

УДК 656.212

Р. В. ВЕРНИГОРА^{1*}, Л. О. ЄЛЬНИКОВА^{2*}

^{1*} Каф. «Станції та вузли», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта roman1@yandex.ua, ORCID 0000-0001-7618-4617

^{2*} Каф. «Станції та вузли», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта elida@i.ua, ORCID 0000-0002-7657-2879

СТРУКТУРА ТА ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРОГНОЗНОЇ МОДЕЛІ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО НАПРЯМКУ

Функціонування адаптивної автоматизованої системи оперативного керування роботою локомотивного парку повинне базуватися на точному оперативному прогнозі поїзної роботи залізничного напрямку. З цією метою необхідно створити прогнозну модель поїзної роботи напрямку, основними задачами якої є розрахунок моментів готовності поїздів різних категорій до відправлення на технічних станціях, а також розрахунок моментів готовності локомотивів та бригад до відправлення з поїздами.

Прогнозна модель поїзної роботи залізничного напрямку включає блок формування вхідної інформації (формування інформації про поїзд, локомотив, бригаду), модуль прогнозу прибуття поїздів (розрахунок прогнозного часу прибуття поїздів), модулі прогнозування роботи локомотивів (розрахунок прогнозного часу готовності локомотивів) та бригад (розрахунок прогнозного часу готовності локомотивних бригад), а також функціональну модель станції (розрахунок прогнозного часу готовності поїздів до відправлення) та модель локомотивного депо (розрахунок прогнозного часу готовності локомотивів та бригад до відправлення з поїздами).

Розробка плану роботи локомотивів та бригад за допомогою адаптивної моделі може бути розглянута як розв'язок оптимізаційної задачі прикріплення локомотивів та бригад до поїздів. В якості критерію оптимальності найбільш доцільно обрати сукупні експлуатаційні витрати, пов'язані з простоями вагонів (вагоно-години), локомотивів (локомотиво-години) та локомотивних бригад (бригадо-години) на технічних станціях в очікуванні відправлення. Оптимальний варіант оперативного плану роботи локомотивного парку на залізничному напрямку визначається по мінімуму експлуатаційних витрат, пов'язаних з непродуктивними простоями на технічних станціях.

Ключові слова: прогноз, прогнозна модель, модуль прибуття поїздів, модель станції, модель локомотивного депо.

Функционирование адаптивной автоматизированной системы оперативного управления работой локомотивного парка должно базироваться на точном оперативном прогнозе поезда работы железнодорожного направления. С этой целью необходимо создать прогнозную модель поезда работы направления, основными задачами которой являются расчет моментов готовности поездов различных категорий к отправлению на технических станциях, а также расчет моментов готовности локомотивов и бригад к отправлению с поездами.

Прогнозная модель поезда работы железнодорожного направления включает блок формирования входной информации (формирование информации о поезде, локомотиве, бригаде), модуль прогноза прибытия поездов (расчет прогнозного времени прибытия поездов), модули прогнозирования работы локомотивов (расчет прогнозного времени готовности локомотивов) и бригад (расчет прогнозного времени готовности локомотивных бригад), а также функциональную модель станции (расчет прогнозного времени готовности поездов к отправлению) и модель локомотивного депо (расчет прогнозного времени готовности локомотивов и бригад к отправлению с поездами).

Разработка плана работы локомотивов и бригад с помощью адаптивной модели может быть рассмотрена как решение оптимизационной задачи прикреплении локомотивов и бригад к поездам. В качестве критерия оптимальности наиболее целесообразно выбрать совокупные затраты, связанные с простоями вагонов (вагоно-часы), локомотивов (локомотиво-часы) и локомотивных бригад (бригадо-часы) на технических станциях в ожидании отправления. Оптимальный вариант оперативного плана работы локомотивного парка на железнодорожном направлении определяется по минимуму эксплуатационных расходов, связанных с непродуктивными простоями на технических станциях.

Ключевые слова: прогноз, прогнозная модель, модуль прибытия поездов, модель станции, модель локомотивного депо.

