

**Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України**  
**Українська державна академія залізничного транспорту**

**КОСТЕННИКОВ ОЛЕКСІЙ МИХАЙЛОВИЧ**

УДК 656.222.6:656.212

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ МІСЦЕВОГО  
ВАГОНОПОТОКУ НА ДІЛЬНИЦІ В УМОВАХ СЕЗОННОГО  
КОЛИВАННЯ ОБСЯГІВ НАВАНТАЖЕННЯ**

05.22.01 – транспортні системи

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків-2012

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

**Науковий керівник:** кандидат технічних наук, професор  
Запара Віктор Мефодійович,  
Українська державна академія залізничного транспорту, кафедра управління вантажною і комерційною роботою, професор кафедри

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
Альошинський Євген Семенович,  
Українська державна академія залізничного транспорту, кафедра транспортних систем та логістики, завідувач кафедри

кандидат технічних наук,  
Кузнецов Михайло Михайлович,  
Головне комерційне управління Державної адміністрації залізничного транспорту, начальник управління комерційної роботи

Захист відбудеться «22» березня 2012 р. о 14 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 «20» лютого 2012 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради

А.В.Прохорченко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Аналіз загального часу просування вантажів від станцій навантаження до станцій призначення вказує на те, що при існуючій технології доставки значний час обігу вагона займають такі операції: очікування забирання зі станції навантаження та простій на станціях переробки (в деяких випадках ці простої сягають 30% від загального часу доставки). В умовах сезонного коливання вагонопотоків цей показник тільки зростає. Це призводить до надлишкових простоїв рухомого складу, несвоєчасного підведення порожніх вагонів під навантаження і, як наслідок, незадоволення потреб вантажовласників. Для раціонального використання вагонного парку, покращення експлуатаційних показників роботи залізничних підрозділів необхідно підвищувати якість оперативного планування місцевої роботи з урахуванням сезонної нерівномірності. Це можливо за рахунок створення системи, що визначатиме оптимальні регулювальні заходи щодо раціональної підв'язки локомотивів під місцеві состави для формування збірних та вивізних поїздів, ступінчатих маршрутів, призначення диспетчерських локомотивів. Це дозволить зменшити непродуктивні простої та пробіги вагонів і локомотивів та мінімізувати експлуатаційні витрати.

Зважаючи на вищевказане, тема дисертаційної роботи є актуальною і направлена на вирішення важливих питань удосконалення технології формування місцевого вагонопотоку в умовах сезонного коливання обсягів навантаження.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась відповідно до Державної програми реформування залізничного транспорту (розпорядження Кабінету Міністрів України від 27.12.2006 р. № 651-р), Закону про інформатизацію на залізничному транспорті, а також до науково-дослідних робіт «Розробка Єдиного технологічного процесу роботи під'їзної колії Закритого акціонерного товариства “Донецьксталь” – металургійний завод” та станції примикання Донецьк ДП “Донецька залізниця”» (держ. реєстр. №0108U003761), «Разработка предложений по повышению эффективности использования грузовых вагонов различной формы собственности в новых условиях» (держ. реєстр. №011U004890).

**Мета і завдання дослідження.** Метою даної дисертаційної роботи є удосконалення технології обслуговування місцевих вагонопотоків на полігоні дирекцій залізничних перевезень, яка адаптована до сезонних коливань обсягів навантаження та забезпечує мінімальні непродуктивні простої за рахунок раціональної підв'язки локомотивів до місцевих поїздів різних категорій. Реалізація цієї мети потребує постановки та вирішення таких основних задач:

1. Провести аналіз організації місцевої роботи на залізницях України та за кордоном.
2. Провести статистичні дослідження щодо динаміки сезонної нерівномірності перевезення вантажів у місцевому сполученні.
3. Провести аналіз існуючих методів прогнозування для створення адекватної моделі прогнозування обсягів місцевої роботи з урахуванням сезонного фактора.

4. Формалізувати технологію організації місцевої роботи на полігонах дирекцій залізничних перевезень, яка відбиває процес підв'язки локомотивів під місцеві состави.

5. Провести моделювання процесу вивезення місцевого вагонопотоку на реальному полігоні дирекцій залізничних перевезень.

6. Удосконалити існуючі інформаційно-керуючі системи (ІКС) за рахунок формування системи підтримки прийняття рішень (СППР) оперативних працівників.

7. Провести економічне обґрунтування запропонованої технології.

**Об'єкт дослідження** – процес обслуговування місцевого вагонопотоку на дільниці.

**Предмет дослідження** – технологія підв'язки локомотивів під місцеві состави в умовах сезонного коливання обсягів навантаження.

**Методи дослідження.** Виконані дослідження базуються на: процедурі моніторингу, методах теорії ймовірностей та математичної статистики для проведення аналізу існуючих експлуатаційних показників перевізного процесу; методах побудови гібридних мереж для формування прогнозної моделі обсягів виконання місцевої роботи станцій за період змінно-добового планування; застосуванні теорії нечітких множин, нечіткої логіки та теорії прийняття рішень для формування процедури призначення поїздів відповідних категорій для виконання місцевої роботи.

**Наукова новизна одержаних результатів.** У дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано процес формування автоматизованої технології обробки місцевих вагонопотоків на полігонах дирекцій залізничних перевезень в умовах сезонних коливань обсягів навантаження, яка забезпечує зменшення непродуктивних простоїв вагонів шляхом раціональної підв'язки локомотивів до місцевих поїздів різних категорій. Для формалізації цих процесів було вперше:

- для прогнозування реальних обсягів навантаження у вагонах на полігонах дирекції залізничних перевезень сформовано двохетапну гібридну модель, яка містить блок попереднього прогнозу на основі історичного динамічного ряду та блок остаточного прогнозування. Перевагою сформованої двохетапної моделі є можливість врахування процесу виконання місцевої роботи в умовах як сезонних коливань, так і коливань за днями тижня, що забезпечує середню похибку прогнозу у межах до одного вагона;

- для формалізації технології управління місцевою роботою на полігонах дирекцій залізничних перевезень розроблено оптимізаційну модель, яка враховує особливості планування місцевої роботи та забезпечує мінімізацію непродуктивних простоїв та пробігів (вагонів, локомотивів). Цільову функцію розробленої моделі представлено у вигляді інтегрального критерію якості управління за період змінно-добового планування, при цьому підінтегральною функцією є функціонал від векторів стану системи, що характеризується топологією полігону дирекції залізничних перевезень та прогнозною кількістю реально потрібних вагонів під навантаження-розвантаження, та вектора управління, який характеризується планом роботи локомотивів;

- з метою реалізації управління місцевою роботою сформовано процедуру оперативного формування плану роботи поїзних локомотивів при вивезенні вантажних вагонів зі станції полігону дирекції залізничних перевезень, яка ґрунтується на визначенні раціональної послідовності об'їзду локомотивами лінійних об'єктів шляхом надання бальної оцінки, яка включає такі показники: кількість вагонів, кількість вагонів зі швидкопсувним вантажем, кількість вагонів зі спливаючим терміном доставки.

*Доопрацьовано:*

- комплекс функціональних задач локальної інформаційно-керуючої системи полігону дирекції залізничних перевезень, який реалізує автоматизовану технологію управління місцевою роботою на основі інтегрування СППР до автоматизованих робочих місць оперативних працівників (АРМ ДНЦС, АРМ ДНЦ).

**Практичне значення отриманих результатів.** Розроблена багатоетапна модель управління місцевою роботою на полігоні дирекції залізничних перевезень дозволяє сформувавши оптимальний план роботи на змінно-добовий період в автоматизованому режимі, який надає можливість при забезпеченні вимог клієнтів отримати мінімальні експлуатаційні витрати за рахунок раціонального використання рухомого складу (вагонів та локомотивів). Запропонована автоматизована технологія місцевої роботи дозволяє оптимізувати робочий парк вагонів за рахунок наближення реальної потреби у вагонах до заявки клієнтів та зменшити непродуктивні пробіги локомотивів за рахунок їх раціональної підв'язки до поїздів відповідних категорій. Комплекс розроблених моделей рекомендовано інтегрувати до автоматизованих робочих місць оперативного персоналу рівня ДН, які відповідають за управління місцевою роботою.

Розроблений комплекс моделей рекомендовано для використання на всіх залізницях України.

