

УДК 658.7:656.212.7

БАУЛІНА Г.С., к.т.н., асистент (УкрДАЗТ)

Дослідження процесу виконання маневрової роботи із затриманими вагонами на прикордонних залізничних станціях

Постановка проблеми

Перевізна спроможність та ефективність роботи залізниць при перевезеннях вантажів у міжнародному сполученні визначаються ефективністю роботи прикордонних залізничних станцій (ПС), які повинні забезпечувати безперешкодний пропуск вагонопотоків, завдяки наявності раціональної технології обробки експортно-імпортного вагонопотоку, передачі вантажів з однієї країни в іншу. Це вимагає від транспортної галузі впровадження комплексних заходів з удосконалення технології управління вагонопотоками на прикордонних станціях, зокрема при виконанні додаткової маневрової роботи із затриманими вагонами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питанню виконання маневрової роботи на залізничних станціях в останні часи приділяється багато уваги. У дослідженнях [1] удосконалено технологію маневрової роботи на сортувальній станції на підставі використання ресурсозберігаючого підходу з урахуванням впливу експлуатаційних і конструктивних факторів та вибору раціональних параметрів поздовжнього профілю насувної частини сортувальних гірок. Запропоновано кореляційну математичну модель для визначення коефіцієнта стійкості функціонування сортувальної станції під час проведення маневрової роботи у парках приймання-відправлення та на сортувальній гірці. Для оцінювання впливу технічного забезпечення станцій і обсягів маневрової роботи з місцевими вагонами на показники їх фу-

нкціонування у роботі [2] розроблено модель руху маневрових потягів та імітаційну модель функціонування залізничних станцій. З використанням методів імітаційного моделювання визначено залежності витрат станцій від обсягів маневрової роботи з місцевими вагонами. У [3] автоматизоване планування маневрової роботи запропоновано доповнити комп'ютерним контролем відхилень від заданого плану маневрової роботи за даними супутникового позиціонування маневрових локомотивів.

Але в зазначених дослідженнях не враховувались аспекти виконання маневрової роботи із затриманими вагонами на прикордонних залізничних станціях.

Формулювання мети (постановка завдання)

Ефективність роботи прикордонних залізничних станцій у значній мірі залежить від раціональної організації маневрової роботи із затриманими вагонами. Виконання цієї роботи повинно забезпечувати мінімальні експлуатаційні витрати на здійснення всіх необхідних операцій при обслуговуванні затриманих вагонів. Таким чином, виникає необхідність у дослідженні цього процесу з метою визначення витрат на виконання маневрових операцій із затриманими вагонами на прикордонних залізничних станціях.

Виклад основного матеріалу дослідження

Аналіз роботи прикордонних залізничних станцій протягом 2007 – 2011 ро-

ків відзначає значне збільшення кількості затриманих вагонів у 2011 році. У порівнянні з 2010 роком цей показник збільшено в 2,3 раза (по Укрзалізниці на 53 173 вагона та склав 93 909 вагонів). Збільшення кількості затриманих вагонів відбулося на прикордонних станціях Південно-Західної, Львівської, Південної та Донецької залізниць.

Середній простій затриманих вагонів на прикордонних станціях у 2011 році в порівнянні з минулим роком збільшився на 0,08 доби та склав 1,42 доби. Збільшення середнього простою виникло на Південно-Західній, Одеській та Донецькій залізницях (рисунок 1).

