

Українська державна академія залізничного транспорту

Петрушов Василь Володимирович

УДК 656.21.02:656.222.3

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ТРАНЗИТНИХ ВАГОНІВ НА ТЕХНІЧНІЙ
СТАНЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ВУЗЛА**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2007

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту на кафедрі „Управління експлуатаційною роботою” Міністерства транспорту України

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор

ДАНЬКО Микола Іванович, Українська державна академія залізничного транспорту, кафедра „Управління експлуатаційною роботою і міжнародними перевезеннями”, ректор

Офіційні опоненти: - доктор технічних наук, професор ЖУКОВИЦЬКИЙ Ігор Володимирович, Дніпропетровський Національний Університет Залізничного Транспорту ім. Лазаряна, кафедра “Електронно- обчислювальні машини”, завідувач кафедри

- кандидат технічних наук, доцент ЯНОВСЬКИЙ Петро Олександрович, Державне підприємство “Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України”, відділ “Технологія і організація перевезень”, начальник відділу

Захист відбудеться „25” жовтня 2007 р. о 14-00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 в Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту, за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий ”22” вересня 2007 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

Д.В.Ломотько

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. В умовах реформування економіки України залізничному транспорту належить вирішувати складні проблеми адаптації до роботи в ринкових умовах і забезпечення зростаючих вимог до якості та ефективності транспортних послуг.

Перехід народного господарства до ринкових відносин вимагає інтенсивного пошуку ефективних технологій процесу перевезення та методів їх реалізації, спрямованих як на поліпшення економічних показників, так і підвищення якості перевезень, привабливості, престижності та конкурентоспроможності залізниць.

Згідно з Державною програмою реформування залізничного транспорту України, директивою ЄС 91/440 від 29.07.1991р., Програмою інформатизації залізничного транспорту потрібно удосконалювати існуючі та створювати нові технології роботи станцій вузла в процесі обробки транзитних вагонів, що проходять через них.

Актуальність теми. Останнім часом з позиції ресурсозбереження постає питання щодо зменшення одиниць рухомого складу при збереженні та зростанні обсягів роботи. Це може бути досягнуте за рахунок скорочення простою вагона на технічній станції.

Порівнюючи показники за період 2000—2006 рік, бачимо, що простій на 1 технічній станції зменшився з 9,64 год до 6,9 год, або на 28 %. Однак розглядаючи динаміку цього зменшення, можна зробити висновок про його сповільнення: у 2001 році — 22 %, у 2002 — 5 %, у 2003 — 2,5 %, у 2004 — 0,8%, у 2005 році він майже не змінився, а у 2006 спостерігалось незначне збільшення (дані по простою для робочого парку). При цьому цей простій поки що значно перевищує показник 1991 року (5,43 год). Це означає, що існуючі заходи вже не є дійовими і необхідний пошук нових шляхів.

Сучасний перевізний процес характеризується значною невизначеністю потоків та постійними несистемними коливаннями. Крім цього, великий вплив здійснює людський фактор при прийнятті оперативних рішень. Тому постає необхідність у організації системи управління, яка буде працювати у реальному режимі часу і мати можливість оперативно реагувати на змінення поїзної ситуації, надаючи робітникам інформацію для прийняття рішення. Ця потреба диктується ще й необхідністю удосконалення існуючих інформаційно-керуючих систем та автоматизованих робочих місць.

Таким чином, представлена дисертаційна робота є актуальною.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася у відповідності з Програмою реформування залізничного транспорту України, Закону про інформатизацію, а також з науково-дослідницькою темою “Розробка та дослідження технології перевізного процесу на залізничному транспорті на основі ресурсозбереження” ДР 0105U000898.

Мета та завдання дослідження. Мета дисертаційної роботи – удосконалення технології обробки транзитних вагонів на технічній станції шляхом скорочення простою вагонів за рахунок

впровадження системи підтримки оперативних рішень керівників перевізного процесу, яка базується на апараті нечітких нейронних мереж. Це, в свою чергу, позитивно вплине на всі експлуатаційні показники як вузла, так і всієї дирекції перевезень та залізниці.

Для реалізації зазначеної мети необхідно здійснити:

- аналіз існуючої технології управління вагонопотоками у залізничному вузлі та комплексу задач, що вирішуються на АРМ оперативних робітників;
- визначення основних компонентів технологічного процесу обробки транзитних вагонів, які потребують розробки методів їх удосконалення та модулів, які будуть виконувати задачі оцінки показників роботи залізничного вузла та надавати інформацію оперативним робітникам;
- розробку нових функціональних задач для підтримки прийняття раціональних рішень робітниками, що інтегровані до відповідних АРМів, задіяних в процесі обробки транзитних вагонів;
- розробку математичних моделей які відображають процес обробки транзитних вагонів на технічній станції, враховуючи невизначеність вагонопотоків та фактори, що впливають на нерівномірність виконання операцій з складами;
- обґрунтування можливості інтеграції нової інформаційно-керуючої системи в існуючі на залізничному транспорті з врахуванням механізмів підтримки оперативних рішень у масштабах дирекції перевезень і більших полігонів;
- впровадження нової технології обробки транзитних вагонів у залізничному вузлі та визначення економічного ефекту від її впровадження.

Предмет дослідження – процес обробки транзитних вагонів на технічній станції.

Об'єкт дослідження – удосконалення технології обробки транзитних вагонів шляхом впровадження системи підтримки оперативних рішень.