Основні результати і розроблені наукові підходи щодо формування автоматизованої технології управління місцевою роботою на полігонах дирекції залізничних перевезень використані та впроваджені на Південній залізниці, а також у навчальний процес Української державної академії залізничного транспорту (УкрДАЗТ), при вивченні дисципліни "Вантажні перевезення" та при проведенні навчально-дослідницьких робіт студентів і магістрів. Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами та патентом України.

**Особистий внесок здобувача.** У наукових працях, опублікованих зі співавторами, особистий внесок полягає в: [1] – проведено аналіз варіантів освоєння місцевого вагонопотоку в період збільшення обсягів навантаження; [4] – наведено техніко-економічне обґрунтування регульовальних заходів для оперативного управління місцевою роботою при сезонному збільшенні обсягів перевезень вантажів; [5] - запропоновано враховувати фактор пріоритету навантаження при розподілі порожнього рухомого складу; [6] - досліджено можливість застосування календарного планування при організації місцевої роботи для збільшення частки маршрутизації та скорочення нерівномірності навантаження протягом звітного періоду; [7] – розроблено додатковий пристрій

моделювання на автоматизованому робочому місці поїзного диспетчера; [10] – досліджено ефективність від збільшення здвоєних операцій; [11] досліджено ефективність функціонування центрів управління місцевою роботою (ЦУМР) на російських залізницях. В працях [1,4,5,6,7,10,11] наведені результати досліджень, що проведені в Українській державній академії залізничного транспорту.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертації доповідались, обговорювались та схвалені на науково-технічних конференціях:

- 73-й міжнародній науково-технічній конференції кафедр Української державної академії залізничного транспорту та фахівців залізничного транспорту і підприємств, Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2011 р.;

- 4-й міжнародній науково-практичній конференції “Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України”, УкрДАЗТ, 2008 р. (смт Коктебель);

- 22-й міжнародній науково-практичній конференції “Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины”, УкрДАЗТ, 2009 р. (м. Алушта).

Повністю результати дисертаційної роботи заслухані та схвалені на розширеному засіданні кафедри “Управління вантажною і комерційною роботою” Української державної академії залізничного транспорту та на науковому семінарі кафедри “Морські перевезення” Одеського національного морського університету.

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 6 статей у фахових виданнях, що затверджені МОНмолодьспорту України (у тому числі 2 – без співавторів), 1 пат. на кор. модель, 2 праці апробаційного характеру та 2 додаткові праці.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи складає 176 сторінок, з яких обсяг основного тексту 124 сторінки, роботу ілюстровано 16 рисунками, наведено 3 таблиці. Список використаних джерел складає 125 найменувань та 7 додатків.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми для залізниць в умовах сезонної нерівномірності вантажних перевезень. Сформульовано мету та завдання дослідження, відображені зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, наукова новизна та практична цінність дисертаційної роботи, подано її загальну характеристику.

**У першому розділі** зроблено аналіз вітчизняного та закордонного досвіду удосконалення технології місцевої роботи та впливу на її організацію сезонної нерівномірності навантаження.

Удосконаленню технології організації місцевої роботи та дослідженню нерівномірності вантажних перевезень приділена значна увага у працях Акулінічева В.М., Альошинського Є.С., Бутько Т.В., Грунтова П.С., Данька М.І., Дьоміна Ю.В., Жуковицького І.В., Котенка А.М., Кочнева Ф.П., Ломотька Д.В., Лаврухіна О.В., Мироненка В.К., Негрея В.Я., Нагорного Є.В.,

Образцова В.М., Полякова А.О., Правдіна М.В., Романова А.П.,  
Самсонкіна В.М., Скалозуба В.В., Смехова А.А., Сотнікова І.Б.,  
Угрюмова А.К., Яновського П.О. та інших вчених.

На основі аналізу попередніх досліджень, присвячених розробці наукових підходів до удосконалення технології місцевої роботи дільниць, виявлено, що не в повній мірі враховуються особливості сезонної нерівномірності перевезень. Аналіз нерівномірності проведено відносно обсягів навантаження, адже нерівномірність відправлення вантажів породжує нерівномірність виробництва та нерівномірність підходу порожніх вагонів під навантаження, яка залежить від характеру вивільнення вагонів у місцях вивантаження, що у свою чергу перебуває під впливом нерівномірності відправлення вантажів. Тим самим виникає коло, в якому один раз виникає, а потім циркулює нерівномірність.

Аналіз статистичних даних вказує на певні відхилення планових потреб у вагонах від реальних. Це викликано тим, що вантажовласники не в змозі чітко планувати обсяги навантаження вагонів в умовах сезонного коливання обсягів навантаження. Це призводить до збільшення простою завантажених вагонів в очікуванні забирання та на станціях переробки. На сьогодні організація місцевої роботи провадиться диспетчером відповідно до ситуації, що є на дільниці, не враховуючи техніко-економічні показники ефективності щодо призначення вивізного поїзда, диспетчерського локомотива, збірного поїзда і ін., що є суттєвим недоліком в оперативному управлінні місцевою роботою. Отже, виникає необхідність створення системи, яка визначатиме оптимальні регульовальні заходи стосовно курсування збірних поїздів та внесення оперативних змін щодо призначення вивізних або диспетчерських локомотивів в умовах сезонного коливання вантажопотоків.

Таким чином, набуває актуальності вирішення задачі удосконалення технології формування місцевого вагонопотоку на дільниці в умовах сезонної нерівномірності за рахунок прогнозування обсягів навантаження та оперативного регулювання місцевої роботи з використанням інформаційно-керуючих систем.

**В другому розділі**, виходячи з поставлених завдань, розроблено математичну модель прогнозування обсягів навантаження в умовах сезонного коливання вантажопотоків з використанням нейро-нечіткого моделювання.

Задача полягає у тому, щоб спрогнозувати кількість вагонів, які клієнт у змозі завантажити протягом наступної доби. Такий вид прогнозу доцільно віднести до короткострокового. Складність цієї задачі полягає у тому, що якість прогнозу має бути вкрай високою. Інформація, що має інтерес у рамках цієї задачі, – це історичні дані про навантаження, вивантаження і замовлену кількість вагонів.

Аналіз даних про добову кількість навантажених і вивантажених вагонів показав, що поточне значення кількості навантажених або вивантажених вагонів найбільше залежить від двох попередніх значень ряду, тобто від обсягів навантаження або вивантаження у дві попередні доби. Наприклад, якщо у дві попередні доби кількість навантажених вагонів була значно нижчою за середнє значення, тоді у наступну добу вона буде значно вище лінії тренду. І, навпаки,

якщо у дві попередні доби ця кількість була вище середнього значення, тоді у наступну добу вона, як правило, буде значно нижче лінії тренду. Якщо у поточну добу кількість навантажених вагонів прийняла значення значно нижче лінії тренду, а у попередню добу була значно вищою середнього значення, то у наступну добу найбільш імовірно, що вона прийме значення близьке до середнього.

Виходячи з цього вирішено побудувати прогнозну модель планування кількості вагонів для подачі на під'їзні колії у вигляді системи на базі нечітких правил, тобто системи нечіткого виводу FIS (Fuzzy Inference System).

Враховуючи, що полігон дирекції залізничних перевезень складається зі значної кількості лінійних підприємств (станцій), для окремих станцій вхідні параметри моделі пропонується подати у вигляді двох нечітких змінних, кожна з яких показує кількість вагонів і розбита щонайменше на три терми: “мала”, “середня” і “велика”.

Як модель нечіткого логічного виводу запропоновано використати адаптивну модель нечіткого виводу з налаштуванням за допомогою нейронної мережі типу ANFIS (рис. 1), яка базується на моделі нечіткого виводу типу Sugeno та використовує “навчання з учителем”, у ролі вчителя виступають історичні дані, які використовуються як зразки вхідних і вихідних даних системи.

