

Література

1. O'Dwyer, A. Handbook of PI and PID controller tuning rules – 3rd ed [Текст] / A. O'Dwyer. – London : Imperial College Press, 2010. – 623 p.
2. Rivera, D.E. Internal model control. PID controller design [Текст] / D.E. Rivera, M. Morari, S. Skogestad – Ind. Eng. Chem. Res. 25, 1986. – P. 252–265.
3. Skogestad, S. Simple analytic rules for model reduction and PID controller tuning [Текст] / S. Skogestad // Journal of Process Control. – 2003. – № 13. – P. 291–309.
4. Shinskey, F.G. Process Control Systems: Application, Design, and Tuning. 3rd edn [Текст] / F.G. Shinskey. – McGraw-Hill, New York, 1988. – 376 p.
5. Morari, M. Robust Process Control [Текст] / M. Morari, E. Zafiriou – Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. Jersey, 1989. – 479 p.
6. Åström, K.J. Automatic tuning of simple regulators with specifications on phase and amplitude margin [Текст] / K.J. Åström, T. Hägglund // Automatica 20. – 1984. – P. 645–651.
7. Ковриго, Ю.М. Методика налаштування Н ∞ -ПІД регулятора для об'єктів із запізнюванням [Текст] / Ю.М. Ковриго, Т.Г. Баган // Наукові вісті НТУУ “КПІ”, Київ. – 2013. – № 1. – С. 12–17.
8. Хобін, В.А. Регулятор змінної структури для побутових ефективних робастних автоматичних систем [Текст] / В. А. Хобін, О.І. Парамонов // Журн. Одес. держ. акад. харч. техн. – 1997. – №17. – С. 241–248.
9. Ковриго, Ю.М. Модернізація системи управління тепловою навантажкою прямоточного котлоагрегата ТЭС с использованием динамического корректора [Текст] / Ю. М. Ковриго, М. А. Коновалов, А. С. Бунке. // Теплоэнергетика – 2012. – №10. – С. 43–49.
10. Еремін, Е.Л. Адаптивное и робастное управление объектами теплоэнергетики [Текст] / Е.Л. Еремін, Д.А. Теличенко – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2009. – 228 с.

Обґрунтовано доцільність створення адаптивної системи оперативного управління роботою локомотивного парку для залізниць України. Виконано аналіз сезонної, тижневої та внутрішньодобової нерівномірностей відправлення поїздів з технічних станцій залізничного напрямку, визначено ступінь зв'язку між кількістю відправлених поїздів та тривалістю їх руху між технічними станціями, а також виявлена залежність величини тривалості слідування поїздів по дільницях від сезону року та дня тижня

Ключові слова: нерівномірність руху поїздів, інтенсивність відправлення поїздів, тривалість руху на дільниці, локомотиви, локомотивні бригади

Обоснована целесообразность создания адаптивной системы оперативного управления работой локомотивного парка для железных дорог Украины. Выполнен анализ сезонной, недельной, внутрисуточной неравномерностей отправления поездов с технических станций железнодорожного направления, определена степень связи между количеством отправленных поездов и продолжительностью их следования между техническими станциями, а также выявлена зависимость величины продолжительности хода поездов по участкам от сезона года и дня недели

Ключевые слова: неравномерность движения поездов, интенсивность отправления поездов, продолжительность движения на участке, локомотивы, локомотивные бригады

УДК 656.212.5

АНАЛІЗ НЕРІВНОМІРНОСТІ ВІДПРАВЛЕННЯ ПОЇЗДІВ З ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЙ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ НАПРЯМКУ

Р. В. Вернигора

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: RomaV1@yandex.ru

Л. О. Єльнікова

Асистент*

E-mail: elida@i.ua

*Кафедра «Станції та вузли»

Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту
ім. академіка В. Лазаряна
вул. В. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ,
Україна, 49010

1. Вступ

В умовах конкуренції на ринку вантажних перевезень організація швидкої та своєчасної доставки

вантажів залізничним транспортом має велике значення. Для вирішення цієї задачі слід розробляти організаційно-технічні заходи щодо зменшення тривалості невиробничих простоїв поїздів на технічних

станціях, їх своєчасного забезпечення локомотивними бригадами та технічно справними локомотивами, а також заходи щодо зменшення тривалості руху поїздів між технічними станціями. Однак, як відмічалось в [1], зношення як тягового рухомого складу, так і парку вантажних вагонів Укрзалізниці досягає критичних значень, причому темпи оновлення рухомого складу надто низькі та не відповідають темпам його зношення і росту обсягів перевезень. Моральне та фізичне старіння локомотивів не дають можливості розвивати встановлену швидкість руху вантажних поїздів на перегонах, тому прискорити рух поїздів між технічними станціями і, відповідно, скоротити строки доставки вантажів, досить складно.

