

Українська державна академія залізничного транспорту

Доценко Юрій Валерійович

УДК 656.222.6:656.212

**УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ПРОСУВАННЯ
ПОЇЗДОПОТОКІВ НА ОСНОВІ СТАБІЛІЗАЦІЇ ОБІГУ ВАНТАЖНОГО ВАГОНУ**

05.22.01 – транспортні системи

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2010

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту на кафедрі „Управління експлуатаційною роботою”, Міністерство транспорту і зв'язку України

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор

Бутько Тетяна Василівна, Українська державна академія залізничного транспорту, кафедра „Управління експлуатаційною роботою”, завідувач кафедри

Офіційні опоненти: - доктор технічних наук, професор

Жуковицький Ігор Володимирович, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, кафедра „Електронно-обчислювальні машини”, завідувач кафедри

- кандидат технічних наук, доцент

Яновський Петро Олександрович, Національний авіаційний університет, кафедра „Організація авіаційних перевезень”, професор кафедри

Захист відбудеться „_____” _____ 20__ р. о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 в Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейсбаха, 7.

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

Автореферат розісланий „_____” _____ 20__ р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

А.В. Прохорченко

Доценко Юрій Валерійович

УДК 656.21.02:656.222.3

**УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ПРОСУВАННЯ
ПОЇЗДОПОТОКІВ НА ОСНОВІ СТАБІЛІЗАЦІЇ ОБІГУ ВАНТАЖНОГО ВАГОНУ**

05.22.01 – транспортні системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

доц. Лаврухін О.В.

Підписано до друку „_____” _____2010 р. формат паперу А5,
папір для тиражувальних апаратів, друк на ризографі.

Умовн.-друк. арк. 0,9, обл.-вид. арк. 1,1

Замовлення № 151, тираж 100

Видавництво УДАЗТу. Свідоцтво ДК №112 від 06.07.2000р.
Друкарня УДАЗТу: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ.

В умовах конкурентного середовища на транспортному ринку одним з найбільш важливих важелів заохочення клієнтів є стійкість роботи транспортної системи. Залізнична транспортна система та її підсистеми в цілому відповідають цим вимогам, але в теперішній час спостерігається тенденція нестабільного виконання основних техніко-експлуатаційних показників її роботи, що негативно впливає на вимоги клієнтів щодо доставки „точно в строк”. Зазначені недоліки обумовлено недосконалою організацією перевізного процесу. Тому відповідно „Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту України” затвердженою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2006р. № 651-р постає задача удосконалення технології роботи залізничних підрозділів з метою стабілізації основних показників.

Актуальність теми. Обіг вантажного вагона є одним з найважливіших показників експлуатаційної роботи, виконання якого характеризує якість експлуатаційної роботи залізничних підрозділів та який доцільно розглядати як комплексний показник стійкості виконання перевізного процесу для даної підсистеми або системи в цілому. В умовах тенденції зростання цього показника (починаючи з 2005 року його значення змінювалося у межах 4,34 доби - 5,84 доби) гостро відчувається вплив зменшення числа перевізних засобів при збереженні обсягів роботи. Для раціоналізації використання вагонного парку, покращення якісних та кількісних показників роботи станцій необхідно намагатися зменшувати час обігу вантажного вагону шляхом дотримання встановлених технологічними нормативами значень тобто застосовувати всі можливі техніко-технологічні заходи щодо стабілізації цього показника.

Одним із шляхів забезпечення стабілізації обігу вантажного вагону є необхідним розробка автоматизованої технології пропуску поїздів з урахуванням пріоритетності їх пропуску по дільницях наслідком чого є приведення значень обігу до нормативного.

Вирішення цієї науково-прикладної задачі потребує формалізації процесу визначення пріоритету поїздів у межах виконання змінно-добового плану та графіку руху поїздів (ГРП) з подальшим формуванням системи підтримки прийняття рішень на автоматизованому робочому місці поїзного диспетчера (АРМ ДНЦ) та АРМ чергового по станції (ДСП), що забезпечить процес стабілізації загального обігу вантажного вагону на залізничних підсистемах.

Реалізація зазначених заходів дозволить забезпечити виконання нормативного обігу вантажного вагону та як наслідок дотримання умови доставки вантажів „точно в строк”.

Таким чином виконання поставленої задачі стабілізації обігу вантажного вагону на рівні Укрзалізниці (УЗ) та її підсистем є своєчасною та актуальною.

Мета та задачі дослідження. Метою даної дисертаційної роботи є удосконалення технології управління поїздопотоками на рівні дирекції по залізничним перевезенням (ДН) та залізниці в цілому, що на відмінність від існуючих забезпечує дотримання нормативного обігу вантажних вагонів (стабілізації) за рахунок надання пріоритетності поїздам при організації їх пропуску по дільницях та як наслідок сприяє стійкості функціонування залізничної транспортної системи. Реалізація цієї мети потребує постановку та вирішення таких основних задач:

1. Провести статистичні дослідження обігу вагонів з урахуванням експлуатаційних факторів, що впливають на пропуск поїздів з урахуванням характеристик поїздопотоків та проаналізувати існуючу технологію їх просування на рівнях дільниць, ДН та залізниці в цілому.

2. Провести аналіз існуючих наукових підходів щодо визначення елементів обігу вантажного вагону.

3. Сформувати сукупність критеріїв, які дозволяють надати пріоритетність щодо виконання поїзної роботи на полігонах ДН і залізниці в цілому та забезпечують стабілізацію обігу вагону і можуть бути основою для прийняття раціональних рішень поїзним диспетчером.

4. Розробити моделі, які дозволяють визначити та спрогнозувати обіг вантажних вагонів з урахуванням існуючого оперативного та змінно-добового плану рівня залізниці.

5. Сформувати моделі процесу управління поїздопотоками з урахуванням надання пріоритетів поїздам реалізація яких забезпечує виконання нормативного обігу вагонів по підрозділам залізниці.

6. Сформувати систему підтримки прийняття рішень (СППР) на автоматизованому робочому місці поїзного диспетчера (АРМ ДНЦ) та чергового по станції (АРМ ДСП) з елементами штучного інтелекту на основі синтезу комплексу моделей, що враховують ситуації невизначеності в поїзній роботі.

7. Удосконалити функціональну схему інформаційно-керуючої системи (ІКС) ДН та залізниці в цілому на основі структури розподілених СППР оперативних працівників.

8. Оцінити економічну доцільність від впровадження удосконаленої технології управління поїздопотоками.

Об'єкт дослідження – процес просування поїздопотоків на рівні залізничних підрозділів.

Предмет дослідження – технологія управління поїздопотоками.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася у відповідності з Концепцією Державної програми реформування залізничного транспорту України, затвердженою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2006р. № 651-р, а також з науково – дослідницькою темою „Розробка та формування автоматизованих логістичних технологій залізничного транспорту” за номером ДР №01080000U00007.

Методи дослідження

Виконані дослідження базуються на: процедурі моніторингу, методах теорії ймовірностей та математичної статистики для проведення аналізу існуючих експлуатаційних показників перевізного процесу; методах побудови штучних нейронних мереж для формування прогнозу моделі обігу вантажного вагону за період змінно-добового планування; застосуванні теорії нечітких множин, нечіткої логіки та теорії прийняття рішень для формування набору типових ситуацій та вибору пріоритетності при пропуску поїздів.