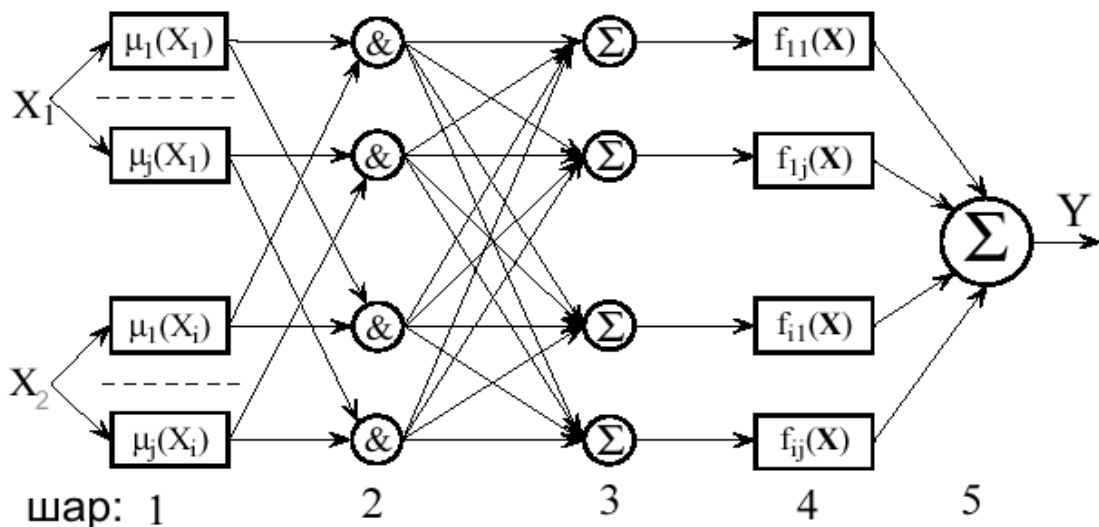


Рис. 1. Архітектура побудованої моделі на базі нейро-нечіткої ANFIS-системи:  $X_1, X_2$  – дані про навантаження вагонів за 2 дні, що є попередніми до дня, на який здійснюється прогноз;  $Y$  – результат прогнозу

Архітектура створеної моделі (рис. 1) складається із 5 шарів нейронів: перший шар містить нейрони, які представляють функції приналежності вхідних нечітких змінних і виконують операцію фазифікації (приведення до нечіткості) вхідних даних; другий шар містить нейрони, які зберігають правильні значення для правил, з яких складається база знань, що була створена в результаті навчання моделі, ці нейрони можуть містити будь-які варіанти реалізації операції t-норми, яка є нечітким аналогом логічної операції “AND”; нейрони третього шару містять результати обчислень правил з урахуванням ваги кожного правила; нейрони четвертого шару містять кінцеві результати



обчислень правил, які згруповані у класи (нечіткі класи); п'ятий шар містить лише один нейрон, який обчислює кінцевий вихід моделі, виконуючи операцію дефазифікації (приведення до чіткості) шляхом визначення центрів нечітких класів.

Під адаптивним налаштуванням моделі на основі ANFIS-системи мається на увазі те, що модель, маючи нейромережну архітектуру створює нечіткі правила із історичних даних в автоматичному режимі, без участі людини-експерта. Це призводить до зміни параметрів і виду функцій приналежності вхідних змінних (рис. 2).

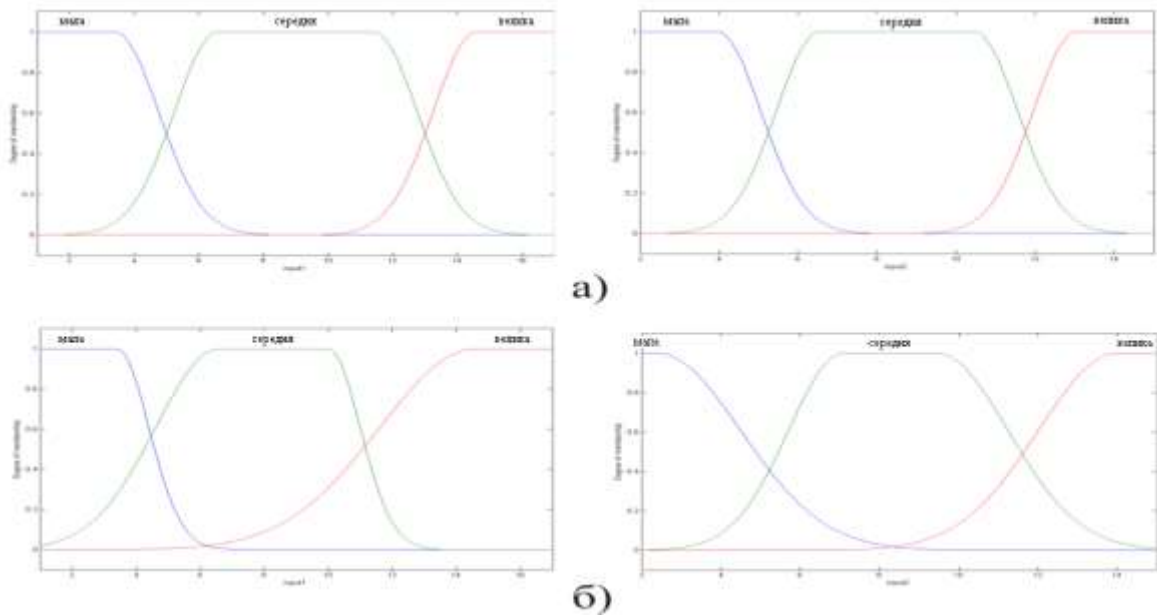


Рис. 2. Функції приналежності вхідних змінних до навчання (а) і після навчання (б)

Для підвищення точності моделі створено модуль корегування на основі використання архітектури ANFIS, який корегує прогнозне значення, враховуючи дані про пору року, день тижня і замовлену підприємством кількість вагонів. Ці параметри також представлено нечіткими змінними.

Нечітка змінна, яка відповідає за річну сезонність, буде зіставляти дату, на яку здійснюється прогноз, ступінь приналежності до сезонів, що визначаються за порами року.

Як функції приналежності обрано функції Гауса, які забезпечують плавний перехід між термами змінної. Змінна буде визначена на інтервалі [1,366], що являє собою порядкові номери днів у році.

Але проблема полягає у тому, що, наприклад, така пора року, як зима представлена і на початку і наприкінці цього діапазону, і тому неможливо використати стандартну функцію приналежності Гауса. Для вирішення цієї проблеми створено нову функцію приналежності на основі функції Гауса. Вона виглядає так:

$$f(x, \sigma, c) = \left| e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}} - e^{-\frac{(x-(c+366\text{Sgn}(183-c)))^2}{2\sigma^2}} \right|, \quad (1)$$

де  $x$  – змінна величина;  $\sigma, c$  – параметри кривої Гауса.

Таким чином, функції приналежності, що відповідають термам нечіткої змінної “сезон” будуть мати такий вигляд (рис. 3):

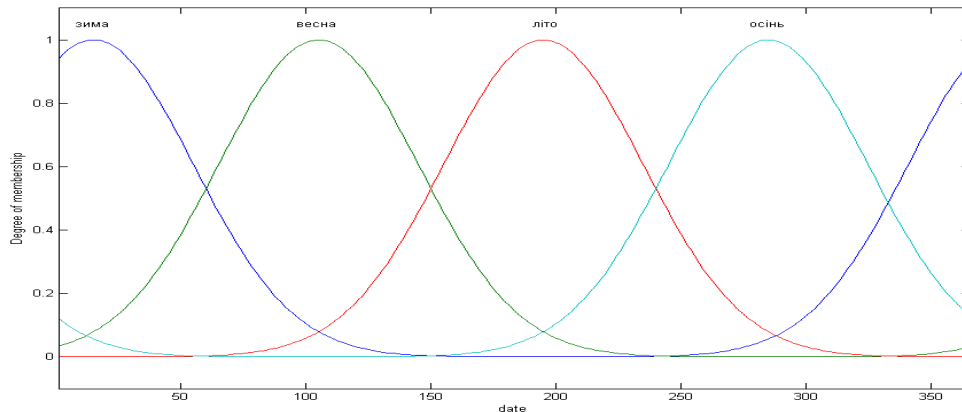


Рис. 3 Множина термів нечіткої змінної “сезон” запропонованої моделі

Для подання змінних, які містять інформацію про кількість вагонів (замовлення, попередній прогноз), використано функції приналежності трикутного типу. Для подання змінної, яка уведена в модель для урахування коливань обсягів навантаження протягом тижня, використано функції приналежності трапецеїдального типу

В результаті побудови моделі точного прогнозування і її навчання на фактичних даних часових рядів була створена база знань, яка являє собою систему правил. Ця система правил інтерпретована у графічному вигляді за допомогою поверхонь відгуку. Поверхні відгуку відображають залежність виходу моделі від двох будь-яких входів моделі, тобто ці поверхні відображають те, які значення приймала б вихідна змінна моделі, за умови, що модель мала б тільки дві обрані входні змінні.

Таким чином, сформовано універсальну гібридну модель для прогнозування обсягів навантаження для таких підсистем, як полігон дирекції залізничних перевезень (її структуру наведено на рис. 4).