Методи дослідження. Дослідження базуються на аналізі простою транзитного вагона на підставі статистичних даних за останні 4 роки та окремих його елементів з використанням методів теорії імовірностей та математичної статистики. Розробка технології базується на застосуванні методів системного аналізу та апарату штучних нейронних мереж, її комбінації з теорією нечіткої логіки та можливостей — гібридних нечітких нейронних мережах. Для процесу навчання мережі використовуються методи генетичних алгоритмів. Модулі нечіткого управління реалізовані на базі апарату гібридних нейронних мереж.

Наукова новизна одержаних результатів. У даній дисертаційній роботі розглянуте питання удосконалення технології обробки транзитних вагонів на технічних станціях залізничного вузла шляхом впровадження системи підтримки оперативних рішень, яка заснована на апараті нечітких штучних нейронних мереж, з врахуванням нових функціональних задач, що дозволяє оптимізувати процес приймання та відправлення складів зі станцій вузла, використовуючи існуючі потужності та скоротити простої вагонів.

- Вперше на основі впровадження математичного апарату нечітких нейронних мереж формалізована технологія роботи технічної станції у залізничному вузлі. Це дало можливість оперативно пристосовуватися до змін, які виникають у перевізному процесі, зробити систему більш стійкою до коливань вагонопотоків.

- Вдосконалено систему оцінювання показників роботи вузла, що надає можливість, на відміну від існуючої на залізницях, оперативно впливати на його виконання під час технологічного процесу.

- Вперше були запропоновані методи удосконалення технологічного процесу прийняття та відправлення поїздів зі станцій вузла на основі гібридних систем за допомогою розробленого нового показника якості. Це дозволяє приймати рішення у нечітких ситуаціях, а також вирішувати задачі, коли завдання не може бути чітко формалізовано.

- Вдосконалено комплекс функціональних задач з обробки транзитного вагонопотоку, які вирішуються АРМами оперативних робітників на рівні вузла, що дозволило інтегрувати нову систему підтримки оперативних рішень у існуючі інформаційно-керуючі системи залізничного транспорту.

- Визначені шляхи для впровадження комплексної системи, побудованої на основі нейро-нечітких технологій, на полігоні, що значно перевищують за розмірами залізничний вузол (дирекція перевезень, залізниця), і може моделювати будь-які технологічні процеси та виконувати оцінку отриманих показників з метою надання підтримки при прийнятті оперативних рішень робітниками та керівництвом.

Практичне значення одержаних результатів.

Запропоновано систему підтримки рішень, яка дозволяє оптимізувати технологічний процес обробки составів та вагонів на технічній станції в умовах нестабільності умов перевізного процесу. Результатом розробки є удосконалення АРМ оперативних керівників таким чином, що вони отримують інформацію у вигляді лінгвістичних змінних, що представляють собою варіанти вирішення поставленої задачі з урахуванням статистичних даних та їх аналізу. Застосування вдосконалених АРМ оперативних керівників, в свою чергу, дозволяє скоротити час простою вагону на технічній станції на 15%.

Нечіткі модулі управління, які є складовими частинами нової адаптивної системи, дають можливість оптимізувати процес прийняття та відправлення составів на технічній станції, що дозволяє зменшити експлуатаційний парк локомотивів на 10% та відповідно, час їх використання. Крім цього, отримана можливість визначення оптимальної кількості бригад оглядачів при даних обсягах руху та скорочення кількості робітників СТЦ.

Новий підхід до організації управління технологічним процесом обробки составів у вузлі надає можливість оперативного реагування на всі відхилення від оптимального варіанту, що надає можливість запобігти зайвим простоям через неузгодженість у діях підрозділів.

Значні перспективи постають перед системою при розширенні її за межі одного вузла, надаючи можливість оперативного визначення значної кількості різних показників та оцінки якості їх виконання.

Розроблений програмно-апаратний комплекс, впроваджений на Харківському залізничному вузлі, дозволив отримати економію експлуатаційних витрат за рік у розмірі 2642786,05 грн при капітальних вкладеннях 4265400 грн. Це дає можливість визначити строк окупності у 1,61 роки.

Особистий внесок здобувача.

Усі результати роботи отримані особисто автором або при його безпосередній участі.

У співавторстві опубліковані 5 статей. Особистий внесок автора полягає у наступному:

- статтях [1,2] виконано аналіз організації роботи з місцевими вантажами у залізничному вузлі та визначена необхідність організації центрів обслуговування клієнтів залізниці у складі комплексної системи управління оперативною роботою;

- у статті [3] визначені основні шляхи щодо створення єдиної адаптивної системи управління роботою залізничного вузла, які полягають у вдосконаленні функціональних задач існуючих інформаційно-керуючих систем;

- у статті [4] розглядається використання методів нечіткої логіки та теорії можливостей для управління вагонопотоками у залізничному вузлі;

- у статті [5] запропонована адаптивна система управління роботою вузла на базі гібридних мереж.

Апробація результатів дисертації.

Основні положення дисертації доповідалися та обговорювалися на:

- 66 – 69 міжнародних науково-технічних конференціях кафедр УкрДАЗТ та працівників залізниці, 2004-2007 рр.;

- міжнародній науково-практичній конференції „Проблеми економіки и управління на железнодорожном транспорте”, Київський університет економіки та технологій транспорту, Науково-технічна спілка залізничників України, 2007 р. (м. Судак);

- міжнародній науково-практичній конференції „Наука у транспортному вимірі”, Державний науково-дослідний центр Укрзалізниці (м. Київ), 2005 р.;

Публікації.