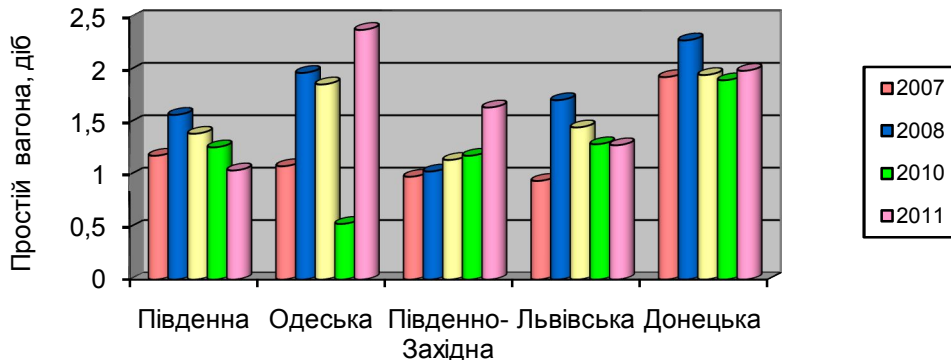


Рис. 1. Динаміка змінення середнього простою затриманих вагонів на прикордонних залізничних станціях залізниць України за 2007 – 2011 роки

Затримки вагонів на прикордонних станціях відбуваються з різних причин: неприймання іноземних вагонів з технічними і комерційними несправностями та повернення їх до суміжної країни, повернення вагонів з вантажем, перевезення якого заборонено конвенцією, відчеплення та подача вагонів, що затримані митницею, на окремі колії для додаткового митного огляду. Також вагони можуть затримуватись на ПС за вимогою прикордонної транспортно-експедиційної контори, відділу декларування, контори передач, технічної контори, фітосанітарної, ветеринарної, екологічної та інших контролюючих державних служб. При обробці затриманих вагонів виникає додаткова маневрова робота, пов'язана з їх відчепленням від складу поїзда та подачею на колії очікування.

Отже, наявність значної кількості вагонів, що затримуються на станції призводить до значних обсягів додаткової ма-

неврової роботи та витрат на її виконання. Серед цих витрат необхідно враховувати:

- витрати, пов'язані з відчепленням затриманих вагонів від складу поїзда, що надходить до прикордонної залізничної станції у транзитному поїзді без переробки;
- витрати на відчеплення затриманих вагонів у процесі розформування складу на гірці;
- витрати на переставлення затриманих вагонів з окремих колій накопичення або очікування до парку відправлення;
- витрати на подачу вагонів з технічними та комерційними несправностями, що повертаються із суміжної країни, до вагоно-ремонтного депо.

Витрати на відчеплення затриманих вагонів

$$C_{\text{відч}} = e_{\text{л-хв}} (t_3 + t_{\text{відч}} m_3 + t_1^{\text{ноб}}), \quad (1)$$

де $e_{л-хв}$ – вартість однієї локомотивовихвилини маневрової роботи, грн;

t_3 – час на заїзд локомотива в транзитний парк або парк відправлення для відчеплення вагонів від состава, що надходить із суміжної країни, хв;

$t_{відч}$ – час на відчеплення вагона від составу поїзда та його подачу на окрему колію, хв;

m_3 – кількість затриманих вагонів, ваг.;

$t_1^{нов}$ – час на повернення маневрового локомотива до колишнього району роботи після подачі вагонів на окрему колію, хв.

Витрати на відчеплення затриманих вагонів при розформуванні состава на гірці

$$C_{розф} = e_{л-хв} \left(t_3 + \frac{t_{розф}}{n} m_3 \right), \quad (2)$$

де $t_{розф}$ – час розформування состава;

n – кількість вагонів у составі, що розформується, ваг.

Витрати на переставлення затриманих вагонів з окремих колій накопичення або очікування до парку відправлення

$$C_{пер} = e_{л-хв} (t_n + t_{нідм} m_3 + t_{пер} m_3 + t_2^{нов}), \quad (3)$$

де t_n – тривалість під'їзду маневрового локомотива до вагонів, що стоять на окремій колії сортувального або іншого парків, хв;

$t_{нідм}$ – час на підтягування вагона для ліквідації “вікон”, хв;

$t_{пер}$ – час на переставлення маневровим локомотивом вагона із сортувального парку до парку відправлення та причеплення до составу поїзда, що відправляється за призначенням, з урахування вуглової передачі з однієї системи до іншої (для двосторонніх прикордонних станцій), хв;

$t_2^{нов}$ – час на повернення маневрового локомотива до колишнього району роботи після переставлення состава з затриманими вагонами до парку відправлення, хв.