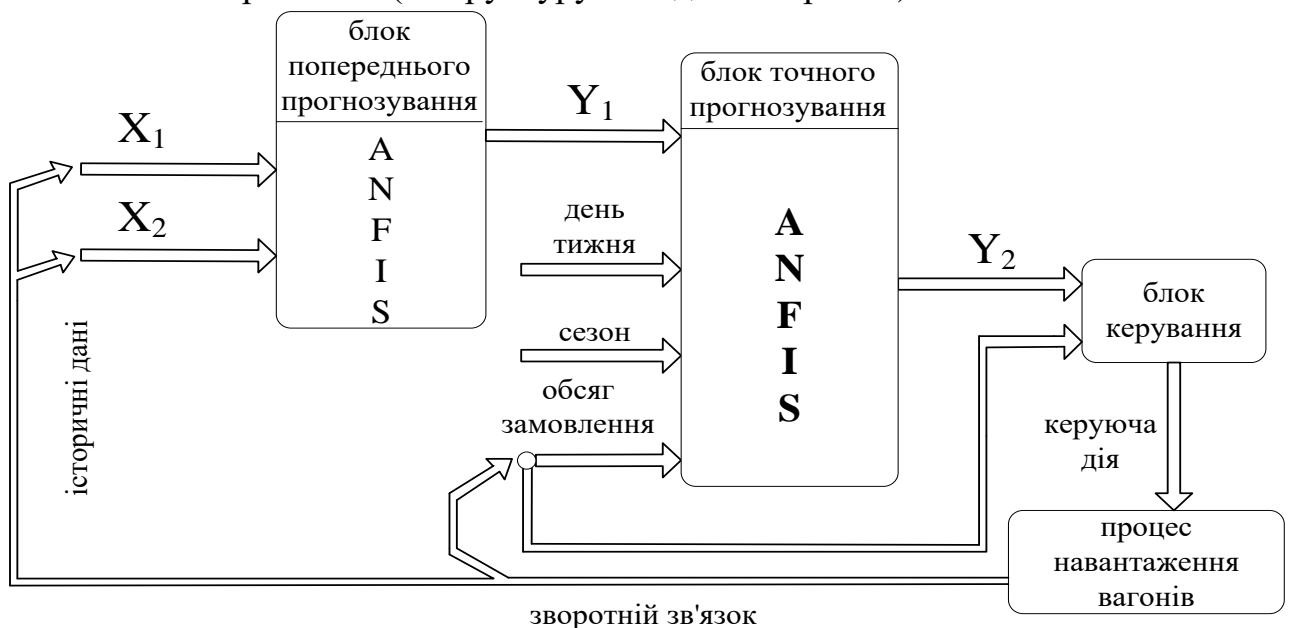


Рис. 4. Структура універсальної гібридної прогнозуючої моделі зі зворотніми зв'язками

На вхід блоку попереднього прогнозу подаються елементи часового ряду  $X_1$  та  $X_2$ , які представляють дані про навантаження вагонів за 2 дня, що є попередніми до дня, на який здійснюється прогноз, у блоці попереднього прогнозу здійснюється прогноз, який враховує поточні коливання, пов'язані з неритмічністю роботи підприємств, і результат якого  $Y_1$  подається на блок точного прогнозування, який виконує прогноз, враховуючи результат попереднього прогнозу, коливання протягом тижня, що пов'язані з неритмічністю роботи транспортних цехів підприємств або з іншими факторами, що пов'язані зі специфікою функціонування підприємства, сезонні коливання і обсяг замовлення, що було зроблено підприємством. На основі прогнозного значення  $Y_2$  і обсягу замовлення блок керування генерує керуючі дії (виділення порожніх вагонів під навантаження). Дані про навантаження вагонів, що відбулося, і скореговане замовлення підприємства на наступну добу знову подаються на вхід моделі і являють собою зворотній зв'язок моделі.

Відповідно до запропонованої прогнозної моделі проведено прогнозування добового обсягу навантаження вагонів по станціям дільниці Полтава Південна – Кременчук Полтавської дирекції залізничних перевезень Південної залізниці. На рис. 5 наведено фактичні і прогнозні дані добової кількості навантажених вагонів по станції Новосанжари, яка знаходиться на дільниці Полтава Південна – Кременчук.

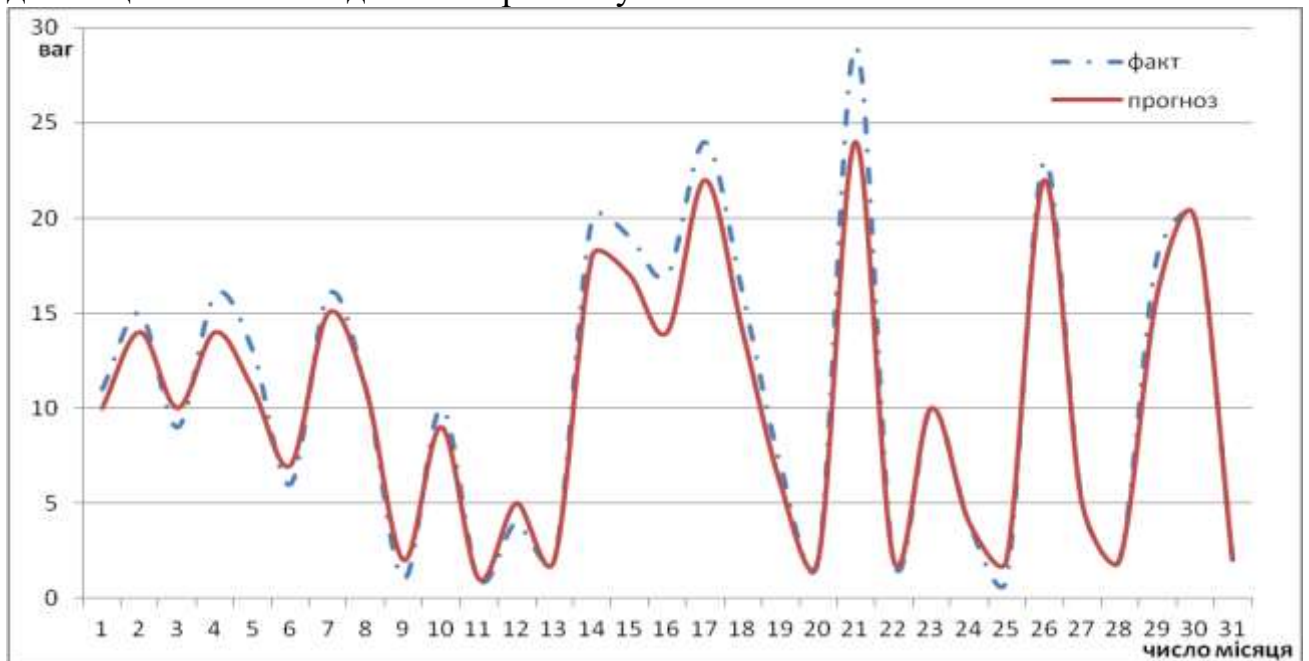


Рис. 5. Фактичні і прогнозні дані добової кількості навантажених вагонів по станції Новосанжари Полтавської дирекції залізничних перевезень

Для оцінки точності прогнозу і якості прогнозних моделей використано показники, які обчислюють на основі фактичних і прогнозних даних: середня абсолютна відсоткова похибка (Mean Absolute Percentage Error, MAPE), середня відсоткова похибка (Mean Percentage Error, MPE), середня похибка (Mean Error, ME), середня абсолютна похибка (Mean Absolute Error, MAE). Один із показників, який претендує на більш коректну оцінку якості прогнозу, називається “середня абсолютна приведена похибка” (Mean Absolute Scaled Error, MASE). Він обчислюється за формулою

$$\text{MASE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{\frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^n |A_i - A_{i-1}|} \right|. \quad (2)$$

Чисельник містить похибку прогнозу на поточному кроці прогнозування, а знаменник містить середню похибку “наївного” прогнозу, при якому прогнозне значення дорівнює фактичному значенню ряду на попередньому кроці. Доведено, що цей показник вільний від недоліків, які мають інші показники.