Відповідно до теми дисертації опубліковано 6 наукових робіт у виданнях, що затверджені ВАК України як фахові. Опубліковані тези доповідей на двох науково-технічних конференціях.

Структура та обсяг дисертації.

Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та 15 додатків.

Повний обсяг дисертаційної роботи складає 180 сторінок, з яких обсяг основного тексту 131 сторінки; додатків, списку використаних джерел, рисунків та таблиць 49 сторінок. Робота ілюстрована 33 рисунками, наведено 7 таблиць, список використаних джерел складається із 147 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульовані мета та задачі дослідження, відображені наукова новизна та практична цінність, подано загальну характеристику роботи.

У першому розділі дисертації розглядається структура залізничних вузлів, основні показники роботи та технологічний процес роботи з транзитними вагонами.

У розвиток теорії й практики технології роботи залізничних вузлів, технічного обладнання станцій, застосування інформаційних технологій в експлуатаційній роботі, що значно впливають на тривалість обробки поїздів й вагонів, собівартість переробки, а також на безпеку руху поїздів і маневрової роботи, внесли великий вклад такі вчені та практики: Акулінічев В.М., Бернад К.А., Бутько Т.В., Буянов В.А., Васильєв І.І., Воробйов М.О., Грунтов П.С., Данько М.І., Жуковицький І.В., Загарій Г.І, Каретніков А.Д., Козлов В.С., Козлов І.Т., Кочнев Ф.П., Макароцькін А.М., Образцов В.Н., Петров А.П., Платонов А.І., Сотников І.Б., Сотніков Є.О., Скалов К.Ю., Тішкін Є.М., Тихомирова І.Г., Тулубов Л.П., Угрюмов А.К., Фельдман Є.Д., Шаболін М.М. та інші.

На основі аналізу попередніх досліджень виявлено, що у процесі виконання технологічних операцій значний вплив відіграє людський фактор, який спричиняє значні міжопераційні простої. Крім того, технологія функціонування повинна враховувати вплив чинників ресурсозбереження як на процеси обробки составів, так і на процеси взаємодії станції й прилеглих дільниць: простій вагонів на станціях, витрати палива та електроенергії на маневрову та поїзну роботу.

Сучасні станційні інформаційно-керуючі системи забезпечують лише накопичення даних та визначення основних показників роботи. Вони не дають можливості для аналізу отриманих результатів та використання цих даних у майбутньому для вирішення поїзних ситуацій.

З метою удосконалення процесу обробки вагонів Н.Н. Шаболіним були виділені основні елементи простою на технічній станції. Це дало змогу визначати “слабкі місця”, тобто операції, які займають найбільше часу, що важливо для удосконалення процесу обробки.

Основні методиками щодо покращення показників роботи базувались на скороченні простою в основному за рахунок удосконалення технічного оснащення залізничних підрозділів. В сучасній теорії пропонуються нові методиками, які спрямовані на удосконалення технології, а також широке використання економічних показників, тобто витрат, що несе станція.

Керування процесом обробки вагонів на технічній станції потребує системи, яка працюватиме у реальному режимі часу, що надасть змогу оперативно реагувати на всі негативні змінення та максимально ефективно використовувати ресурси.

В другому розділі розроблена модель системи підтримки рішень, заснованої на апараті штучних нейронних мереж.

Система підтримки рішень для оперативних керівників може бути представлена як нейронна мережа N . Ця система моделює процес обробки вагонів на технічній станції. Кожен нейрон відображає технологічні операції, що виконуються з вагонами. Математична модель нейрона має вигляд

$$y = \sum_{i=1}^k w_i x_i + d, \quad (1)$$

де k — кількість синапсів, через які поступає вхідний сигнал. Синапси можуть представляти собою модель будь-якого пристрою, з якого надходить інформація про стан вагонів;

d — довільне зміщення, яке виникає у результаті роботи відповідного об'єкту через які-небудь фактори, не пов'язані з технологічним процесом.

x_i — вхідний потік. Під вхідним потоком розуміємо надходження вагонів у вузол за T — проміжок часу у годинах;

w_i — вага відповідного синапса, тобто вартість кожної технологічної операції.

Вихідний потік, який формується нейроном, визначається за формулою

$$y = f\left(\sum_{i=1}^k w_i x_i + d\right), \quad (2)$$

де f — активаційна функція, яка характеризує залежність між вхідним та вихідним потоком.

Мережа, яка описує технологічний процес обробки вагонів, має важливу функцію — зворотній зв'язок. В цій моделі інформація від наступного шару передається і на попередній.

В процесі свого функціонування така складна система як технічна станція формує загальний вихідний сигнал Y , який відповідає певному вхідному сигналу X . При виконанні цього процесу реалізується деяка функція

$$Y = r(X). \quad (3)$$

Вигляд функції g визначається значеннями синаптичних ваг і зміщень мережі. Позначимо через G множину всіх можливих функцій, що відповідають заданій архітектурі системи, тобто технології роботи відповідного вузла.

Тоді нехай рішенням деякої задачі є функція r . При цьому $Y = r(X)$, яка задана парами вхідних-вихідних даних $(X^1, Y^1), \dots, (X^m, Y^m)$, для яких $Y^m = r(X^m)$, $m = 1 \dots L$, L — загальна кількість пар. Вводимо функцію U — функцію помилки (функціонал якості), який показує для кожної функції g ступінь наближення її до r . Для вирішення поставленої задачі за допомогою нейронної мережі необхідно побудувати (синтезувати) деяку функцію $g \in G$, підібравши параметри нейронів (мінімальну вартість виконання кожної операції) таким чином, щоб функціонал якості приймав оптимальне значення для всіх пар (X^m, Y^m) . Навчання полягає у оптимізації функції g по функції U за допомогою корегування процесу роботи з вагонопотоками на станціях для виконання умови $g \approx r$.