Functioning of an adaptive automated system of operational management of the locomotive park should be based on an accurate operational forecast of the rail direction train operation. For this purpose it is necessary to create a forecast model of the rail direction train operation, the main task of which is the calculation of the readiness moments of trains' various categories for departure at the technical stations, as well as the calculation of the readiness moments of locomotives and crews for departure with trains.

The forecast model of the rail direction train operation includes block forming input information (forming information about the train, locomotive, crew), the trains' arrival forecasting module (calculation of the forecast time of trains' arrival), the modules forecasting work of the locomotives (calculation of the forecast time of locomotives' readiness) and the crews (calculation of the forecast time of locomotive crews' readiness) and the station functional model (calculation of the forecast time of trains' readiness for departure) and the locomotive depot model (calculation of the forecast time of locomotives' and crews' readiness for departure with trains).

The development of the work plan of the locomotives and crews using adaptive model can be considered as an optimization problem solution of binding locomotives and crews to the trains. As an optimality criterion is most advisable to choose the total operational costs associated with downtime of wagons (wagon-hours), locomotives (locomotive-hours) and locomotive crews (crew-hours) at the technical stations while expecting the departure. The optimal variant of the operational work plan of the locomotive park at the railway direction is determined by the minimum of the operational costs associated with unproductive downtime at the technical stations.

Keywords: forecast, forecast model, module of trains' arrival, station model, locomotive depot model.

Вступ

В сучасних ринкових умовах ефективно функціонування будь-якого підприємства неможливе без адекватного та якісного прогнозування умов його роботи. Адже саме на підставі такого прогнозу здійснюється планування роботи підприємства, оцінюються можливі ризики та розробляються найбільш ефективні моделі функціонування, що відповідають прогнозованій ситуації. Очевидно, що отримання якісного прогнозу наразі неможливе без використання сучасних математичних методів та інформаційних технологій.

Як показує аналіз, на залізничному транспорті однією з актуальних проблем наразі є випадки нерационального планування роботи тягового рухомого складу, що призводить до непродуктивних простоїв на технічних станціях як составів з вагонами, так і поїзних локомотивів та локомотивних бригад. Ефективне оперативне планування роботи локомотивів та локомотивних бригад може бути реалізовано на базі адаптивної автоматизованої системи оперативного керування роботою локомотивного парку. Основною задачею такої системи є розробка оперативних планів роботи локомотивів та бригад з метою зменшення непродуктивних простоїв та пов'язаних з цим витрат.

Аналіз літературних джерел та постановка задачі дослідження

Найбільш ефективним напрямком удосконалення роботи залізничного транспорту та локомотивного господарства зокрема, є використання сучасних систем прийняття рішення та оперативне планування. Автоматизовані робочі місця (АРМ) працівників локомотивного депо,

а також диспетчерського апарату дирекції та залізниць є одними з елементів, які використовуються при оперативному плануванні роботи локомотивів та локомотивних бригад. Проте, як зазначено в роботах [1-3], існують суттєві недоліки вказаних АРМів в частині функцій, що стосується експлуатації локомотивів та планування роботи локомотивних бригад.

Іншим напрямком підвищення ефективності планування роботи локомотивного парку є застосування навігаційних систем. Програмний комплекс на основі даних навігаційного обладнання, окрім власне визначення місцезнаходження локомотивів, повинен функціонувати в якості системи підтримки прийняття оперативних рішень диспетчерським персоналом залізниць. Слід зазначити, що наукові ідеї, запропоновані в роботах [4, 5], наразі знаходяться на стадії розробки відповідних програмних комплексів, а результатів використання програмного забезпечення для оперативного планування роботи залізничного транспорту України, запропонованих в [6, 7], на даний момент немає. Необхідно відмітити, що використання навігаційного обладнання та програмних комплексів на його основі достатньо розповсюджене як в країнах Європи, Азії [8], так і в Сполучених Штатах Америки [9].