Значення показників середньої похибки і середньої абсолютної похибки прогнозів не перевищує рівня в 1 вагон. Такий рівень значень середньої похибки цілком відповідає технологічним задачам, для вирішення яких було запропоновано дані прогнозні моделі. Отже, цей показник свідчить про адекватність запропонованих прогнозних моделей реальному технологічному процесу навантаження вагонів на під’їзних коліях підприємств-клієнтів Укрзалізниці. Такі висновки підтверджуються і значеннями альтернативного показника MASE, який майже в усіх прогнозах не перевищує або дуже близький до значення 0,1, що дозволяє віднести запропоновані прогнозні моделі до класу високоточних.

В **третьому розділі** дисертаційної роботи для формалізації технології організації місцевої роботи сформовано модель управління підсистемою, яка відповідає за даний технологічний процес.

Як підсистема в даному випадку розуміється сукупність станцій, дільниць у структурі дирекції залізничних перевезень, які беруть участь у виконанні місцевої роботи (ПД).

Для вирішення наукового завдання щодо знаходження оптимального плану виконання місцевої роботи на полігоні дирекції залізничних перевезень проведено формалізацію управління цим процесом. Під якістю управління розуміється вартісна оцінка наслідків рішень, що приймає старший поїзний диспетчер ДНЦС. Сутність управління полягає у визначенні за період змінно-добового планування часу подавання оптимальної кількості локомотивів під різні технологічні операції (формування збірної або вивізної поїзда, призначення диспетчерського локомотива, наказ на формування ступінчатого маршруту) до різних лінійних об’єктів (залізничних станцій).

У цьому випадку вартісною оцінкою якості управління ДНЦС, яка має синергетичну природу, пропонується інтегральний критерій якості управління ПД, який у загальному випадку має такий вигляд:

$$I = \int_{t_0}^{t_1} F(\bar{Q}(t), \bar{U}(t)) dt \Rightarrow \min, \quad (3)$$

де  $F$  – функціонал системи;  $\bar{Q}(t)$  – вектор стану системи ПД, що характеризується незмінними параметрами підсистеми, зокрема – кількістю і типом станцій та топологією ПД, а також кількістю одиниць відповідного рухомого складу;  $\bar{U}(t)$  – вектор управління системою, що характеризується

змінними параметрами підсистеми, зокрема – експлуатаційні витрати, які враховують простій вагонів та локомотивів на станціях ПД в очікуванні вивезення;  $t_0, t_1$  – відповідно початковий та кінцевий моменти часу періоду управління ДНЦС (як правило, це – змінно-добовий період).

$$Q(t) = (R_i, L_{ij}, N_{iBH}(t), N_{iBB}(t), N_{iB3}(t), N_{iLM}(t), N_{iLL}(t)), \quad (4)$$

де  $R_i$  – станції, що входять до ПД, на яких виконується місцева робота,  $i = \overline{1, m}$  ( $m$  – кількість станцій на ПД);  $L_{ij}$  – множина перегонів, що з'єднують станції полігону ПД;  $N_{iBH}(t)$  – прогнознi значення кількості навантажених вагонів, що перебувають на станції в очікуванні локомотива в момент часу  $t$ ;  $N_{iBB}(t)$  – прогнознi значення кількості вивантажених вагонів, що перебувають на станції в очікуванні локомотива в момент часу  $t$ ;  $N_{iB3}(t)$  – прогнознi значення кількості порожніх вантажних вагонів, що вказані в замовленні станції на добу в момент часу  $t$ ;  $N_{iLM}(t)$  – кількість маневрових локомотивів, що перебувають на певних станціях ПД, які призначені для вивезення місцевих вагонів у момент часу  $t$ ;  $N_{iLL}(t)$  – кількість поїзних локомотивів, що перебувають на певних станціях ПД, які призначені для вивезення місцевих вагонів (як правило, для ступеневих маршрутів) момент часу  $t$ .

Після отримання прогнозних значень вагонів, готових до вивезення зі станції, та часу, який визначає маневровий диспетчер на основі технологічних нормативів на виконання вантажних операцій, необхідно визначити оптимальний варіант управління ПД для забезпечення виконання плану місцевої роботи.

Оскільки у виразі (4) перші два параметри мають постійний характер, доцільно подати вектор  $Q(t)$  у вигляді

$$Q(t) = (P, Z(t)), \quad (5)$$

де  $P$  – вектор незмінних параметрів ПД;  $Z(t)$  – вектор керованих параметрів ПД.

$$P = (R_i, L_{ij}), \quad (6)$$

$$Z(t) = (N_{iBH}(t), N_{iBB}(t), N_{iB3}(t), N_{iLM}(t), N_{iLL}(t)). \quad (7)$$

Враховуючи, що результатом управління є множина часів простою рухомого складу (вагонів та локомотивів), яким доцільно надати вартісну оцінку, подамо вектор управління  $U(t)$  з такими компонентами:

$$U(t) = (c_e \cdot t_i^{N_{BH}}, c_e \cdot t_i^{N_{BB}}, c_e \cdot t_i^{N_{B3}}, c_{ml} \cdot t_i^{N_{LM}}, c_{nl} \cdot t_i^{N_{LL}}), \quad (8)$$

де  $c_g$  – вартість години простою вагона, грн;  $c_{мл}$  – вартість години простою маневрового локомотива, грн;  $c_{nl}$  – вартість години простою поїзного локомотива, грн;  $t_i^{N_{BH}}$  – час простою навантажених вагонів в очікуванні локомотива по кожній станції ПД, год.;  $t_i^{N_{BB}}$  – час простою порожніх вагонів в очікуванні локомотива по кожній станції ПД, год.;  $t_i^{N_{пз}}$  – час простою вантажу, що перебуває на станції в очікуванні подавання вагонів, який співвіднесено з кількістю необхідних вагонів (рахується з початку планової доби по кожній заявці), год.;  $t_i^{N_{лмп}}$  – простій маневрових локомотивів по кожній окремій станції в очікуванні вагонів, год.;  $t_i^{N_{лпп}}$  – простій поїзних локомотивів по кожній окремій станції в очікуванні вагонів, год.

Враховуючи вартісну природу інтегрального показника якості управління, доцільно у вигляді функціонала прийняти скалярний добуток векторів  $Z(t)$  та  $U(t)$  на заданій топології ПД (вектор  $P = (R_i, L_{ij})$ ).

Таким чином, в остаточному вигляді модель визначення оптимального варіанта управління місцевою роботою ПД в оперативному режимі (метою якої є надання економічно-обґрунтованого рішення старшому поїзному диспетчеру з призначення певної категорії поїзду), може бути зображеною в такому вигляді

$$I = \int_{t_0}^{t_1} \sum_{i=1}^m (Z(t), U(t)) dt \Rightarrow \min, \text{ на } P = (R_i, L_{ij}), \quad (9)$$

при обмеженнях

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{BH}^{np} = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l \left[ \frac{\int_0^{\infty} f_{ik}(q) \cdot q dt}{q_{cmk}} \right] \\ N_{BB}^{np} = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l \left[ \frac{\int_0^{\infty} g_{ik}(q) \cdot q dt}{q_{cmk}} \right], \\ N_{B3}^{np} = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l \left[ \frac{\int_0^{\infty} h_{ik}(q) \cdot q dt}{q_{cmk}} \right] \end{array} \right. \quad (10)$$

де  $k \in [1; l_i]$  – номер (кодове найменування) під'їзної колії станції  $i$ ;  $l$  – множина контрагентів у районі тяжіння під'їзної колії;  $q$  – загальна маса вантажу, що навантажено на станції  $i$ ;  $f_{ik}(q)$  – щільність функції розподілу загальної маси вантажу, що навантажено на станції  $i$  з під'їзної колії  $k$ , що на основі спостережень підпорядковано нормальному закону розподілу;  $q_{cmk}$  – середнє статичне навантаження вагона для  $k$ -ї під'їзної колії;  $]$  [ – знак цілої частини;  $g_{ik}(q)$  – щільність функції розподілу загальної маси вантажу, що вивантажено на станції  $i$  на під'їзній колії  $k$ , що на основі спостережень, як і у

попередньому випадку, підпорядковано нормальному закону розподілу;  $h_{ik}(q)$  – щільність функції розподілу загальної маси вантажу, що передбачено замовленням для станції  $i$  на конкретній під'їзній колії  $k$ , що на основі спостережень, як і у попередніх випадках, підпорядковано нормальному закону розподілу.

Перше обмеження відповідає за виконання прогнозного плану навантаження, друге – за виконання прогнозного плану вивантаження і третє – за виконання прогнозного плану замовлень.