Наукова новизна отриманих результатів

В дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано технологію стабілізації обігу вантажного вагону в процесі пріоритетного просування поїздопотоків в межах таких підсистем УЗ як ДН, залізниця в цілому, що забезпечує стійкість їх функціонування та обумовлює зменшення експлуатаційних витрат. Для формалізації цієї технології було вперше:

- сформовано сукупність інтегральних критеріїв якості управління експлуатаційною роботою на рівні підсистем УЗ, які доцільно вважати "активними" аналогами критерію стійкості, що дозволяють оцінити відхилення обігу різних категорій вагонів (місцевих, порожніх, транзитних, навантажених) в поїздах різної пріоритетності за період оперативного планування;

- формалізовано процедуру визначення та прогнозування обігу вантажних вагонів на основі існуючого оперативного планування роботи на рівні залізниці шляхом розробки штучної нейронної мережі, яка адекватно відтворює вплив сукупності експлуатаційних параметрів на величину обігу;

- формалізовано процес управління поїздопотоків з урахуванням пріоритетів поїздів в межах підсистем, який забезпечує нормативний обіг вантажних вагонів різних категорій з урахуванням фізичного стану поїзду та інфраструктури, на основі синтезу комплексу слабо структурованих моделей, що є основою формування системи розподілених СППР оперативних працівників;

удосконалено:

- ІКС залізниці шляхом інтегрування розробленого комплексу моделей на АРМ оперативних працівників рівня ДН та залізниці, що забезпечує інтелектуальне супроводження процесу стабілізації обігу вагонів;

- процес прийняття рішень при виконанні схрещень поїздів на одноколієних лініях на основі використання інформаційної моделі АСК ВП УЗ.

Практичне значення отриманих результатів.

Розроблений комплекс моделей дозволяє визначати оптимальний варіант приймання та пропуску поїздів всіх категорій по залізничних станціях на основі надання їм такої пріоритетності, що забезпечує стабілізацію загального обігу вантажних вагонів.

Запропоновано модель динамічного прогнозування значень обігу вантажного вагону за період змінно-добового планування, яка є основою для оперативного персоналу ДН або залізниць щодо прийняття завчасних заходів для стабілізації експлуатаційних процесів, пов'язаних з рухом поїздів.

Запропонована технологія стабілізації обігу вантажного вагону надає можливість скоротити відхилення нормативного обігу вантажного вагону в межах 20%, що підтверджено актом впровадження в умовах Південної залізниці;

Комплекс розроблених моделей рекомендовано інтегрувати до автоматизованих робочих місць оперативного персоналу рівня ДН та рівня залізниці, які відповідають за управління поїздопотоками на мережі.

Розроблений комплекс моделей рекомендовано для використання на всіх залізницях України.

Основні результати і розроблені наукові підходи по визначенню оптимальних варіантів пропуску поїздів по дільницях використані і впроваджені на Південній залізниці, а також у навчальний процес Української державної академії залізничного транспорту (УкрДАЗТ), Донецького інституту залізничного транспорту (ДонІЗТ) при вивченні дисциплін "Управління експлуатаційною роботою і якістю перевезень" та при проведенні учбово-дослідних робіт студентів і магістрів. Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами.

Особистий внесок здобувача.

Всі наукові результати, що винесено на захист отримано особисто автором або при його безпосередній участі.

Експериментальні дослідження значень обігу вантажних вагонів та аналіз результатів виконано автором, розробка моделей для реалізації технології пропуску поїздів по дільницях на основі визначення пріоритетності їх пропуску виконані особисто автором. Впровадження результатів та розробок в інформаційне та програмне забезпечення на виробництві і в навчальному процесі виконувалося під керівництвом автора.

В статтях, які написані у співавторстві доробок автора складає:

У статті [2] запропоновано критерій пріоритетності розподілу технічних засобів при забезпеченні необхідного рівня сервісу і позитивному економічному результаті.

У статті [4] сформовано залежності обігу вантажного вагону від його елементів в термінах гібридних мереж.

У статті [5] Формалізовано процедуру оптимізації розподілу вагонного парку на основі нечіткої логіки, яка пропонується як основа на АРМ диспетчера вагонорозподільвача.

У статті [6] запропонована модель динамічного аналізу елементів обігу вантажного вагону, що дозволяє в оперативному режимі визначати взаємний їх вплив.

У статті [7] запропоновано математичну модель визначення категорії вантажного поїзду.

У статті [8] сформовано вимоги до структури та інформаційного забезпечення СППР.

Апробація результатів дисертації.

Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися та ухвалено на: 65, 67-71-й міжнародних науково-технічних конференціях кафедр УкрДАЗТ та спеціалістів залізничного транспорту і підприємств, 2003, 2005-2009 рр.; першій, другій, третій міжнародній науково-практичній конференції „Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління” Київський університет економіки і технологій транспорту, 2003-2005 рр. (м. Київ); 7-й міжнародній науково-практичній конференції „Наука і освіта”, (м. Дніпропетровськ), 2004 р.; 65-й міжнародній науково-практичній конференції „Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту” Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, (м. Дніпропетровськ), 2005 р.

Дисертацію у повному обсязі розглянуто та схвалено на розширеному засіданні кафедри управління експлуатаційною роботою (УЕР) УкрДАЗТ, 2010 р. (м. Харків); на науковому семінарі кафедри транспортних технологій Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ), 2010 р. (м. Харків).

Публікації.

Відповідно до теми дисертації опубліковано 8 наукових робіт (дві з них без співавторів) у виданнях, що затверджені ВАК України як фахові.

Структура та обсяг дисертації.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та ___ додатків.

Повний обсяг роботи складає ___ сторінок, з яких обсяг основного тексту ___ сторінок; додатків, списку використаних джерел, рисунків та таблиць ___ сторінок. Робота ілюстрована ___ рисунками, наведено 30 таблиць. Список використаних джерел складає ___ найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та задачі дослідження, відображено наукову новизну та практичну цінність, подано загальну характеристику роботи.

Перший розділ присвячений обґрунтуванню доцільності формування процедури стабілізації обігу вантажних вагонів на рівні підсистем УЗ з перспективою подальшої автоматизації роботи оперативних працівників при просуванні поїздопотоків.

Існуюча технологія просування поїздопотоків передбачає якісну оцінку обігу вантажних вагонів за період змінно-добового планування на рівнях ДН та залізниць в цілому відповідно до існуючих нормативів.

Детально проаналізовано тенденцію зміни обігу на рівні різних підсистем, яка свідчить про збільшення загального обігу в межах 1,2 – 1,3 рази. Враховуючи, що загальний обіг є комплексним показником для УЗ в цілому, значення його елементів на рівнях окремих підсистем, зокрема ДН і

залізниць повинно відображати взаємозалежність цих підсистем в процесі просування поїздопотоків. Для дотримання цих умов необхідним стає забезпечення стабілізації обігу на рівнях залізничних підрозділів по різних категоріях вагонів з урахуванням пріоритетності їх просування на період складання місячних технічних нормативів.