З метою розрахунку точного оперативного прогнозу поїзної роботи залізничного напрямку в даному дослідженні пропонується створення прогнозної моделі поїзної роботи напрямку, основними задачами якої є:

– розрахунок моментів готовності поїздів різних категорій до відправлення з технічних станцій;

– розрахунок моментів готовності локомотивів до відправлення з поїздами;

– розрахунок моментів готовності локомотивних бригад до відправлення з поїздами.

Для розрахунку моментів готовності поїздів до відправлення необхідно мати прогноз їх прибуття на технічну станцію, а також прогноз тривалості виконання операцій технологічного процесу з підготовки поїздів до відправлення; при цьому для прогнозу моментів готовності до відправлення поїздів свого формування необхідно мати прогноз процесу накопичення составів у сортувальному парку технічної станції.

Прогноз прибуття включає дані про розрахункові моменти прибуття поїздів на певну технічну станцію залізничного напрямку, відомості про категорію та склад поїздів, необхідність заміни локомотивів та/або бригад. Дані про локомотиви, в свою чергу, необхідні для розрахунку прогнозу моментів їх готовності до відпра-

влення з поїздами у випадку виконання ТО-2 та/або інших видів технічних оглядів та ремонтів. Відомості про використання робочого часу локомотивних бригад дають можливість визначити необхідність заміни бригади або надання їй відпочинку, а також спрогнозувати тривалість такого відпочинку і момент готовності бригади до роботи (відправлення з поїздом).

Структура прогнозної моделі

Розроблена прогнозна модель поїзної роботи залізничного напрямку включає блок формування вхідної інформації, модуль прогнозу прибуття поїздів, модулі роботи локомотивів та бригад, а також функціональну модель станції та математичну модель локомотивного депо (див. рис. 1).



Рис. 1. Структура прогнозної моделі поїзної роботи залізничного напрямку

Блок формування вхідної інформації містить фактичні дані про дату, час відправлення поїзда з суміжної технічної станції, відомості про категорію та склад поїзда, а також дані про локо-

мотив і бригаду (тип локомотива, час проведення останнього ТО-2, час явки локомотивної бригади, тощо).

Модуль прогнозу прибуття поїздів призна-

чений для визначення моментів прибуття поїздів на технічні станції напрямку на основі прогнозування величини тривалості руху поїздів між станціями.

Функціональна модель роботи технічної станції призначена для визначення моментів готовності составів різних категорій до відправлення (моментів готовності состава до причеплення локомотива та/або заміни бригади) на основі імітаційного моделювання тривалості відповідних операцій технологічного процесу.

Модель роботи локомотивного депо призначена для розрахунку моментів готовності локомотивів та бригад до роботи з урахуванням виконання всіх технологічних операцій, а також дотриманням норм тривалості праці та відпочинку локомотивних бригад. Вихідними даними для роботи моделі локомотивного депо є результати функціонування модулів прогнозу роботи локомотивів та бригад.

Модуль прогнозу прибуття поїздів на технічні станції

Як було зазначено, точний прогноз прибуття поїздів на технічні станції є основою ефективного функціонування прогновної моделі роботи напрямку в цілому. Тож, основною задачею модуля прогнозу прибуття поїздів є розрахунок прогнозних моментів прибуття поїздів на технічні станції напрямку з урахуванням всіх факторів, які впливають на тривалість руху вантажних поїздів на дільницях. Вихідні дані для модулю прогнозу прибуття поїздів отримуються з АСК ВП УЗ-Є (через блок формування вхідної інформації) в реальному режимі часу та можуть бути представлені наступною структурою:

$$N_i = \{I_i, K_i^B, K_i^N, T_i, Q_i, V_i, Z_i\}, i=1, \dots, N_d, (1)$$

де I_i – індекс поїзда;

K_i^B, K_i^N – код станції відправлення та призначення поїзда, відповідно;

T_i – вектор дати відправлення поїзда з сусідньої технічної станції;

Q_i – маса поїзда брутто поїзда;

V_i – вектор даних про вагони поїзда;

Z_i – тип локомотива;

N_d – кількість поїздів на дільниці.