З метою реалізації управлінських функцій вектора  $U(t)$  сформовано процедуру оперативного формування плану роботи поїзного локомотива щодо вивезення вантажних вагонів зі станцій дільниці. Дана процедура ґрунтується на визначенні раціональної послідовності об'їзду локомотивом лінійних об'єктів. Основою визначення даної послідовності служить характеристика стану системи  $Z(t)$ , яка реалізована у вигляді бальної системи. Така система оцінює не тільки вагоно-години простою, але й витрати, пов'язані з простоем швидкопсувних вантажів та простоем вагонів зі спливаючим терміном доставки.

Оскільки задача визначення балів для кожної станції є багатофакторною та у певному сенсі має характер невизначеності, то її вирішено на основі нечіткої логіки, шляхом побудови відповідних функцій приналежності. Відповідно до цього сформовано функції приналежності з параметрами, які у повній мірі описують лінгвістичні змінні: «кількість вагонів», «кількість швидкопсувних вантажів», «вичерпаний термін доставки». На рис. 6, на прикладі лінгвістичної змінної «кількість вагонів», наведено графічну інтерпретацію визначених функцій приналежності та їх параметри. Крайні значення по осі абсцис відповідає значенню максимальної кількості вагонів у составі поїзда на дільниці (з урахуванням порожніх вагонів).

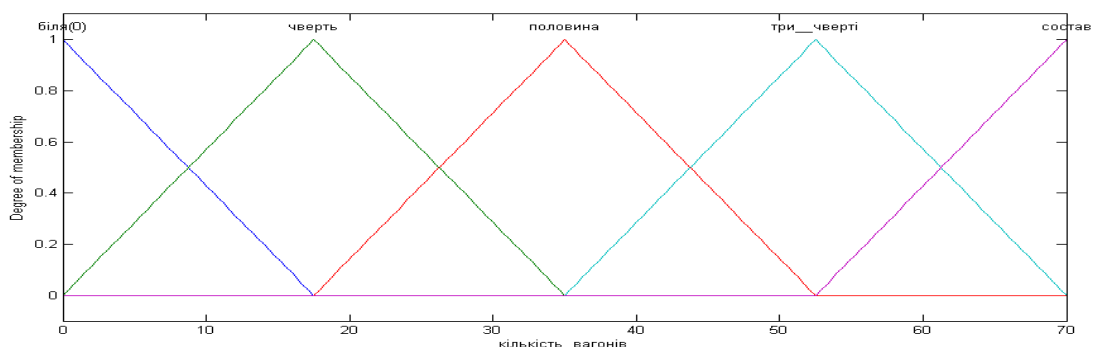


Рис. 6. Графічна інтерпретація побудови входних функцій приналежності лінгвістичної змінної «кількість вагонів»

Згідно з поставленою задачею отримання бальної оцінки вагонопотоку на станції для визначення черговості їх обслуговування функції лінгвістичних змінних «кількість швидкопсувних вантажів» та «вичерпаний термін доставки» мають аналогічні параметри та графічну інтерпретацію. На рис. 6 відтворено вихідні функції приналежності, які надають можливість визначити нечітке значення балів щодо визначення пріоритету обслуговування станцій дільниці локомотивами. Крайні значення по осі абсцис відповідає значенню максимальної кількості балів із розрахунку надання максимального значення балів для вагонів, які будуть включено до поїзда кожної категорії.



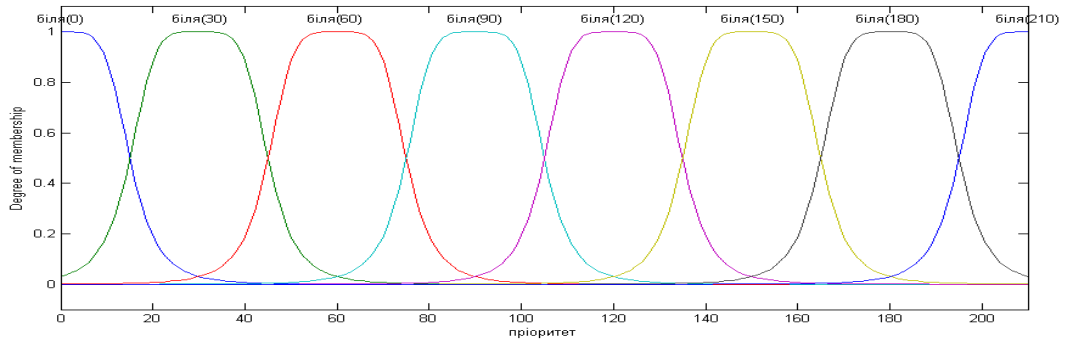


Рис. 7. Графічна інтерпретація побудови вихідних функцій приналежності лінгвістичної змінної «пріоритет»

Отже, для оцінки ефективності управлінських рішень запропоновано підхід, який базується на визначенні реальних вагоно-годин простою на станціях з урахуванням пріоритетності обслуговування поїздів різних категорій.

З метою обґрунтування вибору оптимального варіанта вивезення вантажних вагонів зі станцій дільниці на основі використання сформованої моделі, розроблено процедуру техніко-економічного обґрунтування доцільності призначення поїздів, а саме: вивізного, збірного, диспетчерського локомотива, ступінчатого маршруту.

Відповідно до розробленої моделі управління місцевою роботою на диспетчерській дільниці та методики техніко-економічної оцінки доцільності призначення певних категорій поїздів виконано моделювання на досліджуваному полігоні. Таким полігоном стала Полтавська дирекція залізничних перевезень Південної залізниці (рис. 8).

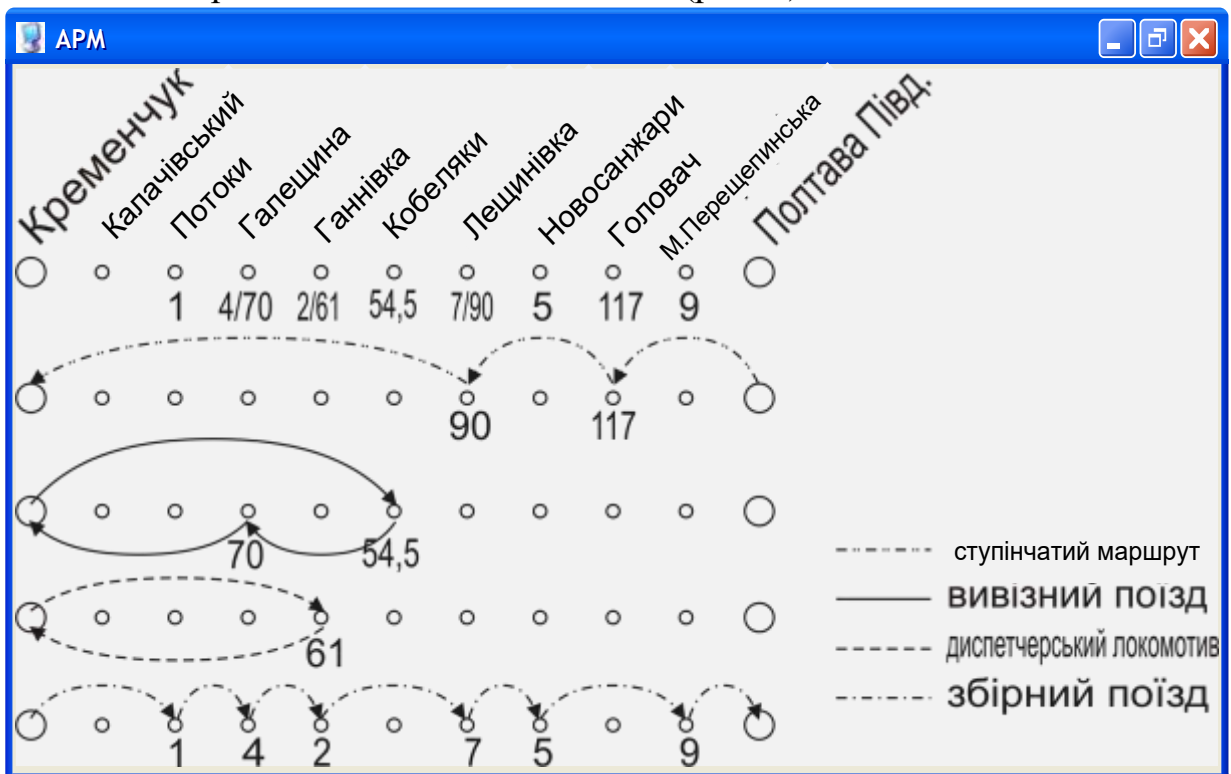


Рис. 8. Результати моделювання управління місцевою роботою на дільниці Кременчук Полтава-Південна



Таким чином, було визначено раціональну послідовність обслуговування станцій дільниці поїздами місцевої роботи. Всі рішення підтверджуються автоматизованим техніко-економічним розрахунком.