Аналіз наукових досліджень в напрямку організації та просування поїздопотоків довів, що в основному наукові розробки присвячено оптимізації окремих елементів обігу вантажних вагонів без урахування взаємодії між підсистемами залізничного транспорту. В відомих роботах провідних вчених та практиків: Абрамова А.А., Акулінічева В.М., Архангельського Є.В., Атаманенко Є.Г., Бернгарда К.А., Бородіна А.Ф., Бобровського В.І., Бикадорова А.В., Бутько Т.В., Буянова В.А., Волкова В.С., Воробйова Н.А., Грунтова П.С., Данька М.І., Дьякова Ю.В., Єфименка Ю.І., Жуковицького І.В., Івницького В.А., Іловайського М.Д., Каретнікова А.Д., Козлова В.Є., Кузнецова Г.А., Кулешова В.М., Крячка В.І., Лаврухіна О.В., Нагорного Є.В., Негрея В.Я., Некрашевича В.І., Угрюмова А.К., Скалозуба В.В., Смєхова А.О., Сотнікова Є.А., Тевельова Ф.А., Тихомірова І.Г., Тихонова Г.Н., Тишкіна Є.М., Чернюгова А.Д., Шарова В.А., Шафіта Є.М., Яновського П.О. та інших основну увагу приділено скороченню елементів обігу вантажного вагону, що припадають на технічні та вантажні станції. Елемент обігу вагонів, що обумовлений часом їх знаходження у русі становить близько 20% від загального обігу, вважався квазідетермінованою величиною, яка залежить виключно від дільничної швидкості, хоча саме він є зв'язуючою ланкою у процесі взаємодії підсистем залізничного транспорту. Цей зв'язок забезпечує стійкість залізничної транспортної системи шляхом стабілізації елементу обігу вагону в русі. Як довід аналіз на величину елементу обігу вагонів у русі впливає визначення категорії вагонопотоків (транзитні, місцеві, навантажені, порожні) та пріоритетність їх просування при дотриманні технічних нормативів роботи підрозділів. Саме цим чинникам в науковій літературі приділено недостатньо уваги.

Реалізація зазначених підходів можлива в умовах формування та впровадження автоматизованих технологій просування поїздопотоків на основі розробки СППР оперативного персоналу.

Таким чином виникає необхідність вирішення наукового завдання – удосконалення управління процесом просування поїздопотоків на основі стабілізації обігу вантажного вагону.

Процедура реалізації сформульованого завдання зводиться до поетапного вирішення взаємопов'язаних задач: формування критерію стійкості, що забезпечує оцінку якості процесу стабілізації; розробки моделі прогнозування обігу вантажних вагонів за змінно-добовий період; формалізації механізму визначення категорії поїздів на підходах до розмежувальних пунктів; формування множини альтернативних рішень оперативних працівників при просуванні поїзда; вибір рішення «пріоритету», що забезпечує процес стабілізації. Етапи розв'язання поставлених задач послідовно викладено у наступних розділах.

В другому розділі на основі аналізу існуючих методів прогнозування відповідно до специфіки задачі стабілізації загального обігу вантажних вагонів доведено, що традиційні методи, які базуються на використанні регресійно-кореляційного аналізу в неповній мірі задовольняють вимогам оперативного управління, тому-що вони є достатньо інерційними, не розрізняють члени часового ряду за інформаційною цінністю, в наслідок чого втрачається властивість гнучкості та самонавчання.

У якості критеріїв раціонального управління поїзною роботою у межах ДН запропоновано наступну сукупність критеріїв якості управління, фізичною основою яких є дотримання нормативного обігу для всіх категорій вантажних вагонів за період оперативного планування, тобто за добу

$$C_j = \int_0^{24} |Q_j^n - Q_j(t)| dt \Rightarrow 0, \quad j \in \{1,4\} \quad (1)$$

де індекс $j = 1,2,3,4$ відповідно характеризує транзитний, місцевий, порожній, навантажений вагони; Q_j^n - нормативне значення обігу вагону (згідно технічних нормативів); $Q_j(t)$ - розрахункове (прогнозне) поточне значення обігу вагону.

У формулі (1), яка відображає критерій якості управління процесом просування поїздопотоків на рівні залізничних підсистем, передбачено, що значення величини обігу вагону $Q_j(t)$ є неперервною величиною, яка може надходити по інформаційних каналах АСК ВП УЗ. Ця умова може виконуватись з деякими припущеннями тільки для оперативних показників.

Як відомо, обіг вагону на рівні ДН є звітним показником за кожну добу, що відповідає системі змінно-добового планування, тобто величина $Q(t)$ є дискретною з періодом – одна доба.

Для того щоб підінтегральна функція $Q_j(t)$ була неперервною її було довізначено на вісі абсцис t . Функція $Q_j(t)$ носить стрибкоподібний характер, на протязі кожної залізничної доби вона дорівнює деякій постійній величині, а на початку наступної доби може мати розрив першого роду. Виходячи з цього

$$Q_j(t) = \begin{cases} Q(t_i), & t_i < t \leq t_{i+1} \\ Q(t_{i+1}), & t_{i+1} < t \leq t_{i+2}, \end{cases} \quad (2)$$

де t_i - натуральне число.

Враховуючі, що наступним періодом планування є місяць, звітним показником буде середньо місячний обіг вагону, тобто критерій управління, що характеризує стабілізацію обігу за цей період доцільно представити у вигляді

$$C_j = \int_1^{30} |Q_j^h - Q_j(t)| dt \Rightarrow \min, \quad (3)$$

де величина t вимірюється у добах.

Управління поїздопотоками за цим критерієм є оптимальним, якщо $\lim_{t \rightarrow \infty} |Q_j^h - Q_j(t)| \rightarrow 0$, що відповідає асимптотичній стійкості підсистеми ДН, та обумовлює її інваріантність.

Запропонований критерій окремо відтворює умови стабілізації обігу вагонів з наступними характеристиками: транзитний, місцевий, порожній, навантажений. Для характеристики стійкості функціонування підсистем ДН та залізниці в цілому з точки зору стабілізації обігу вагонів робочого парку доцільно сформулювати суперкритерій у вигляді

$$C = \sum_{j=1}^4 C_j \rightarrow \min, \quad (4)$$

Сформований суперкритерій можливо вважати „активним” аналогом критерію стійкості для підсистем УЗ, причому термін „активний” враховує, що підсистема не сама повертається у стаціонарний стан, при якому $Q_j(t) = Q_j^h$, а під дією рішень, що приймають оперативні працівники, зокрема ДНЦ, ДСП за допомогою відповідних СППР.

Після того як було сформовано суперкритерій для оцінки якості управління поїздопотоками на полігонах ДН, постає задача визначення поточних значень $Q_1(t) = Q_m(t)$, $Q_2(t) = Q_n(t)$, $Q_3(t) = Q_{mp}(t)$, де: $Q_m(t)$ - прогнозне значення обігу місцевого вагону; $Q_n(t)$ - прогнозне значення обігу порожнього вагону; $Q_{mp}(t)$ - прогнозне значення обігу транзитного вагону.

Побудова моделі аналізу виконання обігу вантажних вагонів на рівні ДН та залізниці в цілому базується на аналізі статистичних і динамічних даних по виконанню якісних показників роботи та їхніх елементів. Процес аналізу та прогнозування виконання обігу вантажного вагону по різних характеристиках вагонопотоку запропоновано здійснювати штучною тришаровою нейронною мережею, структуру якої наведено на рис.1.

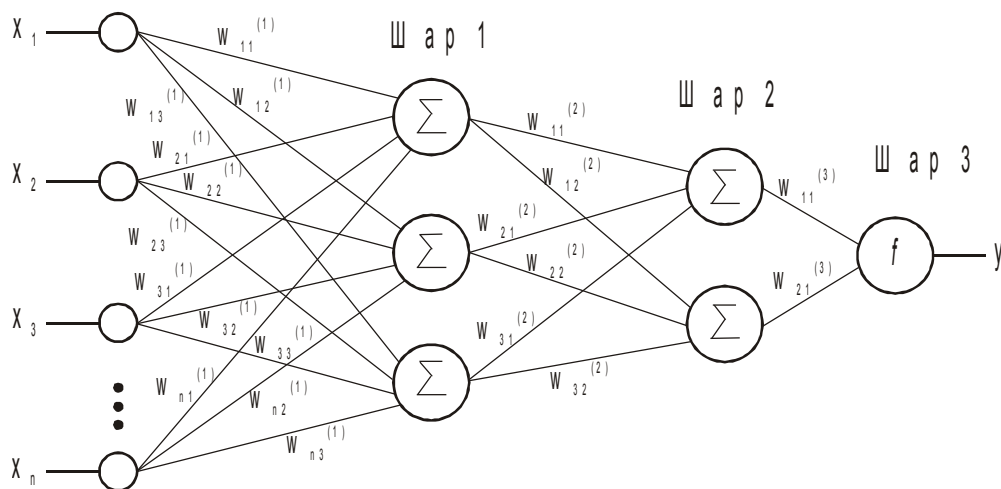


Рис. 1. Тришарова нейронна мережа аналізу та прогнозу обігу вантажного вагону

Згідно розглянутих видів обігів вантажного вагона сформовано вхідні вектори для надання їх нейронній мережі (рис.1). Причому в даному випадку доцільно побудувати нейронні мережі по типу, визначеному на рисунку 1, для визначення прогнозного часу для транзитних, місцевих та порожніх вагонів оскільки обіг вантажного вагона більшим чином є звітним показником який формується з перших двох зазначених видів.