Процес навчання може бути двох видів: навчання з вчителем та самостійне навчання. Перший спосіб вимагає наявності експертів, що задають для кожного вхідного сигналу еталонний вихідний. Причому у якості експертів можуть бути не якісь особи, а встановлені норми, наприклад, нормативні простоя вагонів. Найбільш розповсюджений метод — метод зворотнього розповсюдження помилки. В цьому випадку визначаємо цільову функцію мінімізації помилки

$$E = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} (y_i - \hat{y}_i)^2, \quad (4)$$

Мінімізація методом градієнтного спуску забезпечує підстроювання вагових коефіцієнтів наступним чином

$$w_{ij} = w_{ij} - \eta \frac{\partial E}{\partial w_{ij}}, \quad (5)$$

Ця формула після диференціювання може бути представлена у вигляді

$$w_{ij} = w_{ij} - \eta (y_i - \hat{y}_i) x_{ij}, \quad (6)$$

Другий спосіб — спосіб самостійного навчання — полягає у самоорганізації системи шляхом використання інформації про стани нейронів і вагових коефіцієнтів, які вже є.

Одним з варіантів самостійного навчання є сигнальний метод Хебба. Він полягає у настройці ваг по наступному принципу

$$w_{ij} = w_{ij} + \eta x_{ij} y_i, \quad (7)$$

Оскільки вхідні потоки є невизначеними, мова іде про використання апарату нечітких, або гібридних, нейронних мереж, які об'єднують в собі переваги обох типів. При такій організації структура системи залишається незмінною, однак об'єднання між собою вагів, вхідних та вихідних сигналів виконується з використанням неперервних операцій нечіткої логіки (наприклад, *t-норм* або *t-конорм*).

Одним з методів навчання нейронної мережі є генетичний алгоритм. В генетичному алгоритмі параметри цільової функції кодуються за допомогою різних засобів: двоїчне кодування, логарифмічне кодування, кодування дійсними числами та ін.

$$C_{np}^e = C_{e-год} t_{np}, \quad (8)$$

У явному вигляді вона може бути представлена

$$C_{np}^e = C_{e-год} t_{np}, \quad (9)$$

$$C_{np}^e = C_{e-год} t_{np}, \quad (10)$$

де $C_{e-год}$ — нормативна вартість 1 вагоно-години простою на станції;

t_{np} — середній час простою вагона на станції, год

$$t_{np} = \frac{\sum (T_{від} - T_{np})}{N_{np}}, \quad (11)$$

де $T_{np}, T_{від}$ — відповідно, час приймання составу у вузол та час його відправлення. Якщо на звітний період вагон ще знаходиться у вузлі, у якості часу відправлення приймаємо час звіту;

N_{np} — кількість вагонів, прийнятих на момент розрахунку.

$C_{вик}^{лок}$ визначаються як загальні витрати на виконання маневрової роботи, приведені на 1 оброблений за добу вагон

$$C_{вик}^{лок} = \frac{C_{вик} + C_{з/n} + C_a}{N_{пер}}, \quad (12)$$

де $C_{вик}$ — вартість оренди маневрових локомотивів для технічної станції вузла.

$$C_{вик} = Mt C_{л-год}^M, \quad (13)$$

де Mt — кількість локомотиво-годин використання маневрових локомотивів;

$C_{л-год}^M$ — вартість однієї локомотиво-години, грн/лок-год.

$C_{з/n}$ — заробітна платня, що нараховується локомотивній бригаді за час її роботи, грн

$$C_{з/n} = r_{mc} t n_n, \quad (14)$$

де r_{mc} — середня годинна тарифна ставка для робітників бригади, грн/год;

n_n — кількість працівників, що задіяні у роботі.

C_a — приведені амортизаційні витрати на час роботи локомотиву

$$C_a = Mt \frac{A}{525600}, \quad (15)$$

де A — річні амортизаційні витрати для відповідного локомотива, грн;

525600 — кількість годин у році.

Локомотиво-години Mt визначаються як

$$Mt = \sum k t_{mp}, \quad (16)$$

де k — кількість технологічних операцій, виконаних локомотивами за розрахунковий час;

t_{mp} — середня тривалість кожної операції, год.

$C_{дод}$ — це витрати, що виникають у процесі роботи вузла, незалежно від розміру вагонопотоку (освітлення, опалення, прибирання території, ремонт, транспортування документів і т.п.). Її можна прийняти як 0,1 від загальних витрат.

$C_{лок}$ визначається як

$$C_{лок} = C_{л-год} f_{л}^6, \quad (17)$$

де $C_{л-год}$ — вартість поїзної локомотиво-години, грн;

t_l^e — час знаходження составу у вузлі, год

$$t_l^e = \frac{\sum (T_{вид}^l - T_{np}^l)}{M}, \quad (18)$$

де $T_{np}^l, T_{вид}^l$ — відповідно, час прибуття локомотиву у вузол та час його відправлення.

Потім за допомогою генетичного алгоритму визначаються витрати для даних умов, які порівнюються з еталонним показником, визначеним за минулий період і оцінюються за допомогою показника якості

$$\psi = \frac{C_e}{C_{заг}}, \quad (19)$$

де C_e — оптимальне значення загальних витрат (min), яке визначене за минулі періоди.