Отже, для забезпечення своєчасної доставки вантажів до пунктів навантаження–вивантаження слід вдосконалювати організацію роботи технічних станцій, в тому числі, систему планування та організації роботи вантажного локомотивного парку для зменшення простоїв поїздів на станціях в очікуванні локомотивних бригад та подачі локомотивів.

2. Аналіз попередніх досліджень

Однією з основних причин значного простою поїздів в очікуванні локомотивів є відсутність технічно справних електровозів, що відзначено в роботі [2]. Автор пропонує для удосконалення роботи станцій застосовувати імітаційне моделювання роботи станції на 12 годин вперед з моделюванням основних процесів, в тому числі плану роботи кожного локомотива (технічне обслуговування, підв'язка під поїзда), а також плану відправлення поїздів. Маючи такий детальний прогноз можна завчасно передбачити труднощі в роботі станції та локомотивного депо. Проте, запропонована методика використовується локально – на станції, а при прогнозуванні роботи локомотивного депо слід враховувати поїзне становище на залізничному напрямку в цілому.

В роботах [3, 4] відмічено недосконалість існуючих АРМів працівників локомотивних депо, в тому числі АРМів диспетчерського апарату дирекції та залізниць (в частині функцій, що стосується експлуатації локомотивів та планування роботи локомотивних бригад). Тож, як зазначалось в [5], задача створення адаптивної системи оперативного управління роботою локомотивного парку є досить актуальною для залізниць України, особливо в умовах дефіциту тягового рухомого складу та вантажних вагонів, а також низьких темпах їх оновлення.

Слід зазначити, що при створенні вказаної системи необхідно враховувати нерівномірність відправлення поїздів. Питанням дослідження нерівномірності перевізного процесу та прогнозування розмірів вантажопотоків в експлуатаційній науці присвячено багато наукових робіт. В 1920-1930-ті роки питанням аналізу причин нерівномірності присвячені роботи проф. Земблінова М.В. [6]. Разом з тим в 1930–1950-ті роки практика організації руху поїздів за «жорсткими» нитками графіку показала недоліки такої організації роботи залізниць та стала причиною нових розробок щодо нерівномірності руху поїздів. Дослідженням даної проблеми займалось багато вчених, серед яких

слід особливо виділити роботи [7-9]. Серед багатьох наукових робіт особливої уваги заслуговує фундаментальна праця [10], в якій підкреслюється необхідність застосування системного підходу до прогнозування експлуатаційної роботи з використанням сучасного математичного апарату теорії ймовірності, теорії надійності, теорій масового обслуговування тощо.

Внаслідок суттєвої зміни принципів організації економіки країн пострадянського простору та, як наслідок, зміни умов функціонування залізничного транспорту, проблема аналізу впливу нерівномірності на роботу залізниць та пошук шляхів її зменшення є актуальною і в теперішній час [11-14].

3. Задача дослідження

Для створення адаптивної системи оперативного управління роботою локомотивного парку перш за все слід розробити математичну модель задачі раціонального розподілу локомотивів та локомотивних бригад. Як відомо, вирішення будь-якої прикладної оптимізаційної задачі потребує наявності певного обсягу вихідної інформації, що визначає обмеження задачі.

Для вирішення задачі раціонального розподілу поїзних локомотивів слід мати інформацію про моменти відправлення поїздів зі станцій, що обмежують дільницю. Така інформація може бути отримана за допомогою автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями АСК ВП УЗ – Є. Слід зазначити, що обладнання локомотивів GPS – навігаторами дає можливість визначати дислокацію поїзда в реальному режимі часу для більш достовірного прогнозу моменту прибуття його на станцію.

Також необхідно знати технічний стан локомотива, що визначає необхідність проведення технічного обслуговування або ремонту. Для планування роботи локомотивних бригад потрібно мати інформацію про тривалість їх роботи та необхідність відпочинку. Відомості про локомотивні бригади та технічний стан локомотивів також можуть бути отримані з АСК ВП УЗ – Є.