Сформований комплекс математичних моделей, що адекватно відбиває технологію місцевої роботи полігону дирекції залізничних перевезень, є основою СППР на АРМ оперативних працівників.

**У четвертому розділі** запропоновано пропозиції щодо формування системи підтримки прийняття рішень оперативних працівників при виконанні місцевої роботи на залізничних полігонах.

Всі програми, які входять у СППР, виконані з використанням методу структурованого програмування у вигляді окремих, призначених для вирішення конкретної задачі, функціонально орієнтованих модулів. Об'єднання програмних компонент виконується шляхом спеціальної конфігураційної програми, яка забезпечує побудову та функціонування СППР відповідно до розробленої в роботі архітектури.

Встановлення розробленої автоматизованої СППР передбачається на автоматизованому робочому місці старшого поїзного диспетчера. Для більш ефективної роботи доцільно передбачити безпосереднє дублювання вхідної інформації з АРМ старшого поїзного диспетчера до АРМ поїзного диспетчера.

Розрахунок економічної ефективності впровадження системи управління місцевою роботою дільниці шляхом інтегрування СППР до локальної інформаційно-керуючої системи на АРМ ДНЦ, АРМ ДНЦС дозволить отримати в умовах Південної залізниці економію витрат у розмірі 1673891,3 грн на рік.

## **ВИСНОВКИ**

1. На основі аналізу вітчизняних та закордонних методів організації місцевої роботи зроблено висновок, що в сучасних умовах вони фактично не в повній мірі враховують особливості нерівномірності сезонних перевезень. На сьогодні розгляд проблем нерівномірності і організації місцевої роботи ведеться розрізнено і без урахування важливості впливу кожної складової на загальний результат, що призводить до відхилення планових потреб у вагонах від реально необхідних.

2. Порівняльний аналіз планів навантаження з реальними показниками вказує на відхилення планових потреб у вагонах від реальних, це викликано тим, що вантажовласники не в змозі чітко планувати обсяги навантаження вагонів в умовах сезонного коливання обсягів навантаження. Це призводить до збільшення простою завантажених вагонів в очікуванні забирання та на станціях переробки.

3. На сьогодні існуючі методи прогнозування не можуть у достатній мірі враховувати нечіткість вхідної інформації та забезпечувати на необхідному рівні надійність та достовірність прогнозування обсягів місцевої роботи, які адекватно відбивають особливості змінно-добового планування щодо забезпечення клієнтів вантажними вагонами.

4. Для прогнозування реальних обсягів навантаження у вагонах на полігонах дирекції залізничних перевезень сформовано двохетапну гібридну

модель, яка містить блок попереднього прогнозу на основі історичного динамічного ряду та блок остаточного прогнозування. Ці блоки пов'язані між собою зворотнім зв'язком-регулятором, що являє собою реальні обсяги навантажень у вагонах. Перевагою сформованої двохетапної моделі є можливість врахування процесу виконання місцевої роботи в умовах як сезонних коливань, так і коливань за днями тижня, що забезпечує середню похибку прогнозу у межах до одного вагона. Слід зазначити, що прогнозування обсягів навантаження у вагонах базується на основі нейро-нечітких гібридних систем. В першому попередньому блоці прогнозування вхідними даними є елементи історичного ряду обсягів навантаження за попередню добу та за дві доби до дати, на яку здійснюється прогноз. У другому блоці остаточного прогнозування вхідними даними є значення попереднього прогнозу з першого блоку, день тижня, сезон та обсяг замовлення клієнта у вагонах.

5. Для формалізації технології управління місцевою роботою на полігонах дирекції залізничних перевезень розроблено оптимізаційну модель, яка враховує особливості планування місцевої роботи та забезпечує мінімізацію непродуктивних простоїв та пробігів (вагонів, локомотивів). Цільову функцію моделі представлено у вигляді інтегрального критерію якості управління за період змінно-добового планування, при цьому підінтегральною функцією є функціонал від векторів стану системи, що характеризується топологією полігону дирекції залізничних перевезень та прогнозом кількістю реально потрібних вагонів під навантаження-розвантаження, та вектора управління, який характеризується планом роботи локомотивів. Як систему обмежень прийнято виконання планових показників навантаження-вивантаження та плану замовлень клієнтів.

6. З метою реалізації управління місцевою роботою сформовано процедуру оперативного формування плану роботи поїзних локомотивів при вивезенні вантажних вагонів зі станції полігону дирекції залізничних перевезень, яка ґрунтується на визначенні раціональної послідовності об'їзду локомотивами лінійних об'єктів шляхом надання їм бальної оцінки, яка включає такі показники: кількість вагонів, кількість вагонів зі швидкопсувним вантажем, кількість вагонів зі спливаючим терміном доставки. Ця процедура формалізована на основі нечіткої моделі визначення бальності груп вагонів на вантажних станціях.

7. Виконано моделювання управління місцевою роботою полігону Полтавської дирекції залізничних перевезень Південної залізниці, в результаті якого встановлено категорію поїздів та раціональну послідовність вивезення місцевого вагонопотоку зі станцій, яка забезпечує мінімальні експлуатаційні витрати, що припадають на нераціональні перепробіги локомотивів.

8. Удосконалено комплекс функціональних задач локальної інформаційно-керуючої системи полігону дирекції залізничних перевезень, який реалізує автоматизовану технологію управління місцевою роботою на основі інтегрування системи підтримки прийняття рішень до автоматизованих робочих місць оперативних працівників (АРМ ДНЦС, АРМ ДНЦ).

9. Виконано розрахунок економічної ефективності впровадження системи управління місцевою роботою дільниці в масштабах полігону дирекції

залізничних перевезень шляхом інтегрування системи підтримки прийняття рішень до локальної інформаційно-керуючої системи на АРМ ДНЦ, АРМ ДНЦС дозволить отримати в умовах Південної залізниці економію витрат у розмірі 1673891,3 грн на рік.

### СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

Основні праці:

1. Костенніков, О.М. Вибір раціональної форми обслуговування проміжних станцій в період сезонних перевезень / О.М. Костенніков, В.М. Запара, А.О. Ковальов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2008. – №4/3 (34). – С. 58-60.

2. Костенніков, О.М. Дослідження технології організації місцевої роботи в період перевезень сезонних вантажів / О.М. Костенніков // Зб. наук. праць: Удосконалення управління експлуатаційною роботою. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 102. – С. 71-77.

3. Костенніков, О.М. Прогнозування обсягів навантаження в період масового перевезення сезонних вантажів з використанням нейро-нечіткої системи Nefproх / О.М. Костенніков // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. – Донецьк: ДІАТ, 2008. – №4. – С. 4-9.

4. Костенніков, О.М. Регулювальні заходи для оперативного управління місцевою роботою при збільшенні обсягів перевезень сезонних вантажів / О.М. Костенніков, В.М. Запара, Д.І. Мкртичьян, О.В. Ковальова // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 111. – С. 48-57.

5. Костенніков, О.М. Удосконалення технології регулювання рухомого складу для перевезення сезонних вантажів / О.М. Костенніков, В.М. Запара, Д.І. Мкртичьян, А.О. Ковальов, М.В. Кузьменко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 112. – С. 123-128.

6. Костенніков, О.М. Застосування календарного планування при організації місцевої роботи / О.М. Костенніков, Д.І. Мкртичьян, К.Ю. Барсков, О.А. Ломачук // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 118. – С. 246-253.

7. Пат. на кор. модель 62856 Україна, МПК В61L 27/00. Система для організації вагонопотоків з місць навантаження / Запара В.М., Ковальов А.О., Костенніков О.М.; заявник і патентовласник Запара В.М., Ковальов А.О., Костенніков О.М. - №U201109886; заявл. 09.08.2011; опубл. 12.09.2011, Бюл. №17.

Праці апробаційного характеру:

8. Костенніков, О.М. Підвищення якості переробки вантажів, які прямують в міжнародному сполученні: тези доповідей 4-ї міжнародної наук.-практ. конф. ["Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України"], (сmt Коктебель, 2-7 червня 2008 р.)/ М-во тр-ту та зв'язку, Укр. держ. акад. зал. тр-ту. – Х.: УкрДАЗТ, Вісник економіки транспорту і промисловості, 2008. – № 22. – С. 60.