Таким чином вхідними параметрами для розрахунку прогнозного значення обігу транзитних, місцевих, порожніх вагонів є наступні величини:

n_{mp1}^p - кількість транзитних вагонів, що планується прийняти від сусідніх залізниць для їх здавання на інші залізниці по даній залізниці протягом передпланової доби, ваг.;

n_{mp2}^p - кількість транзитних вагонів, які навантажено на даній залізниці для здавання їх на інші залізниці, ваг.;

S_{mp}^p - середня відстань прямування транзитного вагона, в даному випадку розрахована як середньозважене значення (розраховується на основі даних вагонної моделі АСК ВП УЗ), км;

n_{mp1}^p - кількість вагонів, що планується прийняти від сусідніх залізниць для вивантаження, ваг.;

n_{mp2}^p - кількість вагонів, які планується навантажити і вивантажити на даній залізниці, ваг.;

S_{mp}^p - середня відстань прямування місцевого вагона, в даному випадку розрахована як середньозважене значення (розраховується на основі даних вагонної моделі АСК ВП УЗ), км;

t_{cp}^p - середній час на виконання вантажних операцій (розраховується на основі даних АСК ВП УЗ згідно з технологічним часом на вантажні операції та кількості вагонів, які їх проходять), год.;

n_n^p - потрібна кількість порожніх вагонів згідно вимог клієнта (місячний розгорнутий план, декадне замовлення, добове замовлення), ваг.;

S_{mp}^p - середня відстань прямування порожнього вагона, в даному випадку розрахована як середньозважене значення (розраховується на основі даних вагонної моделі АСК ВП УЗ), км;

κ_{nm}^p - коефіцієнт місцевої роботи.

Вибір зазначених параметрів ґрунтується на їх переважній впливовості на величину елементів обігу транзитного вагону. Таким чином розроблений комплекс нейронних мереж, який навчений на наборі зазначених елементів, є основою для прогнозування значень обігів транзитних, місцевих та порожніх вагонів на передпланову добу при завданні відповідних вхідних векторів (5)- (7).

В даному випадку задача відображення <вхід-вихід> має наступний вигляд:

$$\begin{pmatrix} n_{mp1}^p \\ n_{mp2}^p \\ S_{mp}^p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} n_{mp1}^1, \dots, n_{mp1}^p \\ n_{mp2}^1, \dots, n_{mp2}^p \\ S_{mp}^1, \dots, S_{mp}^p \end{pmatrix} \rightarrow \left(O_{mp}^p \right) = \left(O_{mp}^1, \dots, O_{mp}^p \right), \quad \text{тобто} \quad \begin{pmatrix} n_{mp1}^1 \\ n_{mp2}^1 \\ S_{mp}^1 \end{pmatrix} \rightarrow \left(O_{mp}^1 \right) \quad (5)$$

$$\begin{pmatrix} n_{m1}^p \\ n_{m2}^p \\ S_m^p \\ t_{zp}^p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} n_{m1}^1, \dots, n_{m1}^p \\ n_{m2}^1, \dots, n_{m2}^p \\ S_m^1, \dots, S_m^p \\ t_{zp}^1, \dots, t_{zp}^p \end{pmatrix} \rightarrow \left(O_m^p \right) = \left(O_m^1, \dots, O_m^p \right), \quad \text{тобто} \quad \begin{pmatrix} n_{m1}^1 \\ n_{m2}^1 \\ S_m^1 \\ t_{zp}^1 \end{pmatrix} \rightarrow \left(O_m^1 \right), \quad (6)$$

$$\begin{pmatrix} n_n^p \\ S_n^p \\ K_{nm}^p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} n_n^1, \dots, n_n^p \\ S_n^1, \dots, S_n^p \\ K_{nm}^1, \dots, K_{nm}^p \end{pmatrix} \rightarrow \left(O_n^p \right) = \left(O_n^1, \dots, O_n^p \right), \quad \text{тобто} \quad \begin{pmatrix} n_n^1 \\ S_n^1 \\ K_{nm}^1 \end{pmatrix} \rightarrow \left(O_n^1 \right), \quad (7)$$

Для навчання нейронної мережі передбачено надходження зазначених у векторі даних з АСК ВП УЗ.

Термін дослідження виконаних обігів місцевого, транзитного, порожнього та навантаженого вагонів складав 5 років (дослідження проведено по Харківській дирекції залізничних перевезень Південної залізниці).

Було відповідно до розробленої динамічної моделі прогнозування проведено моделювання роботи нейронної мережі. Вихідними даними був динамічний ряд значень обігу вантажного вагону по місяцях в межах залізниці.

Аналіз отриманих залежностей свідчить про адекватність моделей прогнозування. Підтвердженням цього є той факт, що похибка прогнозування коливається в межах від 0 до 6%, що є задовільним для задач такого класу. Значення похибки у таких межах обумовлено структурою моделі, яка враховує практично весь спектр факторів, що характеризують структуру поїздо- та вагонопотоків та значним періодом (5 років) навчання.

Для вирішення задачі стабілізації загального обігу вагонів з використанням розробленого комплексу моделей прогнозування та оцінкою за критерієм стійкості необхідним стає формалізація процесу надання пріоритетності при пропуску поїздів по дільницях.

У третьому розділі сформовано критерії пріоритетності, які враховують можливі поїзні ситуації на полігоні ДН та залізниці вцілому, та дозволяють поділити всі вантажні поїзди за наступними категоріями:

1 категорія – низька ступінь схрещення: поїзди з таким ступенем можливо ставити під схрещення з іншими поїздами більших категорій у кожному випадку, коли виникає така необхідність;

2 категорія – середня ступінь схрещення: такі поїзди можливо ставити під схрещення тільки з поїздами більш високої 3 категорії;

3 категорія – висока ступінь схрещення – такі поїзди в жодному випадку не можна ставити під схрещення. Такі поїзди в своєму складі містять певну кількість вагонів (транзитних, місцевих, порожніх), час обігу яких значно перевищує нормативний.

Як довів аналіз процедури прийняття рішень оперативними працівниками щодо просування поїздопотоків по дільницях на процес прийняття рішення впливає значна множина чинників, а саме: наявність та кількість вагонів в складі поїзду з вичерпаним строком доставки, поїздів підвищеної ваги та довжини, врахування профілю дільниці та інше, що свідчить про приналежність технології пропуску поїздів до слабо структурованих задач, для формалізації яких використовується апарат нечіткої логіки.