$C_{лб}$ визначається аналогічно формулі (14), тільки для бригади поїзного локомотива.

Для системи підтримки використовуємо лінгвістичну змінну, яка дає можливість формалізувати такі поняття якості, як “добре”, “погано” і т.п. Для цього визначимо основні лінгвістичні поняття про виконання простою (скористаємося методом “шкільних оцінок”): “погане”, “незадовільне”, “задовільне”, “добре” та “відмінне”. Розташовуємо ці величини на числовій вісі через рівні інтервали, що дорівнюють 1/5 або 0,2.

Таким чином, маємо можливість оперативно визначати якість виконання показника за будь-який період.

У третьому розділі розроблені моделі окремих модулів нечіткого управління, що призначені для удосконалення процесу обробки транзитних составів на станціях вузла. Розглянуті два основних модуля: “вхідні дільниці — парк приймання” та “парк відправлення — вихідні дільниці”. Структура кожного модуля може бути представлена як множина вхідних змінних A — поїзна ситуація, яким відповідає множина вихідних змінних B — рішення, яке є найбільш доцільним. Вони зв’язані між собою множиною правил L , яка дає можливість поставити у відповідність кожному значенню A_i значення B_i .

Виходячи з того, що реальні простой перевищують оптимальні через значний час очікування операцій, виникає потреба у оптимізації процесу приймання та відправлення поїздів з метою скорочення непродуктивних простоїв.

При одночасному надходженні составів на станцію може виникати ситуація, що всі колії парку приймання будуть зайняті. Це призводить до порушення графіку руху поїздів і значним простоям на передвузлових станціях. Для того, щоб запобігти цьому, у нечіткому модулі “вхідні дільниці — парк приймання” передбачена лінгвістична змінна c — “найкращий час прийняття в ___ год ___ хв.”. Ця змінна характеризується функцією приналежності

$$(20)$$

де n — коефіцієнт варіації, який залежить від закону розподілу величини (для часу обробки це, як правило, нормальний закон з коефіцієнтом від 0,27 до 0,33); c — показник, який характеризує

швидкість оброблення составу у парку $\rho = \frac{\bar{t}_{обр}}{t_x}$, $\bar{t}_{обр}$ — середній час на обробку составу у парку

приймання, який визначається оперативно за формулою

(21)

шляхом ділення суми составо-годин простою на кількість составів за період з початку доби до моменту, який розглядається;

t_x — значення часу руху составу від станції відправлення до вузла. Визначається діленням відстані на дільничну швидкість для відповідної дільниці.

Аналіз цієї функції дає можливість черговому по станції отримати підказку щодо найкращого часу приймання составу з іншої станції.

За такою ж методикою визначаємо черговість приймання составів з переробкою та транзитних составів, що відображається у системі підтримки прийняття рішень та надає змогу черговому визначити, який состав треба прийняти першим, а як притримати на перед вузловій станції у випадках, коли кількість составів, що надходять перевищує кількість вільних колій у відповідному парку.

Кількість бригад визначається за допомогою лінгвістичної змінної та спираючись на дані про інтенсивність надходження составів у парк та інтенсивність їх обробки. Результатом є інформація про необхідність або збільшення, або зменшення кількості бригад.

Економічне обґрунтування збільшення кількості робітників може бути визначене як

$$E_{zc} n_{np} t_p \leq C_e \Delta nt_{np}, \quad (22)$$

де E_{zc} — годинна ставка оплати праці робітника бригади, грн.; n_{np} — кількість робітників, що працюють понад нормою; t_p — час, протягом якого вони працюють, год; C_e — вартість однієї вагоно-години простою, грн.; Δnt_{np} — економія вагоно-годин за час роботи бригади.

Економію вагоно-годин можемо визначити як

$$\Delta nt_{np} = n_c m \frac{t_{mo}}{2}, \quad (23)$$

де n_c — кількість составів, що надійшли у парк приймання за час роботи додаткової бригади.

Модуль нечіткого управління “парк відправлення — вихідні дільниці” призначений для удосконалення процесу відправлення поїздів. Для визначення потреби у поїзному локомотиві вводимо лінгвістичну змінну u . Ця змінна реалізує 4 стани: “локомотив не потрібний” — від 0 до

0,5 m; “локомотив ще не потрібний” — від 0 до m; “локомотив буде потрібний” — від 0,5 m до D; “локомотив потрібний” — більше D до m. У спрощеному вигляді функція приналежності визначається

$$(24)$$

де m — кількість вагонів у составі; m' — кількість вагонів на колії даного призначення; k — кількість вагонів для даного призначення, що надходять у составі.

Спираючись на ці дані, маневровий диспетчер замовляє поїзний локомотив на час

$$T_{nl} = t_{oc}^M + t_{zф} + t_{пер} + t_{oc}^{об} + t_{об}, \quad (25)$$

де t_{oc}^M — час очікування маневрового локомотива. Визначається безпосередньо маневровим диспетчером відповідно до зайнятості локомотивів на цей момент; $t_{зф}$ — час на закінчення формування состава. Ця величина визначена для кожної категорії составів і є заздалегідь заданою; $t_{пер}$ — час на перестановку состава з парку формування до парку відправлення; $t_{oc}^{об}$ — час очікування обробки составу; $t_{об}$ — час на обробку состава у парку відправлення, визначений у техпроцесу.