Витрати на подачу вагонів з технічними та комерційними несправностями, що повертаються із суміжної країни, до вагоно-ремонтного депо

$$C_{под} = e_{л-хв} (t_n + t_{под}^{БРД} m_3^н + t_3^{нов}), \quad (4)$$

де $t_{под}^{БРД}$ – тривалість подачі несправних вагонів до вагоно-ремонтного депо, хв;

$m_3^н$ – кількість затриманих несправних вагонів, ваг.;

$t_3^{нов}$ – час на повернення маневрового локомотива до колишнього району роботи, хв.

Якщо проведення додаткових маневрових операцій розглядати більш детально в залежності від категорії затриманих вагонів, то можна визначити загальні витрати на їх обробку від прибуття на станцію до відправлення за призначенням.

Під категоріями затриманих вагонів розуміємо:

– вагони, які не приймає ПС та повертає за кордон;

– вагони з технічними та комерційними несправностями, які повертаються до ПС із суміжної країни в составі транзитного поїзда або в составі для розформування та прямують до вагоно-ремонтного депо.

Витрати, пов'язані з відчепленням та поверненням вагонів, які не приймає прикордонна залізнична станція, до суміжної країни

$$C_n = e_{л-хв} (t_3 + t_{відч} m_3^{непр} + t_1^{нов} + t_n + t_{нідм} m_3^{непр} + t_{пер} m_3^{непр} + t_2^{нов}), \quad (5)$$

де $m_3^{непр}$ – кількість вагонів, що надходить із суміжної країни в составі транзитного поїзда, які не приймає прикордонна залізнична станція, ваг.

Якщо вагони до станції надходять у складі з переробкою, то вираз $(t_{відч}^n \cdot m_3^{непр} + t_1^{нос})$ у формулі (5) змінюється на $\frac{t_{розф}}{n} m_3^{непр}$, згідно формули (2).

Витрати на відчеплення та подавання вагонів з технічними та комерційними несправностями, які повертаються із суміжної країни в складі транзитного поїзда без переробки, до ремонтних тупиків або до вагоно-ремонтного депо визначено таким чином:

$$C_{под}^{неспр} = e_{л-хв} (t_3 + t_{відч} m_3^n + t_1^{нос} + t_n + t_{нідм} m_3^n + t_{под}^{БРД} m_3^n + t_2^{нос}), \quad (6)$$

де m_3^n – кількість вагонів з технічними та комерційними несправностями, що повертаються із-за кордону в транзитному поїзді без переробки, ваг.

Аналогічно попереднім розрахункам, при відчепленні несправних вагонів у процесі розформування на гірці вираз $(t_{відч} m_3^n + t_1^{нос})$ у формулі (6) змінюється на $\frac{t_{розф}}{n} m_3^n$, відповідно до формули (2).

Дослідження складної взаємодії технологічних процесів призведе до встановлення багатьох нових та уточнення відомих закономірностей станційних процесів, що дозволить надати працівникам науково обгрунтовані рекомендації щодо удосконалення роботи прикордонних залізничних станцій.

Розглянемо більш детально деякі складові витрат на додаткову маневрову роботу. Необхідно встановити час на виконання маневрових операцій з урахуванням можливих коливань.

Час, що витрачається на заїзд маневрового локомотива, t_3 – величина не постійна. Причиною, що визиває її коливання, є шлях, який прослідує локомотив від свого місця знаходження в даний момент до відповідного парку, що може змінюватися в залежності від того, який локомо-

тив використовується для виконання операції “заїзду”. Звичайно для відчеплення затриманих вагонів застосовують окремих маневровий локомотив (господарський), але він може знаходитись на різній відстані від відповідного складу поїзда, і тому час на заїзд локомотива неможливо встановити заздалегідь. При зайнятості відповідного маневрового локомотива використовується вільний гірковий локомотив, що може знаходитись, наприклад, біля горба гірки або на сортувальних коліях, або на спеціальних коліях відстою локомотивів в сортувальному парку, що впливає на тривалість заїзду. Час, необхідний на виконання даної операції, також не однаковий із-за різної довжини поїздів, що прибувають в транзитний (при його наявності) або парк відправлення, та в залежності від швидкості проїзду локомотива по вільній колії. Таким чином, час на заїзд маневрового локомотива в парк для відчеплення затриманих вагонів від складу транзитного поїзда є випадковою величиною і може бути відображений законом розподілу.