Вектор дати відправлення i -го поїзда з сусідньої технічної станції включає відомості про час відправлення протягом доби t_i , день тижня d_i та місяць року y_i та має наступну структуру:

$$T_i = \{t_i, d_i, y_i\}, i=1, \dots, N_d. (2)$$

Вектор даних про вагони i -го поїзда представляється наступним чином:

$$V_i = \{m_i, C_i\}, i=1, \dots, N_d, (3)$$

де m_i – кількість вагонів у i -му поїзді;

C_i – вектор даних про призначення вагонів i -го поїзда, який характеризується структурою:

$$C_i = \{c_j\}, j=1, \dots, m_i, (4)$$

де c_j – призначення j -го вагона в i -му поїзді.

Принцип роботи модуля прогнозу прибуття поїздів наступний: після отримання оперативних даних про відправлення вантажного поїзда з сусідньої технічної станції залізничного напрямку визначається прогнозна тривалість руху поїзда між станціями з урахуванням впливу раніше визначених факторів, після чого розраховується прогнозний момент прибуття поїзда на технічну станцію.

За результатами досліджень, виконаних у [10], на тривалість руху вантажного поїзда, і, відповідно, на час його прибуття, окрім власне параметрів залізничної ділянки (довжина, профіль, обмеження швидкості тощо), суттєвим чином впливають дата і час відправлення з сусідньої технічної станції, а також маса поїзда та тип локомотива.

Для розрахунку прогновної тривалості руху поїздів між технічними станціями напрямку був використаний апарат штучних нейронних мереж, який є ефективним сучасним засобом прогнозування будь-яких величин та процесів [11], в тому числі процесів, пов'язаних з роботою залізничного транспорту [12, 13].

Структура імітаційної моделі сортувальної станції

Для прогнозування тривалості виконання операцій з поїздами на технічних станціях по підготовці їх до відправлення авторами використана імітаційна модель сортувальної станції, яка була розроблена науковцями кафедри «Станції та вузли» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна [14].

В даній моделі сортувальна станція розглядається як стохастична багатофазна багатоканальна система масового обслуговування (СМО), що складається з комплексу технологічних підсистем, кожна з яких також моделюється як СМО і представляє собою окремий універсальний імітаційний модуль. В якості вхідного потоку заявок на обслуговування у системі використовуються результати функціонування модуля прогнозу прибуття поїздів.

Модуль парку прибуття призначений для моделювання технологічного процесу обслуговування поїздів, що надходять у розформування. Модуль сортувального парку необхідний для моделювання процесу розформування, накопичення та формування составів. Модуль парку відправлення призначений для моделювання обслуговування транзитних поїздів та поїздів свого формування. Кожний з цих модулів включає наступні об'єкти:

– колійний розвиток (кількість колій та їх спеціалізація; стан колій, довжина колій, об'єкти на колії та ін.);

– виконавці технологічних операцій (бригада ПТО і ПКО, маневрові та поїзні локомотиви, сигналісти тощо), кожен з яких характеризується певними параметрами (спеціалізація виконавця, поточний стан, номер об'єкта, який обслуговує виконавець, момент початку та закінчення виконання операції).

Модуль керування (МК) призначений для організації процесу обслуговування поїздів на станції (вибір черговості обслуговування, вибір колії прийому або перестановки состава, вибір виконавця технологічної операції тощо). В процесі управління роботою станції МК керується даними про поточний стан колій і виконавців, їх параметри та параметри составів.

Вхідний потік поїздів для функціональної моделі технічної станції формується модулем прогнозу прибуття поїздів, а поточна ситуація на станції (знаходження вагонів, поїздів, ступінь завершення технологічних операцій з ними) формується з динамічної моделі діючої на станції автоматизованої систему керування. Далі на основі моделювання технологічного процесу обслуговування поїздів у парках технічної станції визначаються прогнозні моменти готовності поїздів до відправлення.

Структура моделі роботи локомотивного депо

Одним з основних елементів прогнозованої моделі поїзної роботи залізничного напрямку є математична модель роботи локомотивного депо. Дана модель призначена для вирішення двох основних задач:

1) розрахунок прогнозних моментів готовності локомотивів з урахуванням періодичності та тривалості виконання всіх видів поточного технічного обслуговування та ремонту тягового рухомого складу;

2) розрахунок прогнозних моментів готовності локомотивних бригад з урахуванням дотримання норм тривалості праці та відпочинку.