При формуванні моделі визначення категорії вантажних поїздів при пропуску по дільницях було порівняно можливості відомих алгоритмів нечіткого висновку Mamdani та Sugeno. Доведено, що більш точно результат висновку надає алгоритм Sugeno [3], нечіткий вивід в якому здійснюється на основі знаходження передумов кожного з правил, що відбивають процедуру визначення категорії вантажних поїздів:

П₁: якщо $x \in A_1$ та $y \in B_1$ тоді $z_1 = a_1x + b_1y$,

П₂: якщо $x \in A_2$ та $y \in B_2$ тоді $z_2 = a_2x + b_2y$,

П₃: якщо $x \in A_3$ та $y \in B_3$ тоді $z_3 = a_3x + b_3y$,

де z_1, z_2, z_3 – ім'я вихідної змінної відповідно: «перша категорія», «друга категорія», «третя категорія»;

$A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3$ – задані функції приналежності, які визначені відповідно на x, y .

x - кількість вагонів в складі певного поїзду, ваг.;

y - добове відхилення поточного значення обігу вантажних вагонів певної категорії від його нормативного значення, діб.

a, b - конкретні значення функцій приналежності при задані x, y .

На основі визначення параметрів нечітких величин знайдено ступені істинності для передумов кожного з правил: $A_1(x_0), A_2(x_0), A_3(x_0), B_1(y_0), B_2(y_0), B_3(y_0)$.

На наступному етапі знайдено значення:

$$\begin{aligned}\alpha(x_0^1, y_0^1) &= A_1(x_0) \wedge B_1(y_0), \\ \alpha(x_0^2, y_0^2) &= A_2(x_0) \wedge B_2(y_0), \\ \alpha(x_0^3, y_0^3) &= A_3(x_0) \wedge B_3(y_0),\end{aligned}\tag{8}$$

після чого отримано індивідуальні виходи правил:

$$\begin{aligned}
 z_1 &= a_1x + b_1y, \\
 z_2 &= a_2x + b_2y, \\
 z_3 &= a_3x + b_3y.
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

Чітке значення змінної виводу категорії поїзду визначається виразом

$$z_0 = \frac{\alpha(x_0^1, y_0^1)z_1 + \alpha(x_0^2, y_0^2)z_2 + \alpha(x_0^3, y_0^3)z_3}{\alpha(x_0^1, y_0^1) + \alpha(x_0^2, y_0^2) + \alpha(x_0^3, y_0^3)}.
 \tag{10}$$

Безпосередньо процедуру нечіткого логічного виводу щодо визначення категорії поїзду на основі алгоритму Sugeno наведено на рисунку 2.

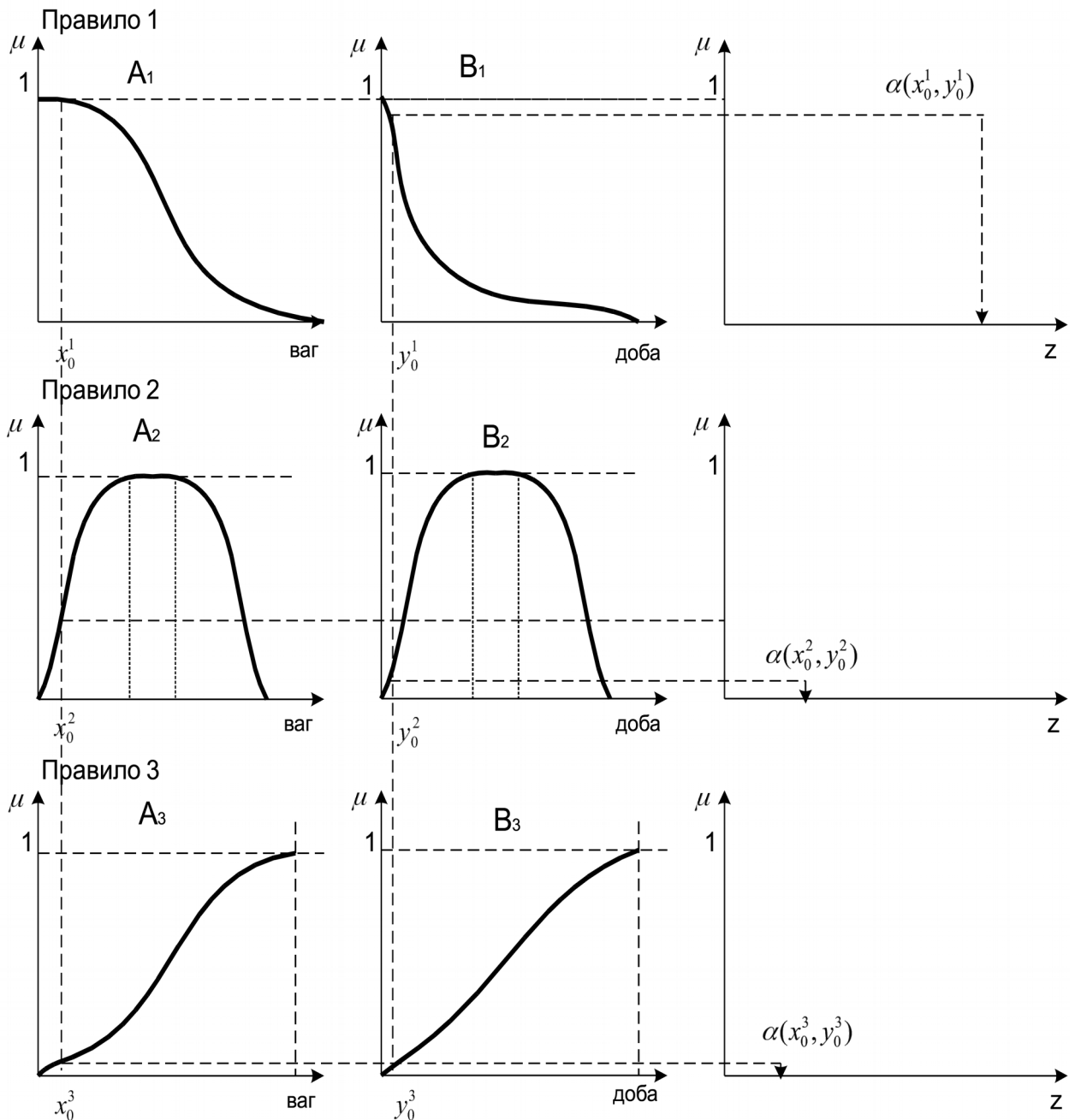


Рис. 2. Схематичне визначення логічного виводу чисельного значення категорії поїздів

При застосуванні даного алгоритму на виході при моделюванні було одержано ті ж значення категорій, що і при застосуванні алгоритму Mamdani, що свідчить про адекватність сформованих моделей.

На основі розробленої математичної моделі, проведено моделювання процесу визначення категорії поїздів в оперативному режимі при допомозі прикладного програмного пакету MATLAB редактор FIS Edition.

На рисунку 3 відображено функцію приналежності, яка відповідає за кількість вагонів у складі поїзда певної категорії.

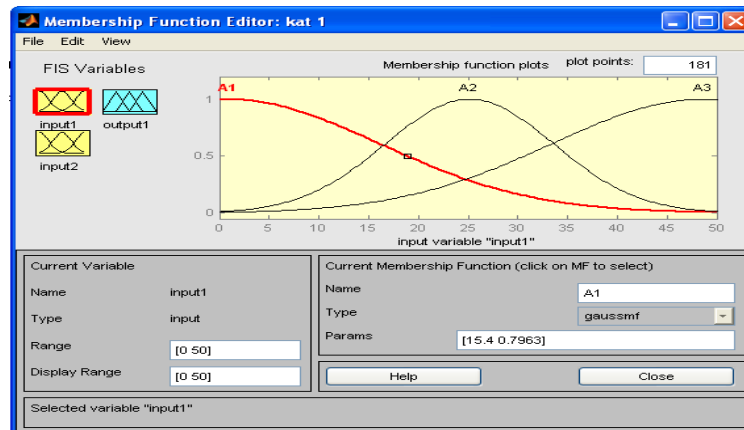


Рис. 3. Побудова функції приналежності $\mu_A(x)$ „кількість вагонів”

На рисунку 4 відображено функції приналежності, яка відповідає за добове відхилення обігу певної категорії вантажних вагонів від нормативного значення.