Для дослідження тривалості “заїзду”, як і для інших випадкових величин, що будуть розглядатися далі, доцільно застосувати методи математичної статистики [4,5]. Вибір виду розподілу, який найкраще відповідає статистичній виборці даних, та розрахунок його параметрів проводились з використанням програмного пакету EasyFit 5.0 компанії MathWave. При цьому проведено тест якості підбору щільності розподілу за критеріями Колмогорова-Смірнова та χ^2 -Пірсона.

У зв'язку з тим, що значний вантажообмін залізничним транспортом України здійснюється через митні кордони з Росією, для дослідження обрано прикордонні станції, які взаємодіють з російськими передавальними станціями. Отже, на станції Куп'янськ-Сортувальний були проведені натурні спостереження за травень – серпень 2012 року, які дозволили встановити, що коливання часу на “заїзд”

підпорядковано розподілу Ерланга 3-го порядку (рисунок 2.2) зі щільністю ймовірності

де μ – інтенсивність обслуговування.

Таким чином,

$$f(t_3) = \frac{1}{2} (3\mu)^3 (t_3)^2 e^{-3\mu t_3}, \quad (7)$$

$$t_3 = \frac{1}{2} (3\mu)^3 \int_0^{t_3^{\max}} (t_3)^3 e^{-3\mu t_3}. \quad (8)$$

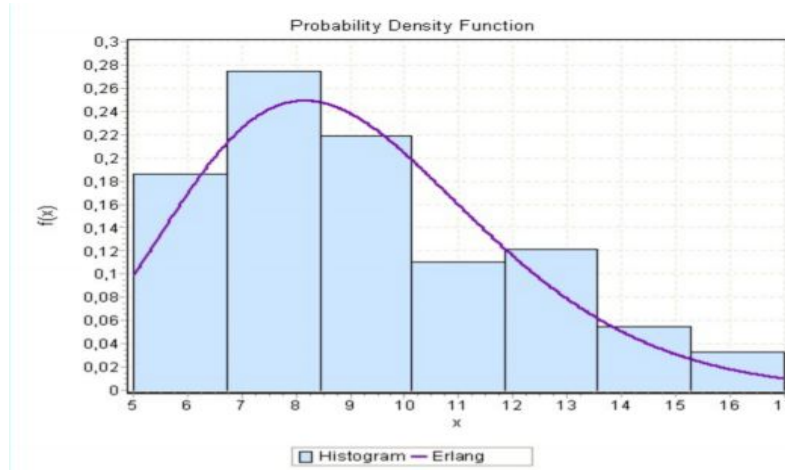


Рис. 2. Гістограма щільності розподілу часу, що витрачається на заїзд маневрового локомотива у парк прибуття

Аналіз тривалості відчеплення вагона визначених категорій від транзитного состава $t_{відч}$, часу розформування состава $t_{розф}$, тривалості під'їзду маневрового локомотива до вагонів, що стоять на окремій колії сортувального парку, t_n , часу на підтягування вагона $t_{нідм}$ та переставлення його до парку відправлення $t_{пер}$, тривалості подачі несправних вагонів до вагону-ремонтного депо $t_{под}^{БРД}$ довів, що коливання цих величин незначні. Це пояснюється тим, що тривалість розглянутих операцій є результатом певної технології, яка визначена технологічним процесом роботи прикордонної залізничної станції. Отже, можна стверджувати, що коливання часу на виконання перелічених маневрових операцій має нормальний розподіл зі щільністю

де \bar{t} – математичне сподівання або центр розсіювання;

σ – середнє квадратичне відхилення випадкової величини від її математичного сподівання;

t – поточне значення випадкової величини.