В моделі локомотивного депо для вирішення кожної з вказаних задач вбудовано модуль прогнозування роботи локомотивів та модуль прогнозування роботи локомотивних бригад, відповідно.

Слід зазначити, що прогнозний час прибуття локомотива на технічну станцію отримується з модуля прогнозу прибуття поїздів, решта даних – з банку даних АСК ВП УЗ-Є.

Локомотивний парк депо може бути представлений наступним чином:

$$L = \{L_1, L_2, \dots, L_j\}, j=1, \dots, P, \quad (8)$$

де L_1, L_2, \dots, L_j – вектори даних про локомотиви, що приписані до депо;

P – кількість локомотивів, приписаних до депо.

Вектор даних про j -ий локомотив можна представити наступною структурою:

$$L_j = \{Z_j, N_{L_j}, T_{\text{приб } j}, T_{\text{ТО/рем } j}^{\text{поч}}, T_{\text{ТО/рем } j}^{\text{зак}}\}, j=1, \dots, P, \quad (9)$$

де Z_j – тип локомотива;

N_{L_j} – номер локомотива;

$T_{\text{приб } j}$ – прогнозний час прибуття локомотива на технічну станцію (якщо локомотив знаходиться в депо, то $T_{\text{приб } j}=0$);

$T_{\text{ТО/рем } j}^{\text{поч}}$ – момент початку технічного обслуговування або ремонту локомотива. Якщо локомотив знаходиться в русі або в депо після обслуговування (ремонту) в очікуванні відправлення з поїздом, то $T_{\text{ТО/рем } j}^{\text{поч}}=0$;

$T_{\text{ТО/рем } j}^{\text{зак}}$ – момент закінчення технічного обслуговування або ремонту локомотива.

Після прибуття вантажного поїзда на технічну станцію локомотив може одразу бути прикріплений до наступного поїзда, якщо виконується умова:

$$t_{\text{період}} > t_{\text{факт. роб.}} + t_{\text{поїздки}}, \quad (10)$$

де $t_{\text{період}}$ – періодичність виконання ТО-2 чи інших видів технічного обслуговування або ремонту;

$t_{\text{факт. роб.}}$ – фактична тривалість роботи локомотива (від моменту виконання останнього технічного обслуговування або ремонту);

$t_{\text{поїздки}}$ – сумарна тривалість поїздки в обидва кінця.

Якщо умова не виконується, то з локомотивом виконується технічне обслуговування або ремонт. Слід зазначити, що поточне технічне обслуговування ТО-1 виконує локомотивна бригада під час приймання/здачі локомотива в основному та/або оборотному депо, а також під час руху поїзда та стоянок на проміжних стан-

ціях. Момент готовності локомотива до виконання поїзної роботи $M_{\text{гот}}^{\text{лок}}$ визначається в залежності від його поточного стану (в русі, в депо під ремонт, в очікуванні виконання поїзної роботи) та необхідності проведення технічного обслуговування або ремонту, а також з урахуванням тривалості проведення робіт з локомотивом.

Основною задачею модуля роботи локомотивних бригад є визначення прогнозного моменту готовності бригади до відправлення з поїздом. Для вирішення такої задачі необхідно:

- мати дані про прогнозний час прибуття бригади (поїзда) на технічну станцію, який розраховується модулем прогнозу прибуття поїздів на станцію;

- визначити, чи необхідний бригаді відпочинок, а також його тривалість відповідно до чинного законодавства;

- в залежності від необхідності та тривалості надання відпочинку визначити прогнозний час готовності локомотивної бригади до виконання поїзної роботи.

Вектор даних про локомотивну бригаду, відомості для якого отримуються з банку даних АСК ВП УЗ-Є, може бути представлений такою структурою:

$$B_k = \{ T_{Nk}, t_{\text{явки } k}, F_k \}, k=1, \dots, Y, \quad (11)$$

де T_{Nk} – табельний номер машиніста;

$t_{\text{явки } k}$ – час явки машиніста;

F_k – прізвище машиніста;

Y – загальна кількість бригад, що обслуговує залізничну дільницю.