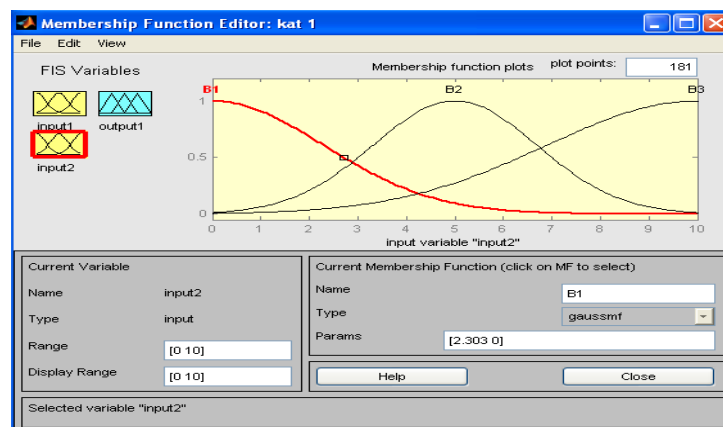


Рис. 4. Побудова функції приналежності $\mu_B(y)$ „добове відхилення”

Побудовані функції є функціями вводу, на основі, яких визначено вхідний вектор, а в результаті проектування на вихідну функцію приналежності (рисунк 5) отримано вихідне значення.

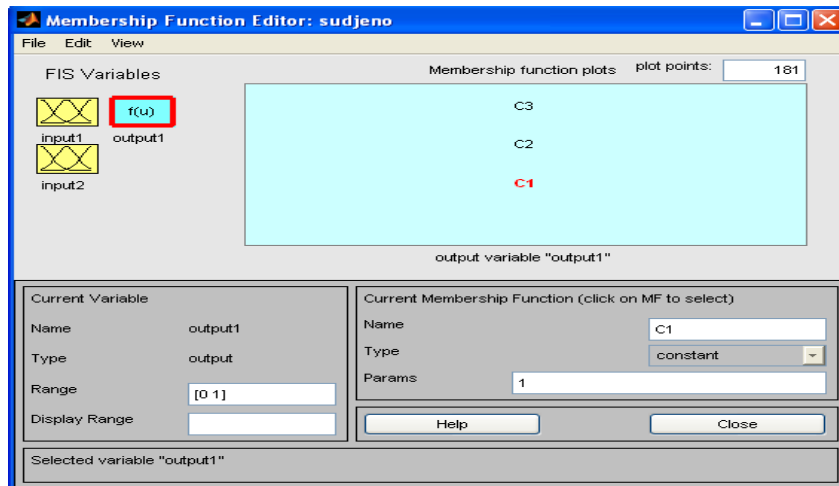


Рис. 5. Побудова вихідної функції приналежності $\mu_s(z)$ „категорія поїзду”

Для подальшої формалізації процесу стабілізації обігу вантажного вагону було сформовано терм-множини типових станів поїзда по типу «ситуація-дія» для трьох наступних подій: „підхід поїзда до станції”.

Елементи терм-множин мають наступні ознаки: вага поїзда, його довжина, категорія. Для реалізації процесу ідентифікації реальних поїзних ситуацій з метою підвищення рівня точності було обрано метод „визначення нечіткої рівності ситуацій”. На основі застосування цього методу можливо стверджувати – якщо множина типових ситуацій S містить ситуації такі, що \tilde{s}_i, \tilde{s}_j ($i, j \in k = \{1, 2, \dots, N\}, i \neq j$), що $\tilde{s}_i \subset \tilde{s}_j$ та $\tilde{s}_j \subset \tilde{s}_i$, то ситуації \tilde{s}_i і \tilde{s}_j необхідно сприймати як одну ситуацію $\tilde{s}_{i,j} = \tilde{s}_i \cup \tilde{s}_j$. Фактично існування двох взаємних включень ситуацій \tilde{s}_i і \tilde{s}_j означає, що при даному порозі включення t_{inc} ситуації \tilde{s}_i і \tilde{s}_j можливо рахувати приблизно однаковими.

Ступінь нечіткої рівності $\mu(\tilde{s}_i, \tilde{s}_j)$ ситуацій \tilde{s}_i і \tilde{s}_j визначається виразом:

$$\mu(\tilde{s}_i, \tilde{s}_j) = \&_{x_l \in X} \mu(\mu_{s_i}(x_l), \mu_{s_j}(x_l)), \quad (11)$$

На основі статистичного динамічного ряду реальних значень обігу місцевого вагону в межах полігонів Південної залізниці проведено тренування оптимізаційної динамічної моделі, яку розроблено та закладено в основу СППР ДНЦ. Результати тренінгу наведено на рисунку 6.

Стрибкоподібну залежність (лінія 4, рис. 6) отримано імітацією тренінгу дій ДНЦ за активним критерієм стійкості C , що забезпечує стабілізацію обігу вантажного вагону.

Для кількісної оцінки впливу стабілізаційного процесу на величину обігу за період місячного планування було порівняно відповідні значення активного критерію стійкості до впровадження СППР, тобто за традиційною технологією оперативного управління просуванням поїздотоків на полігонах залізниці та на основі використання СППР. У кількісному відношенні активний критерій стійкості складає величину $C_{безСППР} = 132,0$, а з використанням СППР - $C_{СППР} = 126,4$. Таким чином впровадження

розробленої оптимізаційної моделі на АРМ оперативних працівників дозволяє знизити відхилення обігу місцевого вагону в межах 20% на протязі місяця, що підтверджується загальною тенденцією наближення залежності (лінія 4, рис.6) до горизонтальної асимптоти Q_n , яка являє собою значення нормативного обігу. Зниження показника C саме на 20% обумовлено величиною елемента обігу вантажного вагону, що припадає на час руху поїзда по дільницях.

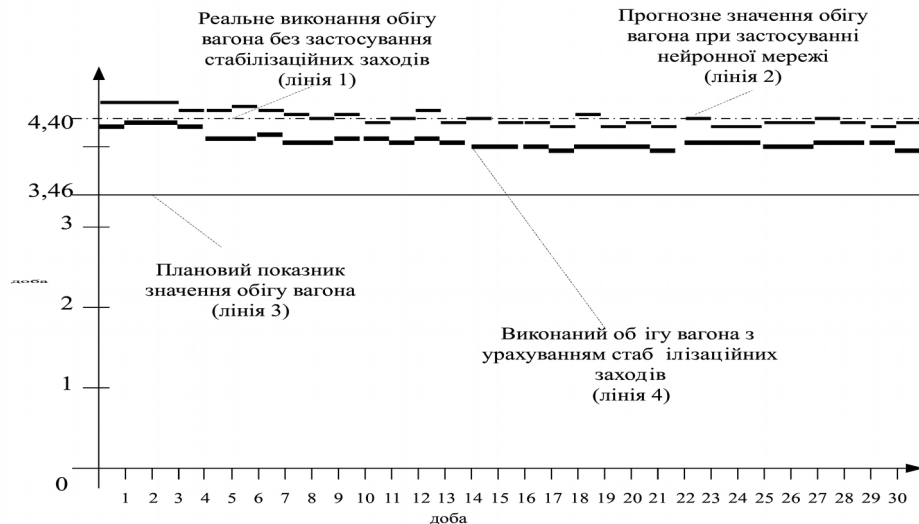


Рис. 6. Оцінка стійкості процесу стабілізації обігу вантажного вагона

Аналогічні процедури тренування проведено для всіх категорій вагонопотоків.