В умовах фіксованого графіку руху состав не зможе бути відправлений раніше, ніж є вільна нитка графіку, тому вводиться ще одна величина Δ_n , яка визначається як

$$\Delta_n = T_n - T_{nl}, \quad (26)$$

де T_n — значення часу для найближчої вільної нитки.

Ця величина перевіряється на умову

$$\Delta_n \leq t_{прич}, \quad (27)$$

де $t_{прич}$ — час, який необхідний для причеплення локомотива, перевірки гальм.

Якщо ця умова виконується, система видає повідомлення, що локомотив необхідно подавати

у час T_{nl} , якщо ні, тоді у час $T'_{nl} = \Delta_n - t_{прич}$.

При формуванні составів виникають такі ситуації, коли необхідно або формувати состав підвищеної маси та використовувати більше одного поїзного локомотива, або залишати частину вагонів на станції очікувати. Для вирішення цієї проблеми пропонується використання лінгвістичної змінної z — “кількість поїзних локомотивів”. Її значення описуються термножиною $Y = \{ \text{"жодного"}, \text{"один"}, \text{"два"}, \text{"три"}, \dots \}$.

Визначення функції приналежності

(28)

де C_{np}^6 — витрати, що пов'язані з простоюванням вагонів на технічній станції, грн; C_l — вартість використання поїзного локомотива, грн; Q_i — можлива маса бруutto сформованого составу; Q_{opt} — оптимальна маса составу для одного локомотива, визначена тяговими розрахунками; n — можлива кількість составів.

Оскільки на станцію надходять состави з локомотивами інших депо, виникає можливість їх використання для відправлення поїздів зі станції. Для цього використовуємо нейронну модель, що визначає комбінацію локомотивів “свій — чужий”

$$s = x_1 w_1 + x_2 w_2 + \delta, \quad (29)$$

де x_1, x_2 — відповідно, кількість сформованих транзитних составів та составів свого формування для відповідного напрямку;

w_1, w_2 — вага кожного з синапсів, через які проходить вагонопотік. Представляє собою витрати на відправлення відповідної категорії составів (транзитні та свого формування);

δ — величина зміщення (додаткові витрати).

“Чужий” локомотив може бути використаний лише при виконанні умов

(30)

де D — різниця між часом прибуття локомотива на станцію та передбачуваним часом подавання під состав; t_{norm} — нормативний час простоювання составу на станції, який включає в себе час на огляд локомотива, заправлення водою та піском, а для тепловозів — на заправлення паливом; $t_{вик}$ — час, який пройшов з моменту минулого технічного огляду локомотива; t_x^{36} — час на рух локомотива з составом до станції призначення; 7 та 72 — відповідно, у годинах, обмеження для часу безперервної роботи локомотивної бригади та максимальний час між двома технічними оглядами ТО-2 для локомотива.

Результат отримуємо у вигляді: $A: B — C$, A — напрямок відправлення; B — кількість локомотивів власного депо; C — кількість локомотивів чужого депо.

Також у цьому розділі розглядається можливість організації інших модулів, наприклад, модулю управління вантажною роботою та роботою з місцевими вантажами, організованого за принципами гібридної мережі.

У четвертому розділі для удосконалення управління технологічним процесом та процесом обміну інформацією запропонована модель розвитку інформаційно–керуючих мереж АРМ на станціях вузла, що сприяє: поліпшенню системи оперативного та економічно–статистичного обліку та управління процесом перевезення, автоматизації прогнозування поїзних обставин і стану роботи

на об'єктах управління на черговий період планування, оперативному плануванню роботи станції та реалізації управлінських рішень у режимі реального часу.

Нова інформаційно-керуюча система представляє собою багат шарову гібридну мережу, елементами якої є двошарові нейронні мікропроцесори. Нижній шар мікропроцесора відповідає безпосередньо за об'єкт управління — технічну станцію, а верхній шар забезпечує зв'язок з відповідними елементами інших об'єктів. Мережа будується за принципом архітектури ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System). Оцінка отриманих результатів виконується за допомогою коефіцієнту якості виконання

$$g = \frac{P_i}{P_{em}}, \quad (31)$$

де P_i, P_{em} — відповідно, реальне значення показника та еталонне, що встановлене для перевірки.

Розрахунок економічної ефективності впровадженої системи підтримки прийняття оперативних рішень в масштабах залізничного вузла шляхом інтегрування її у існуючу системи електронного документообігу КСЕОД та встановлення нового програмного забезпечення на АРМ робітників показав, що зменшення часу простою у вузлі становить 15% від існуючого середнього часу простою і складає 0,94 години. Це дозволило отримати на Харківському залізничному вузлі, де була реалізована експериментальна система, економію витрат на перевезення у розмірі 1 1622,77 грн на добу та, відповідно, 4242311,05 грн на рік. З урахуванням капіталовкладень у розмірі 4265400,00 грн на впровадження нової системи управління експлуатаційною роботою та додаткових витрат у розмірі 1599525,00 грн на рік, отримуємо строк окупності у 1,61 роки, тобто близько 2 років, що значно менше нормативного строку для подібних систем.

ВИСНОВКИ

У даній дисертаційній роботі на основі апарату нечітких штучних нейронних мереж була розроблена система підтримки оперативних рішень для робітників технічної станції, що безпосередньо задіяні в процесі перевезень, шляхом використання динамічної бази даних, в якій за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення виконується аналіз запропонованих поїзних ситуацій і надається оптимальне рішення.