Для створення прогнозу готовності транзитних поїздів до відправлення, необхідно знати тривалості обслуговування поїздів різних категорій на технічних станціях. Оскільки тривалість обслуговування поїздів є випадковою величиною, для визначення закону та параметрів її розподілу слід виконати статистичну обробку виконаних графіків руху поїздів на технічних станціях напрямку та розробити відповідні імітаційні моделі роботи станцій.

Важливою інформацією для вирішення задачі раціонального розподілу локомотивів та локомотивних бригад є дані про тривалість руху вантажних поїздів на дільницях. Наявність такої інформації необхідне для створення прогнозу моментів прибуття поїздів на станцію. Також при розрахунку прогнозу прибуття поїздів слід враховувати сезонну, тижневу та внутрішньодобову нерівномірності відправлення вантажних поїздів.

Принципова структура інформаційного забезпечення математичної моделі для вирішення задачі раціонального розподілу поїзних локомотивів на залізничному напрямку наведена на рис. 1.

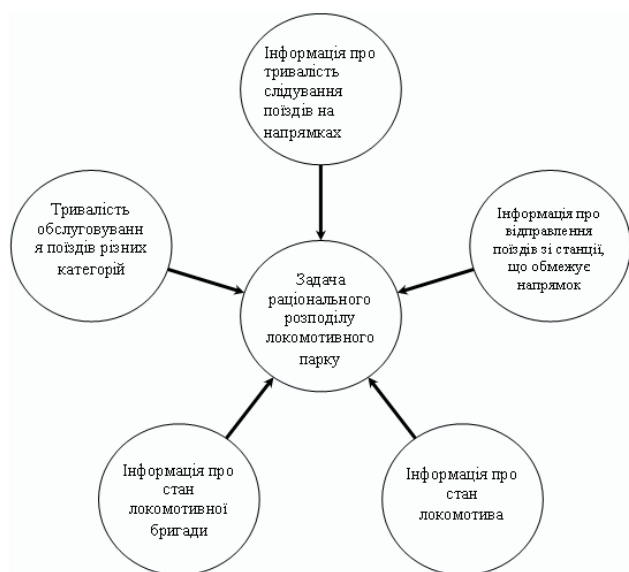


Рис. 1. Структура задачі раціонального розподілу локомотивів та локомотивних бригад

4. Аналіз результатів досліджень

Для дослідження впливу нерівномірностей відправлення поїздів на тривалість їх знаходження на дільницях залізничного напрямку П'ятихатки – Нижньодніпровськ-Вузол – Синельникове-І було проаналізовано три 10-добові періоди 2012 року за січень, травень та червень. На основі статистичної обробки даних про рух вантажних поїздів на вказаному напрямку, наданих ІОЦ Придніпровської залізниці, були отримані параметри законів розподілення випадкових величин тривалості руху поїздів по дільницях між технічними станціями, а також інтенсивність відправлення поїздів з технічних станцій дільниць.

Так, встановлено, що випадкові величини тривалості руху вантажних поїздів на дільницях досліджуваного залізничного напрямку мають логарифмічно-нормальний розподіл.

Окрім того, були виконані дослідження щодо виявлення зв'язку між інтенсивністю відправлення поїздів з технічних станцій та тривалістю їх руху на вказаних дільницях.

На основі кореляційного аналізу були визначені коефіцієнти кореляції для кожної дільниці в залежності від періоду року; при цьому середній коефіцієнт кореляції між інтенсивністю відправлення поїздів та тривалістю їх руху на дільницях склав 0,73, що згідно до шкали Чеддока свідчить про наявність високого зв'язку між цими факторами. Збільшення тривалості руху поїздів між технічними станціями протягом

травня та червня обумовлюються переходом на літній розклад руху зі збільшенням кількості пасажирських поїздів, а також наданням «вікон» для проведення ремонтних робіт.

Аналіз тижневої нерівномірності відправлення поїздів показав, що кожна дільниця має характерні тільки для неї коливання (рис. 2а, б). Так, на дільниці Нижньодніпровськ-Вузол – Синельникове-І спостерігається різке збільшення кількості відправлених поїздів у вівторок, потім зменшення до п'ятниці, а протягом суботи та неділі знову невелике підвищення кількості відправлених поїздів. На дільниці П'ятихатки – Нижньодніпровськ-Вузол спостерігається аналогічна тенденція, проте тут коливання не такі істотні.