Таким чином сформовано багатоетапну модель, що реалізує автоматизовану технологію стабілізації загального обігу вантажних вагонів для залізничних підсистем. Модель також передбачає прямування по дільницях поїздів з негабаритним вантажем та довгосоставних. Розроблена модель є основою для формування СППР на АРМ оперативних працівників з елементами штучного інтелекту.

У четвертому розділі проаналізовано можливості автоматизованих систем АСК ВП УЗ та ДЦ КАСКАД щодо надання необхідної інформації для реалізації процесу стабілізації. Доведено що обидві системи забезпечують необхідні вхідні дані для СППР на АРМ ДСП та АРМ ДНЦ, але інформація не зосереджена на певному АРМі. Сформований комплекс моделей запропоновано інтегрувати до АРМ оперативних працівників ДСП та ДНЦ в межах ДН або залізниці та реалізувати на структурі розподіленої СППР. Зазначена технологія організації системи підтримки прийняття рішень базується на максимальній взаємодії на певних рівнях управління та міжрівневої взаємодії. Вона сприяє поліпшенню системи оперативного управління транспортними подіями та управління процесом перевезення, автоматизації прогнозування величини обігу вантажного вагону, оперативному корегуванню графіку руху поїздів, оперативному наданню

вказівок стосовно пропуску поїздів по дільницях на основі застосування СППР.

Загальна економія від впровадження розробленої автоматизованої технології стабілізації обігу вантажного вагону дозволяє одержати в середньому за місяць економічний ефект на рівні 5744160 грн., що підтверджено актами впровадження в умовах Південної залізниці.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано тенденцію зміни обігу вантажного вагону на рівні різних підсистем таких як ДН та залізниці в цілому, яка свідчить про збільшення загального обігу в межах 1,2 – 1,3 рази; доведено, що для окремих категорій вагонів обіг перевищує нормативний на 12-15%, що свідчить про недостатньо якісну технологію оперативного управління просуванням поїздопотоків, яка передбачає, що елемент обігу вагону у чистому русі по дільниці є суто детермінованою величиною без урахування того факту, що на цей елемент обігу впливає категорія поїздів через надання їм пріоритетності у пропуску по дільницях.

2. Аналіз наукових досліджень в напрямку організації та просування поїздопотоків довів, що в основному наукові розробки присвячено оптимізації окремих елементів обігу вантажних вагонів, зокрема часу знаходження на технічних та вантажних станціях без урахування взаємодії між підсистемами залізничного транспорту. Тобто практично не розглядалися питання щодо оптимізації елемента обігу вантажного вагону у русі.

3. У якості критерію стійкості, що відтворює та оцінює процедуру стабілізації елемента загального обігу вагонів у русі по дільницях запропоновано суперкритерій, що враховує взаємозалежність між обігами різних категорій вагонів, а саме – місцевих, транзитних, порожніх.

4. Запропоновано у якості моделі прогнозування елементів обігу вагонів у русі по дільницях нейронну мережу, якій притаманна властивість до самонавчання, що забезпечить гнучкість при оперативному управлінні. Сформовано сукупність нейронних мереж з параметрами, які враховують специфіку процедури оперативного планування щодо визначення зв'язку між кількісними показниками для даної залізничної підсистеми та величиною загального обігу вантажних вагонів. Комплекс моделей забезпечує похибку прогнозування до 6%, що є задовільним для задач такого класу. Значення похибки у таких межах обумовлено структурою моделі, яка враховує практично весь спектр факторів, що характеризує структуру поїздо- та вагонопотоків та значним періодом (5 років) навчання.

5. Запропоновано надавати категорії при пропуску поїздів по дільницях зокрема: 1 категорія – низька ступінь схрещення: поїзди з таким ступенем можливо ставити під схрещення з іншими поїздами більших категорій у кожному випадку коли виникає така необхідність; 2 категорія – середня ступінь схрещення: такі поїзди можливо ставити під схрещення тільки з поїздами більш високої 3 категорії; 3 категорія – висока ступінь схрещення –

такі поїзди в жодному випадку не можна ставити під схрещення, такі поїзди в своєму складі містять певну кількість вагонів (транзитних, місцевих, порожніх), час обігу яких значно перевищує нормативний. Формалізовано автоматизовану технологію визначення пріоритетності пропуску поїздів відповідно запропонованих категорій на основі апарату нечіткої логіки. В результаті порівняння моделей прийняття рішення поїзним диспетчером за алгоритмами Mamdani і Sugeno, доведено що розроблений комплекс моделей забезпечує адекватність процесу просування поїздів по дільницях з наданням пріоритетності.

6. На основі сформованої терм-множини типових станів поїзда (альтернатив) з використанням лінгвістичних змінних, елементи якої враховують такі ознаки як вага поїзда, його довжина та категорія формалізовано процес ідентифікації реальної поїзної ситуації. Сформована таким чином процедура прийняття рішень основою СППР на АРМ ДСП та АРМ ДНЦ. В результаті тренінгу доведено, що запропонована оптимізаційна модель дозволяє знизити відхилення обігу вагону в межах 20% за критерієм стійкості на протязі місяця.

7. Розроблений комплекс моделей, що відтворює процес управління просуванням поїздопотоків на основі стабілізації обігу вантажного вагону інтегровано у вигляді структури розподілених СППР на АРМах оперативних працівників ДСП та ДНЦ в межах ДН або залізниці. Зазначена технологія організації системи підтримки прийняття рішень базується на максимальній взаємодії на певних рівнях управління та міжрівневої взаємодії.

8. Доведено, що впровадження автоматизованих технологій управління рухом поїздів за рахунок стабілізації загального обігу вантажного вагону забезпечує скорочення експлуатаційних витрат на 5744160 грн на протязі місяця.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Доценко Ю.В. Розробка математичної моделі оптимального використання технічних засобів залізниці на основі теорії нейронних мереж / Ю.В. Доценко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2005. – № 6/2 (18). – С. 37–39.

2. Кулешов В.М. Знаходження критерію пріоритетності розподілу технічних засобів реалізацією системи нечіткого виводу / В.М. Кулешов, Ю.В. Доценко // Зб.наук.праць. – УкрДАЗТ. – 2005. – Вип.66. – С.22 –28.

3. Доценко Ю.В. Модель прогнозування необхідного числа вагонів для виконання плану перевезень вантажів на основі апарата нейронних мереж / Ю.В. Доценко // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ "ХПІ", 2005. – № 57. – С. 24–28.

4. Кулешов В.М. Побудова нечіткої апроксимуючої системи залежності обороту вантажного вагону від його елементів / В.М. Кулешов, Ю.В. Доценко // Зб.наук.праць. – ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2005. – Вип.3. – С.27–31.

5. Кулешов В.М. Оптимізація розподілу ресурсів для забезпечення сервісу перевезень на залізниці / В.М. Кулешов, Ю.В. Доценко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2006. – Вип. 11. – С. 80–84.

6. Лаврухін О.В. Розробка математичної моделі динамічного аналізу елементів обігу вантажного вагону / О.В. Лаврухін, Ю.В. Доценко // Зб.наук.праць. – ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2008. – Вип.14. – С.18–26.

7. Лаврухін О.В. Розробка динамічної моделі визначення категорії поїздів на основі нечіткої логіки / О.В. Лаврухін, Ю.В. Доценко // Зб.наук.праць. – ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2008. – Вип.15. – С.9–16.

8. Бутько Т.В. Удосконалення управління процесом просування поїздопотоків на основі стабілізації обігу вантажного вагону / Т.В. Бутько, О.В. Лаврухін, Ю.В. Доценко // Зб.наук.праць. – ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2010. – Вип.22. – С.18–26.

