)}}, \quad (1)$$

де  $m_i$  – кількість відцепів у  $i$ -му сформованому складі;

$N$  – кількість сформованих складів за період моделювання.

Для вирішення задачі необхідно мати інформацію про маршрути слідування вагонів та станції наступних переробок вагонопотоку. Зазначену інформацію можна отримати із розмічених ТГНЛ на поїзди, що прибувають в розформування, та з діючого плану формування поїздів.

Моделювання процесу накопичення було виконано на протязі трьох змін на основі фактичних даних розмічених натурних листів станції Нижньодніпровськ-Вузол. Оскільки дослідження проводилось з метою виявлення закономірностей процесу розформування-формування, то не враховувались моменти прибуття поїздів в парк прийому.

При дослідженні використовувався метод комбінаторного пошуку раціональної черговості розформування [2]. При цьому процес розформування представляється як багатокроковий процес, кількість варіантів прийняття рішення на кожному кроці може коливатись від 1 до кількості колій в парку прийому. Загальна кількість варіантів черговості розпуску  $n$  складів визначається як  $n!$ . Графічно процес можна представити у вигляді дерева варіантів, наведеному на рис. 1. Дослідження виконувалось для різної глибини планування від 2 до 7 складів. Перерахунок проводився після розформування кожного наступного складу.

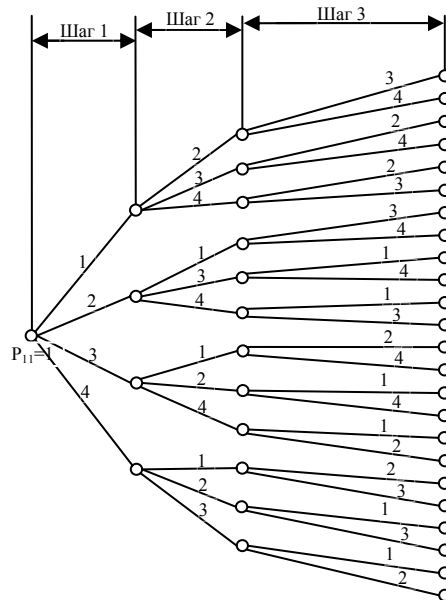


Рис. 1. Граф можливих варіантів черговості розформування

На рис. 2 наведено результати досліджень. Як видно із графіка, за рахунок управління черговістю розформування середню величину відцепу у складах, що накопичуються, можна збільшити на величину до 2...4 % (при глибині планування 3...4 склади). Як і належало очікувати, зі збільшенням кількості складів, що входять до дерева варіантів, середня величина відцепу також збільшується.

Ще одним із параметрів поїздопотоку, що впливає на якість процесу поїздоутворення, є кількість груп у складі поїздів. Під групою розуміємо всі вагони в складі, що під час розпуску мають однакове призначення. Дослідження [4] показують, що простій вагонів під накопиченням залежить від середньої величини груп вагонів, що надходять в переробку. Із збільшенням середньої величини групи, та, відповідно із зменшенням середньої кількості груп, спостерігається скорочення простою вагонів під накопиченням. Особливо зазначена залежність спостерігається при можливості відхилення від заданої величини складу під час накопичення. За рахунок ВЧРС можна зменшувати кількість груп в складах поїздів, що відправляються. Це сприятиме скороченню простою вагонів на наступних технічних станціях.

Якщо поставити задачу відправляти поїзди із якомога меншою кількістю груп за рахунок управління черговістю розформування, то критерій задачі ВЧРС можна сформулювати таким чином:

$$C_{\text{гр}} = \sum_{j=1}^N n_j \longrightarrow \min_{X^{(t)}}, \quad (2)$$

де  $n_j$  – кількість груп  $j$ -го поїзду.

Критерій (2) частково співпадає із критерієм (1), але вони не повністю однакові, оскільки перший критерій передбачає упорядкування відцепів в середині самого составу, відбувається зменшення кількості груп. Відповідно до другого критерію, порядок розміщення відцепів в составі не має значення, має значення лише загальна кількість призначень цих відцепів.