Бригаді надається відпочинок в оборотному депо, якщо виконується умова:

$$t_{\text{п}} > t_{\text{безп}}, \quad (12)$$

де $t_{\text{п}}$ – тривалість поїздки в обидва кінця;

$t_{\text{безп}}$ – максимально можлива тривалість безперебійної роботи бригади.

Якщо умова не виконується, то бригаді відпочинок в оборотному депо не надається, і бригада одразу може бути відправлена в зворотну сторону з поїздом.

Модуль роботи локомотивних бригад визначає для кожної бригади момент готовності $M_{\text{гот}}^{\text{бриг}}$ до виконання поїзної роботи. Основою методики визначення моменту готовності бригади є принципи організації роботи локомотивних бригад, наведені в [14].

Якщо локомотивна бригада повернулася в основне депо, то прогнозний момент готовності до наступної поїздки може бути визначений наступним чином:

$$M_{\text{гот}}^{\text{бриг}} = T_{\text{приб}} + t_{\text{зд}} + T_{\text{відп}}, \quad (13)$$

де $T_{\text{приб}}$ – прогнозний момент прибуття бригади (поїзда) на технічну станцію;

$t_{\text{зд}}$ – тривалість операцій, пов'язаних зі здаванням локомотива та оформленням маршруту машиніста;

$T_{\text{відп}}$ – тривалість відпочинку в основному депо.

Якщо локомотивна бригада слідує по напрямку оборотного депо, визначається необхідність надання їй відпочинку за умовою (12); після чого визначається прогнозний момент готовності бригади до відправлення з поїздом.

Якщо локомотивній бригаді необхідно надати відпочинок, момент її готовності до поїзної роботи розраховується наступним чином:

$$M_{\text{гот}}^{\text{бриг}} = T_{\text{приб}} + t_{\text{збр}} + 0,5 t_{\text{р}} + t_{\text{пбр}}, \quad (14)$$

де $t_{\text{збр}}$ – час роботи бригади від моменту прибуття до здавання локомотива;

$t_{\text{р}}$ – фактичний час роботи локомотивної бригади на дільниці від явки на роботу по пункту їх приписки до моменту здавання локомотива в пункті обороту;

$t_{\text{пбр}}$ – час роботи бригади по пункту обороту від моменту явки бригади до відправлення з поїздом.

Якщо локомотивній бригаді не потрібно надавати відпочинок, момент її готовності до поїзної роботи розраховується так:

$$M_{\text{гот}}^{\text{бриг}} = T_{\text{приб}} + t_{\text{техбр}}, \quad (15)$$

де $t_{\text{техбр}}$ – підготовчо-заклучний час роботи бригади по пункту обороту.

Тривалість виконання вказаних вище операцій визначається згідно технологічних процесів роботи конкретних локомотивних депо.

Таким чином, на основі даних про періодичність та тривалість виконання технічних оглядів і ремонтів тягового рухомого складу, а також про дату їх останнього проведення можна з досить точно розрахувати прогнозні моменти готовності локомотивів до поїзної роботи. Окрім того, на основі даних про прогнозний час прибуття бригад (поїздів) на технічні станції залізничного напрямку, даних про тривалість виконання технологічних операцій, а також про необхідність надання відпочинку в оборотному депо можна визначити прогнозний час готовності локомотивних бригад до відправлення з поїздом за умови дотримання встановлених норм тривалості праці та відпочинку.

Висновки

Одним з напрямків підвищення ефективності роботи залізниць є удосконалення технології використання тягового рухомого складу при організації вантажних перевезень. Для якісного оперативного планування роботи локомотивного парку на залізничних ділянках пропонується створення відповідної адаптивної автоматизованої системи. Основу вказаної системи складає прогнозна модель роботи залізничного напрямку, яка на підставі фактичних даних з АСК ВП УЗ-С про поїзне положення на залізничних ділянках і технічних станціях визначає моменти готовності поїздів, локомотивів та бригад до відправлення з технічних станцій. Авторами розроблена структура прогновної моделі залізничного напрямку, а також застосовано сучасний математичний апарат для реалізації моделлю поставлених задач.