Запропоновані методи оперативного оцінювання виконання показників роботи, які дозволяють корегувати їх у процесі роботи та налаштовуються відповідно до змінень поїзної ситуації. Це надає можливість визначення недоліків у технологічному процесі роботи та оперативно їх усувати.

Автором отримані наступні основні результати:

1. Аналіз простою вагона на технічній станції за останні роки показав, що після різкого зростання на початку і у середині 90-х років, починаючи з 98 року він поступово скорочувався. Однак, якщо у 2000 та 2001 роках це скорочення було більше 20%, то вже у 2004 зменшилося до 1%. Це свідчить про необхідність пошуку нових методів щодо покращення цього показника. Для цього були проаналізовані функціональні можливості існуючих інформаційно-керуючих систем на технічній станції, що дало можливість окреслити шлях для їх удосконалення. В основу покладено принцип підтримки оперативних рішень, за яким система виконує аналіз можливих рішень для даної ситуації та надає працівнику найкраще. Для реалізації цього найбільше підходять нечіткі нейронні мережі, які мають здатність до навчання, що дуже важливо в умовах постійного змінення умов процесу перевезень.
2. Аналіз технологічного процесу обробки транзитних вагонів на технічній станції залізничного вузла дозволив виділити основні компоненти технологічного процесу обробки транзитних вагонів, що дало можливість сформулювати задачі для розробки модулів, які виконують оцінку показників роботи вузла. Зроблено висновок, що основним фактором, який впливає на якість виконання технологічного процесу, є простій одного вагона на станції.
3. Результатом дослідження є нові функціональні задачі у межах програмного комплексу, який розширює можливості існуючих ІКС залізничного транспорту. Для АРМ ДСЦ, ДСП та ДНЦУ розроблене та впроваджений ряд нових функціональних можливостей, що дозволяє вирішувати нові задачі щодо оперативного управління технологічним процесом обробки вагонів у вузлі за рахунок отримання робітниками інформації про виконання показників у реальному режимі часу.. Це дозволяє оперативно визначати оптимальні варіанти вирішення задач по прийманню, відправленню та формуванню составів.
4. Для удосконалення системи оцінювання показників роботи розроблений комплекс математичних моделей технологічного процесу обробки вагонів на технічній станції, в основу якого покладена нечітка штучна нейронна мережа. Основний принцип полягає у визначенні мінімальних затрат на переробку транзитних вагонів при відповідних умовах, що реалізується через знаходження мінімуму цільової функції від вагонопотоку за допомогою генетичного алгоритму методом еволюції зв'язків. Такий спосіб дозволяє найбільш швидко виконати навчання мережі при значній кількості змінних параметрів. За допомогою генетичного алгоритму для налаштування зв'язків, можна виконати навчання мережі з толерантністю до 0,022, тобто досягти точності розрахунків з відхиленням до 2%, що більш ніж достатньо у випадку залізничних систем.
5. Система підтримки рішень, побудована за принципами гібридних мереж, має перспективу щодо впровадження у існуючі на залізниці ІКС в межах дирекції перевезень. Це можливо, в першу чергу, за рахунок здатності системи до самонавчання, що дозволяє пристосовуватися до будь-яких змінень

у процесі перевезень та дає можливість мінімізувати людський фактор при прийнятті рішень оперативними керівниками.

6. Впровадження системи підтримки оперативних рішень на робочих місцях оперативних керівників показало можливість щодо удосконалення процесу обробки составів у залізничному вузлі. Це дає можливість зменшити час обороту локомотиву і скоротити експлуатаційний парк на 10%, скоротити штат оперативних працівників на 5%, економію витрат станція на електроенергію та паливо, скорочення кількості стоянок біля вхідного світлофора та їх тривалості. За експлуатаційними результатами окупність системи складе близько 2 років (1,61).

Розроблена система підтримки оперативних рішень рекомендована до впровадження для керування експлуатаційною роботою на Харківському залізничному вузлі Харківської дирекції перевезень Південної залізниці.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Данько М.І., Петрушов В.В. До питання створення адаптивної системи управління роботою вузла // Збірник наукових праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – с. 136-143.

2. Данько М.І., Петрушов В.В. Організація роботи з місцевими вантажами у залізничному вузлі // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. Збірник наукових праць. УкрДАЗТ, 2003. – с. 3-5.

3. Петрушов В.В., Рябошапка М.Є. Проблема удосконалення роботи сортувальної станції у залізничному вузлі // Збірник наукових праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2005, вип. 66. – с. 84-86.

4. Данько М.І., Петрушов В.В. Станційний центр транспортно-експедиційного обслуговування, його задачі та технологія роботи // Збірник наукових праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004, вип.57. – с. 68-72.

5 Петрушов В.В., Лаврухін О.В. Застосування апарату нечітких множин для моделювання системи управління роботою залізничного вузла // Збірник наукових праць, Донецьк, ДонІЗТ, 2006, вип. 5, с. 13-17.

6. Петрушов В.В. Удосконалення роботи комплексу „Парк приймання – вхідні дільниці” // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. Збірник наукових праць. УкрДАЗТ, 2006, вип. 4 – с.34-38.

АНОТАЦІЯ

Петрушов В.В. Удосконалення технологія обробки транзитних вагонів на технічних станціях залізничного вузла. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту; Українська державна академія залізничного транспорту; Харків, 2007 р.

Дисертація присвячена питанням удосконалення технології обробки транзитних вагонів на технічних станціях залізничного вузла в умовах нестабільності вагонопотоків.