АНОТАЦІЯ

Доценко Ю.В. Удосконалення управління процесом просування поїздопотоків на основі стабілізації обігу вантажного вагону. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. Українська державна академія залізничного транспорту. Харків, 2010 р.

Дисертацію присвячено вирішенню науково-прикладного завдання щодо удосконалення процесу управління просуванням поїздопотоків на основі стабілізації обігу вантажного вагону шляхом формування комплексу моделей, що адекватно відтворюють технологію пропуску поїздопотоків на рівні залізничних підсистем. Розроблена технологія базується на автоматизованій процедурі надання пріоритетів при пропуску поїздопотоків по дільницях та інтегрована до АРМів оперативних працівників на структурі розподілених СППР.

Комплекс моделей складається з: критерію стійкості, який дозволяє оцінити якість процесу стабілізації за період місячного планування; моделі прогнозування обігу за змінно-добовий період для місцевих, порожніх, транзитних вагонів, яка ґрунтується на апараті нейронних мереж; моделі оперативного визначення категорій поїздів на підходах до розмежувальних пунктів; сформованої терм-множини типових станів поїзда (альтернатив) на основі використання лінгвістичних змінних з елементами, які мають наступні ознаки – вага поїзда, його довжина та категорія; формалізації процесу ідентифікації реальних поїзних ситуацій.

У дисертаційній роботі оцінено ефективність процесу стабілізації загального обігу в умовах Південної залізниці.

Ключові слова: обіг вантажного вагону, диспетчерська дільниця, перевізний процес, комплекс моделей стабілізації перевізного процесу, системи підтримки прийняття рішень оперативних працівників.

АННОТАЦІЯ

Доценко Ю.В. Усовершенствование управления процессом продвижения поездопотоков на основе стабилизации оборота грузового вагона. – Рукопись.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 – транспортные системы. Украинская государственная академия железнодорожного транспорта. Харьков, 2010 г.

В диссертации представлено теоретическое обоснование и решение научно-практического задания усовершенствования процесса продвижения поездопотоков на основе стабилизации оборота грузового вагона путём формирования комплекса моделей, который состоит из: критерия устойчивости, который позволяет оценить качество процесса стабилизации за период месячного планирования; модели прогнозирования оборота в пределах сменно-суточного периода для местных, порожних, транзитных вагонов, базирующейся на аппарат нейронных сетей; модели оперативного определения категории грузовых поездов на походах к отдельным пунктам; сформированного терм-множества типовых состояний поезда с использованием лингвистических переменных, элементы которого имеют следующие признаки – вес поезда и его длина, а также категория; формализации процесса идентификации реальных поездных ситуаций. Модель оперативного определения категории грузовых поездов основана на присвоении им соответствующего приоритета при принятии решения оперативным персоналом для пропуска по участку. Разработанная процедура стабилизации реализуется на структуре распределённых систем поддержки принятия решений дежурным по станции и поездным диспетчером.

В качестве критерия устойчивости, который отображает и оценивает процедуру стабилизации элемента общего оборота вагонов в движении по участкам, предложен суперкритерий, который учитывает взаимозависимость между оборотами разных категорий вагонов, а именно – местных, транзитных, порожних.

Предложено в качестве модели прогнозирования элементов оборота вагонов в движении по участкам использовать нейронную сеть, которая обладает свойством самообучения, и обеспечивает гибкость при оперативном управлении. Сформирована совокупность нейронных сетей с параметрами, учитывающими специфику процедуры оперативного планирования при определении связи между количественными показателями для данной железнодорожной подсистемы и величиной общего оборота грузовых вагонов. Комплекс моделей обеспечивает погрешность прогнозирования до 6%, что является удовлетворительным для задач такого класса. Значение погрешности в таких границах обусловлено структурой модели, которая

учитывает практически весь спектр факторов, который характеризует структуру поїздо- и вагонопотоков и значительным периодом обучения (5 лет).

Предложено назначать категории поездов при пропуске их по участкам: 1 категория – низкая степень скрещения: поезда с такой степенью, возможно, ставить под скрещение с другими поездами больших категорий в каждом случае, когда возникает такая необходимость; 2 категория – средняя степень скрещения: такие поезда возможно ставить под скрещение только с поездами более высокой 3 категории; 3 категория – высокая степень скрещения – такие поезда не следует ставить под скрещении; эти поезда в своем составе содержат определенное количество вагонов (транзитных, местных, порожних), оборот которых значительно превышает нормативный. Формализована автоматизированная технология определения приоритетности пропуска поездов в соответствии с предложенными категориями на основе аппарата нечеткой логики. В результате сравнения моделей принятия решения поездным диспетчером по алгоритмами Mamdani и Sugeno доказано, что разработанный комплекс моделей обеспечивает адекватность процесса продвижения поездов по участкам с предоставлением приоритетности.

На основе сформированного терм-множества типовых состояний поезда (альтернатив) с использованием лингвистических переменных, элементы которого учитывают такие признаки как: вес поезда, его длина и категория формализован процесс идентификации реальной поездной ситуации. Сформированная таким образом процедура принятия решений является основой СППР на АРМ ДСП и АРМ ДНЦ. В результате тренинга доказано, что предложенная оптимизационная модель в соответствии с предложенным критерием устойчивости позволяет снизить отклонение оборота вагона в пределах 20% на протяжении месяца.

Разработанный комплекс моделей, который моделирует процесс управления продвижением поездопотоков на основе стабилизации оборота грузового вагона интегрирован в виде структуры распределенных СППР на АРМах оперативных работников ДСП и ДНЦ в границах ДН или железной дороги. Автоматизированная технология организации системы поддержки принятия решений базируется на максимальном взаимодействии на определенных уровнях управления и межуровневом взаимодействии.

Оценено, что внедрение автоматизированных технологий управления движением поездов за счет стабилизации общего оборота грузового вагона обеспечивает сокращения эксплуатационных затрат на 5744160 гривен на протяжении месяца.

В диссертационной работе оценена эффективность процесса стабилизации общего оборота грузовых вагонов в условиях Южной железной дороги.

Ключевые слова: оборот грузового вагона, диспетчерский участок, перевозочный процесс, комплекс моделей стабилизации перевозочного процесса, системы поддержки принятия решений оперативным персоналом.

ABSTRACT

Dotsenko Y.V. Improvement of train traffic promotion process control which based on freight railcar turnaround stabilization. - Manuscript.

Ph.D. thesis in the specialty 05.22.01 - transport systems. - Ukrainian State Academy of Railway Transport. Kharkov, 2010 year.

The dissertation is devoted to solving scientific and applied tasks of the improvement of train-traffic promotion process control which based on freight railcar turnaround stabilization through the formation of complex models which adequately reproduce the technology of crossing of railway subsystems by car-traffics. The technology is based on an automated procedure of priority setting to the trains which bypassing the spans, it is integrated into railway officers' automated workplaces on the distributed DSS structure. The complex of models consists of: model of prediction of local, hollow, transit cars turnaround time value for the shift/day duration which is based on neural networks apparatus; stability criterion which allows to evaluate the quality of the stabilization period for the monthly planning; the model of operational determining the categories of trains approaching the boundary points; the formed term-manifold of typical states (alternatives) of train on the basis of linguistic variables with elements that have the following characteristics - weight of the train, its length and category; the formalization of process of identification of real train situations.

The thesis evaluated the effectiveness of the stabilization of general turnaround time in the Southern Railway.

Keywords: cars turnaround; spans, transportation process, complex of models of stabilization of transportation process, system of support of decision-making by operation personnel.