Як видно з рис. 2, рух поїздів у непарному напрямку на даній дільниці переважає, але характер тижневої нерівномірності для парного і непарного напрямків співпадає по кожній дільниці. Так, наприклад, підвищення кількості відправлених поїздів протягом вихідних днів пояснюється необхідністю доставки вагонів в пункти навантаження/вивантаження до початку робочого тижня.

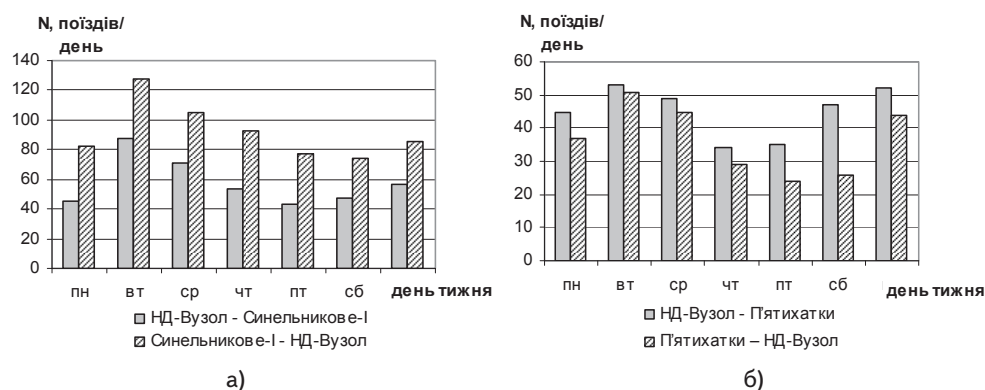


Рис. 2. Кількість відправлених поїздів в залежності від дня тижня на дільницях:
а) Нижньодніпровськ-Вузол – Синельникове-І; б) П'ятихатки – Нижньодніпровськ-Вузол

Залежність між кількістю відправлених поїздів з технічних станцій та днем тижня описується поліномом 3-го ступеня з величиною достовірності апроксимації $R^2=0,86$. Визначення цієї залежності дає можливість спрогнозувати кількість поїздів, що будуть відправлені з технічних станцій у будь-який день тижня в залежності від сезону року.

В результаті виконаних досліджень було встановлено, що випадкові величини тривалості руху поїздів на дільницях по дням тижня також розподілені по логарифмічно-нормальному закону. Виявлення зв'язку між кількістю відправлених поїздів за добу та тривалістю їх знаходження на дільницях було виконано за допомогою методу кореляційного аналізу. Так, середній коефіцієнт кореляції має значення 0,41, що за шкалою Чеддока відповідає помірному зв'язку між величинами.

Для дослідження внутрішньодобової нерівномірності відправлення поїздів з технічних станцій залізничного напрямку доба була розбита на вісім 3-годинних інтервалів. Визначення закону розподілу випадкової величини тривалості руху поїздів по дільницях по кожному періоду показало, що дана випадкова вели-

чина теж розподілена по логарифмічно-нормальному закону. Оцінка кількості відправлених поїздів по періодах дало змогу виявити загальні тенденції відправлення поїздів протягом доби (рис. 3).

Зростання кількості відправлених вагонів зі станції Нижньодніпровськ-Вузол в напрямку станції П'ятихатки в період з 9 год до 12 год обумовлюється необхідністю виконання плану дирекції по здачі вантажних поїздів по станції П'ятихатки-Стикова. Аналогічні тенденції спостерігаються і по напрямку станції Синельникове-І.

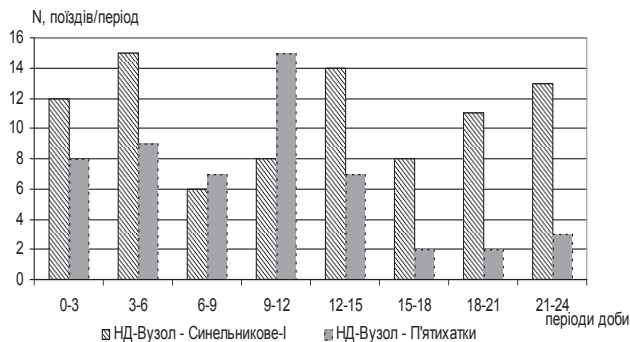


Рис. 3. Діаграма обсягів відправлення поїздів протягом доби на напрямку

Дослідження внутрішньодобової нерівномірності відправлення поїздів з технічних станцій показала відсутність тісного зв'язку між періодом доби та тривалістю їх знаходження на ділянках.