9. Костенніков, О.М. Удосконалення технології управління та оперативного керування місцевою роботою в період зростання обсягів перевезень сезонних вантажів: мат. доп. 22-ї міжнародної наук.-практ. конф. ["Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные

системи для залізничного транспорту України"]], (м. Алушта, вересень 2009 р.)/ М-во тр-ту та зв'язку, Укр. держ. акад. зал. тр-ту. – Х.: УкрДАЗТ, Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, 2009. – № 4 (додаток) – С. 20.

Додаткові праці:

10. Костенніков, О.М. Збільшення кількості здвоєних операцій за рахунок раціонального розподілу порожніх вагонів / О.М. Костенніков, Д.І. Мкртичян, А.Л. Обухова, Т.В. Давидовська, Ю.В. Санченко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 120. – С. 11-14.

11. Костенніков, О.М. Визначення заходів для ефективного управління місцевою роботою / О.М. Костенніков, Д.І. Мкртичян, В.М. Запара, А.О. Ковальов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 124. – С. 48-51.

### АНОТАЦІЯ

Костенніков О.М. Удосконалення технології формування місцевого вагонопотоку на дільниці в умовах сезонного коливання обсягів навантаження. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. – Українська державна академія залізничного транспорту МОУ Молодзьпорту України, Харків, 2012 р.

Дисертація присвячена питанням удосконалення технології формування місцевого вагонопотоку в умовах сезонного коливання обсягів навантаження на основі технології оперативного формування плану роботи поїзних локомотивів при вивезенні вантажних вагонів зі станції полігону дирекції залізничних перевезень.

З цією метою в роботі розроблено систему підтримки прийняття рішень для оперативних працівників шляхом використання комплексу моделей, що дозволяють формалізувати технологію оперативного управління місцевою роботою на дільниці в умовах сезонних коливань обсягів навантаження. Розроблені такі моделі: двохетапна гібридна модель прогнозування реальних обсягів навантаження у вагонах на полігонах дирекції залізничних перевезень, що забезпечує середню похибку прогнозу у межах до одного вагона; оптимізаційна модель управління місцевою роботою на полігонах дирекцій залізничних перевезень, яка враховує особливості планування місцевої роботи та забезпечує мінімізацію непродуктивних простоїв та пробігів (вагонів, локомотивів). З метою реалізації управління місцевою роботою сформовано процедуру оперативного формування плану роботи поїзних локомотивів при вивезенні вантажних вагонів зі станції полігону дирекції залізничних перевезень, яка забезпечує мінімальні експлуатаційні витрати.

У дисертаційній роботі оцінено ефективність впровадження системи управління місцевою роботою дільниці в умовах Південної залізниці.

Ключові слова: нерівномірність перевезень, прогнозування вагонопотоків, управління місцевою роботою, нераціональні перепробіги локомотивів, система підтримки прийняття рішень.

## АННОТАЦИЯ

Костенников А.М. Совершенствование технологии формирования местного вагонопотока на участке в условиях сезонного колебания объемов погрузки. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 – транспортные системы. – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, МОИмолодьспорта Украины, Харьков, 2012.

Диссертация посвящена вопросам усовершенствования технологии формирования местного вагонопотока в условиях сезонного колебания объемов погрузки на основе технологии оперативного формирования плана работы поездных локомотивов при вывозе грузовых вагонов из станции полигона дирекции железнодорожных перевозок.

Для прогнозирования реальных объемов погрузки в вагонах на полигонах дирекции железнодорожных перевозок сформирована двухэтапная гибридная модель, которая содержит блок предыдущего прогноза на основе исторического динамического ряда и блок окончательного прогнозирования. Эти блоки связаны между собой обратной связью-регулятором, который являет собой реальные объемы погрузки в вагонах. Преимуществом сформированной двухэтапной модели является возможность учёта процесса выполнения местной работы в условиях как сезонных колебаний, так и колебаний по дням недели, что обеспечивает среднюю погрешность прогноза в пределах одного вагона. Прогнозирование объемов погрузки в вагонах базируется на использовании нейро-нечётких гибридных систем. В первом предыдущем блоке прогнозирования входными данными есть элементы исторического ряда объемов погрузки за предыдущие сутки и за двое суток до даты, на которую осуществляется прогноз. Во втором блоке окончательного прогнозирования входными данными являются значения предыдущего прогноза из первого блока, день недели, сезон и объем заказа клиента в вагонах.

Для формализации технологии управления местной работой на полигонах дирекций железнодорожных перевозок разработана оптимизационная модель, учитывающая особенности планирования местной работы и обеспечивающая минимизацию непродуктивных простоев и пробегов (вагонов, локомотивов). Целевая функция модели представлена в виде интегрального критерия качества управления за период сменно-суточного планирования, при этом подинтегральной функцией является функционал от векторов состояния системы, что характеризуется топологией полигона дирекции по железнодорожным перевозкам и прогнозным количеством реально необходимых вагонов под погрузку-выгрузку, и вектора управления, характеризующегося планом работы локомотивов. В качестве системы ограничений приняты выполнение плановых показателей погрузки-выгрузки и плана заказов клиентов.

С целью реализации управления местной работой сформирована процедура оперативного формирования плана работы поездных локомотивов при вывозе грузовых вагонов из станции полигона дирекции железнодорожных перевозок, которая основывается на определении рациональной

последовательности объезда локомотивами линейных объектов путем предоставления им бальной оценки, которая включает следующие показатели: количество вагонов, количество вагонов со скоропортящимся грузом, количество вагонов с заканчивающимся сроком доставки. Эта процедура формализована на основе нечеткой модели определения бальности групп вагонов на грузовых станциях.

Выполнено моделирование управления местной работой полигона Полтавской дирекции железнодорожных перевозок Южной железной дороги, в результате которого установлена категория поездов и рациональная последовательность вывоза местного вагонопотока из станций, которая обеспечивает минимальные эксплуатационные расходы, приходящиеся на нерациональные перепробеги локомотивов.

Оценено, что внедрение системы управления местной работой участка в масштабах полигона дирекции железнодорожных перевозок позволит получить в условиях Южной железной дороги экономию расходов в размере 1673891,3 грн в год.

Ключевые слова: неравномерность перевозок, прогнозирование вагонопотоков, управление местной работой, нерациональные перепробеги локомотивов, система поддержки принятия решений.

## THE SUMMARY

Kostennikov O.M. Improved technology of local rail traffic forming on a section under seasonal rail traffic capacity fluctuation. Manuscript.

Thesis for the Candidate of Technical Sciences Academic Degree (05.22.01 Speciality – Transport Systems. – Ukrainian State Academy of Railway Transport Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2012.

The thesis is devoted to improved technology of local rail traffic forming under seasonal fluctuation of rail traffic capacity based on the technology of efficient planning of locomotive work while taking freight cars off the station area of the rail transportation directorate.

The study aims at development of system to support decision-making for hands-on staff by applying a set of models which makes it possible to design technology of efficient management of local work on sections under seasonal fluctuation of rail traffic capacity. The following models have been developed: double-stage hybrid model for the rail capacity forecasting of cars on areas of the rail transportation directorate, which provides an average forecast range of up to one train; optimization management model for local work on areas of the rail transportation directorate, which takes into account peculiarities of local work planning and provides minimal wastes and empty runs of trains and locomotives. To implement local work management the procedure of efficient planning for locomotives while taking freight cars off the station of rail transportation directorate has been developed, which provides minimum maintenance costs.

The thesis gives estimation analysis of effective implementation of management system for local divisional work of the Southern Railway.

**Key words:** irregularity of transportation, rail traffic forecasting, local work management, inefficient locomotive runs, systems to support decision making.

КОСТЄННІКОВ ОЛЕКСІЙ МИХАЙЛОВИЧ

УДК 656.222.6:656.212

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ МІСЦЕВОГО  
ВАГОНОТОПОКУ НА ДІЛЬНИЦІ В УМОВАХ СЕЗОННОГО  
КОЛИВАННЯ ОБСЯГІВ НАВАНТАЖЕННЯ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

доц. Продащук С.М.

---

Підписано до друку «15» лютого 2012 р.  
Формат паперу 60x84 1/16 . Папір офсетний  
Умовн.-друк.арк. 0,9. Тираж 100. Замовлення №65

---

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного  
транспорту, 61050 , Харків - 50, пл. Фейєрбаха, 7  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.