Для вирішення поставлених задач розроблений програмний комплекс, що базується на математичному апараті нечітких нейронних мереж. Розроблена система підтримки оперативних рішень для керівників перевізного процесу, яка дозволяє, спираючись на аналіз статистичних даних, приймати рішення стосовно дій у різних ситуаціях. Ця система побудована за принципами нейронних мереж, тому має здатність до навчання та адаптації.

Ключові слова: технічні станції, вагонопотоки, інформаційно-керуючі системи, залізничні вузли, показники роботи.

АННОТАЦИЯ

Петрушов В.В. Усовершенствование технологии обработки транзитных вагонов на технических станциях железнодорожных узлов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 - эксплуатация и ремонт средств транспорта; Украинская государственная академия железнодорожного транспорта; Харьков, 2007 г.

Диссертация посвящена вопросам усовершенствования технологии обработки транзитных вагонов на технических станциях железнодорожных узлов в условиях нестабильности вагонопотоков.

В настоящее время все большей проблемой для перевозочного процесса становится неравномерность вагонопотоков, связанная как с сезонностью, так и с определенными проблемами при формировании составов на станциях отправления грузов. При этом значительную роль в возникновении перепростоев при выполнении технологических операций играет человеческий фактор.

В процессе деятельности любого работника, который осуществляет руководство оперативной работой, возникают ситуации, в которых ему приходится принимать решения, руководствуясь исключительно своей интуицией. Зачастую подобные решения оказываются не

наилучшими и могут привести к ухудшению показателей работы. Таким образом, возникает задача создания системы поддержки оперативных решений, которая будет подсказывать работнику наилучшее решение в данной ситуации.

Для решения этой задачи предлагается создание системы поддержки оперативных решений, которая будет базироваться на аппарате нечетких нейронных сетей. Такая система позволит не только накапливать статистическую информацию, но и выполнять ее анализ. Структура нейронной сети позволяет наилучшим образом осуществлять сбор информации с учетом воздействия каждого из элементов. Использование аппарата нечетких множеств позволяет обрабатывать данные, которые не могут быть формализованы.

Разработана математическая модель, которая позволяет формализовать технологический процесс обработки транзитных вагонов на технической станции. В результате можно получить с помощью лингвистических переменных качественную оценку выполнения того или иного показателя на станции. Эта оценка выдается в виде переменных “отлично”, “хорошо” и т.д. Благодаря этому руководитель может видеть, как выполняется показатель и нужно ли принимать меры по его улучшению. Для оценки используется показатель качества, который определяется как отношение значения показателя на расчетный период к эталонному, т.е. самому лучшему значению показателя. При этом, если новое значение превосходит эталонное, то выполняется замена.

Для непосредственного управления технологическим процессом в системе поддержки оперативных решений предусмотрены модули управления для подсистем приема и отправления. Эти модули предназначены для анализа ситуаций, возникающих в процессе приема и отправления поездов на технических станциях. Такие модули предоставляют варианты решения ситуаций в виде лингвистических переменных с оценкой вероятности результата. Это дает возможность руководителю, основываясь на полученных данных, принять решение.

Подобная система поддержки решений благодаря универсальности математического аппарата позволяет работать с различными показателями работы, а также может использоваться на полигонах, значительно превышающих по масштабам станцию и узел.

Экономическое обоснование предложенных мероприятий показало, что при внедрении системы поддержки оперативных решений существует возможность сокращения простоя вагонов на 15%, локомотиво-часов использования (а соответственно, и парка) поездных локомотивов на 10%, контингента работников станции на 5% и позволяет окупить капитальные вложения в период 1,61 года.

Программное обеспечение системы поддержки оперативных решений необходимо установить на рабочих местах руководителей среднего звена, непосредственно участвующих в перевозочном процессе, – дежурного по станции, маневрового диспетчера, узлового диспетчера. Также необходимо оборудовать автоматизированными рабочими местами парк приема и

отправления.

Ключевые слова: технические станции, вагонопотоки, информационно-управляющие системы, железнодорожные узлы, показатели работы.

THE SUMMARY

Petrushov V.V. The Improvement technology of the transit coaches on technical stations railway junction. – Manuscript.

The thesis on competition degree candidate of the technical sciences on professions 05.22.20 - usage and repair of facilities of transport; The Ukrainian state academy of railway transport; Kharkov, 2007.

The thesis is denoted question of the improvement technology of processing the transit coaches on technical stations of railway node in conditions of instability an cartraffic.

For decision of supplied problems is developed the programmed complex, which is based on mathematical methods of fuzzy neural networks. Developed system of support of operative decisions for leaders of traffic process/ which allows, resting in analysis statistical data, come to a conclusion for actions in different situations. This system is built for principles neural networks, so has the ability to education and adaptation.

The Keywords: technical stations, cartraffic, information-controlling systems, railway nodes, factors of work.

Петрушов Василь Володимирович

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ТРАНЗИТНИХ ВАГОНІВ НА ТЕХНІЧНІЙ СТАНЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ВУЗЛА

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат

Дисертація на здобуття наукового ступеню
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

к.т.н., доцент. О.В.Лаврухін

Підписано до друку „ 19 ” 09 2007 р.

Формат 60 x 84 1/16. Папір для множних апаратів.

Ум. друк. арк. 0,9. Обл. – вид. арк. 1,0 Безкоштовно.

Замовлення №360 Тираж 100 прим.

Видавництво УкрДАЗТу. Свідоцтво ДК № 112 від 06.07.2000 р.

Друкарня УкрДАЗТу: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7