При дослідженні нерівномірності часу на повернення маневрового локомотива до колишнього району роботи з урахуванням затримок по ворожості $t_1^{нов}$, $t_2^{нов}$, $t_3^{нов}$ встановлено, що на ці операції впливають аналогічні фактори, що і при визначенні тривалості “заїзду”. Як показали результати, цей час має ймовірнісну природу та підпорядковано закону розподілу Ерланга 3-го та 2-го порядку відповідно зі щільністю

$$f(t_1^{нов}) = \frac{1}{2} (3\mu_1)^3 (t_1^{нов})^2 e^{-3\mu_1 t_1^{нов}}; \quad (10)$$

$$f(t_2^{нов}) = (2\mu_2)^2 t_2^{нов} \cdot e^{-2\mu_2 t_2^{нов}}; \quad (11)$$

$$f(t_3^{нов}) = (2\mu_3)^2 t_3^{нов} \cdot e^{-2\mu_3 t_3^{нов}}, \quad (12)$$

де μ_1, μ_2, μ_3 – інтенсивності обслуговування.

Проведені дослідження довели, що кількість затриманих вагонів, n_3 , безумовно є випадковою величиною. Дійсно, працівники прикордонної станції не можуть заздалегідь знати, скільки вагонів, і з яких причин буде затримано на станції та виникне потреба в їх поверненні за кордон. Для дослідження вхідного потоку затриманих вагонів розглянуто статистичні матеріали по станції Куп'янськ-Сортувальний за травень – серпень 2012 року і встановлено закон розподілу цієї величини. Кількість затриманих вагонів задовільно апроксимується геометричним розподілом зі щільністю

$$f(n_3) = p(1-p)^{n_3}. \quad (13)$$

Висновки

Таким чином, наявність значної кількості вагонів, що затримуються на станції призводить до значних обсягів додаткової маневрової роботи та витрат на її виконання. Тому раціональна організація проведення цих маневрових операцій повинна забезпечувати мінімальні експлуатаційні витрати з урахуванням фактору невизначеності та зменшення непродуктивних простоїв на прикордонних залізничних станціях.

Список літератури

1. Топчієв М.П. Удосконалення технології роботи технічних засобів сортувальних станцій на основі ресурсозбереження [Текст]: автореф. дис... канд. техн.

наук: 05.22.20 / Топчієв Микола Петрович. – Харків, 2004. — 21 с.

2. Коробйова Р.Г. Підвищення ефективності експлуатації технічних засобів залізничних вузлів при переробці місцевих вагонопотоків [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук 05.22.20 / Коробйова Руслана Геннадіївна. — Дніпропетровськ, 2009. — 21 с.

3. Бородин А.Ф. Спутниковые технологии в оптимизации управления маневровой работой [Текст] / А.Ф. Бородин // Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 9. – С. 35-36.

4. Акулиничев В.М. Применение математических методов и вычислительной техники в эксплуатации железных дорог [Текст] / В.М. Акулиничев, В.А. Кудрявцев, П.А. Шульженко. – М.: Транспорт, 1973. – 208 с.

5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей [Текст] / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Изд-во “Наука”, 1973. – 366 с.

Анотації:

Ключові слова: прикордонна залізнична станція, маневрова робота, затримані вагони.

У роботі розглянуто процес виконання маневрової роботи із затриманими вагонами на прикордонних залізничних станціях і встановлено експлуатаційні витрати, що пов'язані з проведенням цієї роботи. Визначено закони розподілу часу на виконання маневрових операцій з урахуванням можливих коливань.

В работе рассмотрен процесс выполнения маневровой работы с задержанными вагонами на пограничных железнодорожных станциях и установлены эксплуатационные затраты, которые связаны с проведением этой работы. Определены законы распределения времени на выполнение маневровых операций с учетом возможных колебаний.

In this article the shunting process with detained wagons at the border railway stations was considered and installed the operating costs associated with this work. It was identified the laws of time distribution for doing shunting with possible fluctuations.