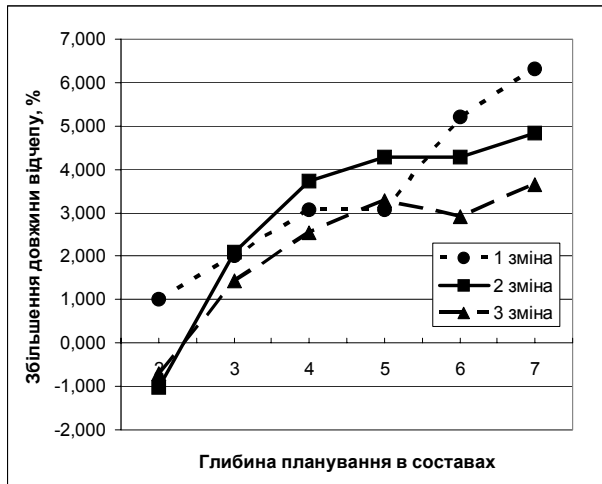


Рис. 2. Залежність середньої довжини відцепу в составі свого формування від глибини планування (в составі)

На рис. 3 наведено результати досліджень ефективності керування процесом розформування за критерієм (2). Моделювання виконувалось за тими самими вихідними даними і в тих самих умовах, що і для першого критерію.

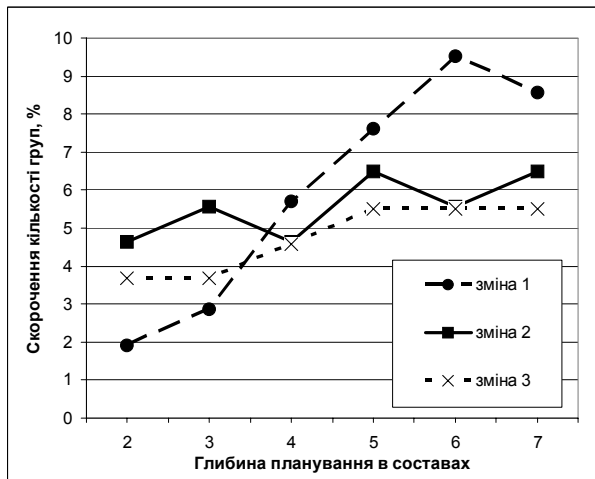


Рис. 3. Залежність середньої кількості груп в составі свого формування від глибини планування (в составі)

Як видно із графіка на рис. 3, у випадку планування черговості розпуску на глибину до трьох-чотирьох составів можливо зменшити

середню кількість груп у составах свого формування на величину до 3...6 %.

Під час вирішення задачі ВЧРС звичайно користуються критерієм мінімального часу знаходження вагонів на сортувальній станції. При цьому черговість розформування визначається без урахування можливих наслідків з точки зору подрібнення составів свого формування на велику кількість відцепів та груп. Черговість розформування, що забезпечує прискорення процесу накопичення вагонів в сортувальному парку, може погіршувати структуру поїздів, що відправляються зі станції. Тому цікаво дізнатись як різняться між собою різні послідовності розпуску за параметрами поїздопотоку, що досліджуються.

На рис. 4 наведено результати дослідження залежності середньої довжини відцепів в составі свого формування від кількості составів, що включаються до дерева варіантів. Моделювання виконувалось три рази для одних і тих же умов, але при різних критеріях ВЧРС. На рисунку наведено три криві, що відповідають послідовностям розпуску, відповідно, що забезпечують максимальну, мінімальну довжину відцепів та обробку в порядку прибуття поїздів FI-FO (First in – First out). Як бачимо, при чотирьох составах, що включаються в дерево варіантів, середня величина відцепу в сформованих поїздах при різних черговостях розпуску коливається в межах від 5,35 до 5,6 вагонів, а різниця між показниками становить 0,25 вагона. Зміна порядку розформування составів може призвести як до збільшення, так і до зменшення довжини відцепів.

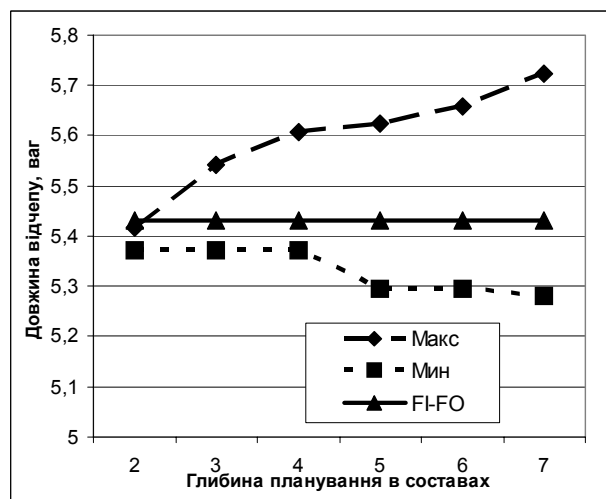


Рис. 4. Коливання середньої довжини відцепу в составі свого формування при різних черговостях розформування