У подальшому на основі отриманих прогнозних даних розробляється оперативний план закріплення локомотивів і бригад за поїздами. При цьому розробка плану роботи локомотивів та бригад може бути розглянута як розв'язок оптимізаційної задачі. В якості критерію оптимальності найбільш доцільно обрати сукупні експлуатаційні витрати, пов'язані з простоями вагонів (вагоно-години), локомотивів (локомотиво-години) та локомотивних бригад (бригадо-години) на технічних станціях в очікуванні відправлення.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. 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.
2. 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.
3. Стужук, А. А. Експлуатація автоматизованої системи управління локомотивним парком і локомотивними бригадами [Текст] / А. А. Стужук, В. С. Коновалов // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – 2010. – Вип. 114. – С. 27-29.
4. Дементієнко, Р. В. Автоматизована система керування і контролю за тяговим рухомим складом залізничного транспорту із застосуванням навігаційних систем [Текст] / Р. В. Дементієнко // Зб. наук. праць Укр. держ. академії заліз. тр-ту. – 2010. – Вип. 118. – С. 157-162.
5. Мартиросян, С. Р. Формування моделі визначення раціональних варіантів пропуску поїздів по дільниці [Текст] / С. Р. Мартиросян, О. В. Лаврухін

// Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 4/3(52). – С. 35-37.

6. Вохминцев, С. В. Концепция информационного обеспечения железнодорожного транспорта [Текст] / С. В. Вохминцев, Р. В. Семчук, А. Ю. Гуль // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2011. – № 5. – С. 27-31.

7. Білоус, Ю. А. Результати роботи локомотивного господарства в 2012 році [Текст] / Ю. А. Білоус // Локомотив-інформ. – 2013. – № 04. – С. 27-31.

8. Shoab, Mohd. Development and implementation of web service for logging and retrieving real time train location information [Електрон. ресурс] / Mohd Shoab, Kamal Jain, M Shashi // international journal of soft computing & engineering. 2013. – 2(6). – Р. 409-412. Режим доступу: <https://doaj.org/article/39f63df896784a5a905429af48499301>

9. PTC making slow progress [Текст] // Railway gazettee international. – April, 2013. – Р. 38-42

10. Єльнікова, Л. О. Дослідження тривалості руху вантажних поїздів між технічними станціями залізничного напрямку [Текст] / Л. О. Єльнікова // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2014. – Вип. 8. – С. 35-39.

11. Вернигора, Р. В. Можливості використання штучних нейронних мереж при прогнозуванні поїзної роботи залізничних напрямків [Текст] / Р. В. Вернигора, Л. О. Єльнікова // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2014. – Вип. 7. – С. 15-19.

12. Sun, Y. A PSO-GRNN model for railway freight volume prediction [Електрон. ресурс] / Y. Sun, M. Lang, D. Wang, L. Liu // Journal of Industrial Engineering and Management. – 2014 – 7(2). – Р. 413-433. Режим доступу: <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.1007>

13. Лаврухін, А. В. Формирование интеллектуальной модели функционирования железнодорожной станции при выполнении поезда работы [Текст] / А. В. Лаврухін // Наука та прогрес транспорту : вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2015. – № 1 (55). – С. 43-53.

14. Вернигора, Р. В. Дослідження процесів соціалізації на сортувальних станціях методами імітаційного моделювання [Текст] / Р. В. Вернигора, О. В. Пугач // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 6/4. – С. 52-55.

15. Особливості регулювання робочого часу і часу відпочинку окремих категорій працівників залізничного транспорту, робота яких безпосередньо пов'язана із забезпеченням безпеки руху поїздів і обслуговуванням пасажирів [Текст] : затв. : Наказ Укрзалізниці 10.03.1994 р. № 40-Ц.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Бобровським В. І. (Україна)

Надійшла до редколегії 06.05.2015.

Прийнята до друку 10.05.2015.