5. Висновки

Виконані дослідження щодо виявлення зв'язку між кількістю відправлених поїздів з технічних станцій залізничного напрямку П'ятихатки – Нижньодніпровськ-Вузол – Синельникове-І та тривалістю їх слідування на ділянках цього напрямку можуть бути використані при створенні адаптивної системи оперативного управління роботою локомотивного парку. Результати аналізу сезонної, тижневої, внутрішньодобової нерівномірності дають змогу спрогнозувати кількість поїздів, які будуть відправлені в той чи інший день тижня та будь-який період доби. Це надає можливість визначити необхідну кількість локомотивів та локомотивних бригад для оперативного забезпечення ними готових до відправлення составів, тобто дасть можливість зменшити невикористані простой вантажних поїздів в очікуванні локомотивів та локомотивних бригад, що, в свою чергу, прискорить швидкість доставки вантажів та покращить конкурентоспроможність залізниць України на ринку вантажних перевезень.

Література

- Вернигора, Р.В. Анализ простоев поездов в ожидании поездных локомотивов на сортировочных станциях [Текст] / Р.В. Вернигора, Л.О. Ельникова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий // 2012. - №5/3 (59). - С.16-19.
- Бачинська, Є.Б. Аналіз технології взаємодії у підсистемах сортувальної станції та локомотивного депо [Текст] / Є.Б.Бачинська, О.А. Малахова // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. - 2010. - Вип. 118. - С. 192-197.
- Жуковицький, І.В. Проблеми та перспективи інформатизації в локомотивному господарстві УЗ [Текст] / І.В. Жуковицький, О.Л. Зіненко, А.Б. Устенко // Локомотив-інформ. - 2008. - № 10. - С. 4-6.
- Жуковицький, І.В. Проблеми та перспективи автоматизації управління локомотивним господарством УЗ [Текст] / І.В. Жуковицький, А.Б. Устенко, О.Л. Зіненко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2009. - №2. - С. 38-42.
- Вернигора, Р.В. Перспективи створення адаптивної системи оперативного управління роботою локомотивів та локомотивних бригад [Текст] / Р.В. Вернигора, Л.О. Ельникова // Зб. наук. праць ДНУЗТ: Серія "Транспортні системи і технології перевезень", Вип. 4. - Д.: ДНУЗТ, 2012. - С. 25-29.
- Земблинов, М.В. Сезонные колебания перевозок грузов на железных дорогах [Текст] / М.В. Земблинов. - М.: Транспечать НКПС, 1928. - 91 с.
- Барков, Н.Н. Сезонная и внутринедельная неравномерность грузовых перевозок на железных дорогах [Текст] / Н.Н. Барков // Труды ВНИИЖТ. Вып. 249. - М.: Трансжелдориздат, 1963. - 95 с.
- Грунтов, П.С. Исследование влияния неравномерности движения по технологии сортировочных станций: автореф. дис. канд. техн. наук. [Текст] / П.С. Грунтов. [БелИИЖТ] – Гомель, 1965, – 24 с.
- Левин, Д.Ю. Оптимизация потока поездов. [Текст] / Д.Ю. Левин. - М.: Транспорт, 1988. - 175 с.
- Правдин, Н.В. Прогнозирование грузовых потоков [Текст] / Н.В. Правдин, М.Л. Дыкандюк, В.Я. Негрей - М.: Транспорт, 1987. - 247 с.
- Сотников, Е.А. Неравномерность грузовых перевозок в современных условиях и ее влияние на потребную пропускную способность участков [Текст] / Е.А. Сотников, К.П. Шенфельд // Вестник ВНИИЖТ. - 2011. - №5. - С. 3-9.
- Баранчев, М.О. Влияние сезонной неравномерности грузовых перевозок на текущие затраты железных дорог: автореф. дис. канд. экон. наук. [Текст] / М.О. Баранчев – Новосибирск, 2005, – 24 с.
- Бодюл, В.И. Повышение ритмичности и эффективности транспортного производства на основе снижения внутрисуточной неравномерности грузовых перевозок на железных дорогах: дисс. докт. техн. наук. [Текст] / В.И. Бодюл – М.: 2006. - 318 с.
- Вернигора, Р.В. Анализ неравномерности грузовых перевозок на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте [Текст] / Р.В. Вернигора, Н.И. Березовый // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2012. - №2/3 (56). - с. 62-67.