На рис. 5 наведено результати дослідження залежності середньої кількості груп в складі свого формування від кількості складів, що включаються до дерева варіантів. Моделювання, як і в попередньому випадку, виконувалось три рази для одних і тих же умов, але при різних критеріях ВЧРС. На рисунку наведено три криві, що відповідають послідовностям розпуску, відповідно, що забезпечують мінімальну, максимальну кількість груп та обробку в порядку прибуття поїздів FI-FO (First in – First out). Як бачимо, при чотирьох складах, що включаються в дерево варіантів, середня кількість груп сформованих поїздів при різних черговостях розпуску коливається в межах від 5,5 до 6,5, а різниця між показниками становить 1 групу. Зміна порядку розформування складів може призвести як до збільшення, так і до зменшення кількості груп.

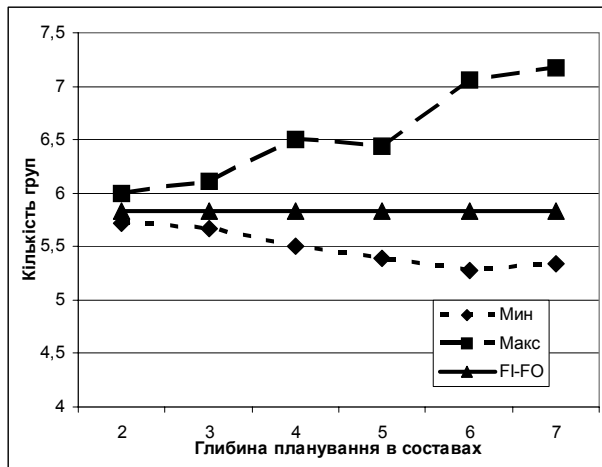


Рис. 5. Коливання кількості груп в складах свого формування при різних черговостях розформування

Із збільшенням глибини планування (в складах) вплив черговості розформування складів на параметри поїздопотоків свого формування збільшується. Це пояснюється тим, що при збільшенні кількості складів, що включаються до дерева варіантів, збільшується загальна кількість варіантів черговості розпуску.

Таким чином, порядок розформування складів впливає на умови маневрової роботи на наступних технічних станціях.

В сучасних умовах, окрім врахування впливу на структуру складів свого формування, є необхідність врахувати той фактор, що, залежно від форми власності та терміну доставки, всі вагони мають різну вартість простою. Тому при накопиченні складу на певне призначення можуть виникати ситуації, коли доцільно пропустити певну групу «термінових» вагонів по-

перед у решти. Досягти цього можна за рахунок перестановки вагонів при завершенні формування, але це потребує витрат палива та часу. В деяких випадках вирішувати указану задачу можливо і раціонально за допомогою зміни черговості розпуску складів.

## Висновки

В роботі досліджено вплив черговості розформування складів на властивості характеристик поїздопотоків. Отримані результати можуть бути використані при вирішенні задачі ВЧРС. Завдяки цьому з'являється можливість враховувати не тільки стан сортувального парку, але і характеристики поїздопотоків.

У роботі показано, що послідовність розформування складів впливає на кількість вагонів у відчепках та кількість груп у складах свого формування, тому під час вирішення задачі визначення черговості розпуску необхідно враховувати вплив указаних параметрів. Таким чином, окрім скорочення простою вагонів на станції формування, забезпечується формування складів із меншою кількістю відчепків та груп, що покращує роботу наступних технічних станцій. Завдяки врахуванню структури складів, що формуються на станції, можуть бути покращенні технологічно-економічні показники процесів поїздоутворення, в тому числі за рахунок більш обґрунтованого планування послідовності розформування складів на станції.

## БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Журавель, В. В. Точність гальмування, кількість вагонів у відчепі та показники роботи сортувальної гірки [Текст] / В. В. Журавель // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 28. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 133-136.
2. Сортировочные станции и эффективность перевозок [Текст] // Железные дороги мира. – 1999. – № 2. – С. 8-12.
3. Буянов, В. А. Автоматизированные информационные системы на железнодорожном транспорте [Текст] / В. А. Буянов, Г. С. Ратин. – М.: Транспорт, 1984.
4. Грунтов, П. С. Ускорение процесса накопления вагонов на сортировочных станциях при неравномерном поступлении поездов в расформирование [Текст] / П. С. Грунтов // Труды БелИИЖТа. – 1966. – Вып. 44-6д. – Гомель, 1966.

Надійшла до редколегії 20.05.2010.

Прийнята до друку 28.05.2010.