



Українська державна академія залізничного транспорту

**Прохорченко Андрій Володимирович**

УДК 656.211.5.001.76

**УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ПАСАЖИРСЬКОЇ ТЕХНІЧНОЇ СТАНЦІЇ  
НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ОПЕРАТИВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ  
СОСТАВОУТВОРЕННЯ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2008

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту на кафедрі „Управління експлуатаційною роботою”, Міністерство транспорту та 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

**Чепцов Михайло Миколайович,**

Донецький інститут залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту, проректор з наукової роботи.

Захист відбудеться „\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_2008 р. о \_\_\_\_\_ 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 ”\_\_\_\_” \_\_\_\_\_2008 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Ломотько Д.В.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Вступ.** В сучасних економічних умовах залізничному транспорту необхідно вирішувати складні задачі підвищення ефективності і якості обслуговування пасажирів в умовах жорсткої конкуренції на ринку пасажирських перевезень, знаходити більш ефективні технології організації процесу перевезення та методи їх реалізації.

Згідно з Концепцією Державної програми реформування залізничного транспорту України, директивами ЄС 91/440, Програмою інформатизації одним із основних напрямків підвищення конкурентоспроможності на ринку пасажирських перевезень передбачено пошук ефективних технологій управління ресурсами пасажирського комплексу, що дозволять в умовах інтенсивного впровадження інформаційних технологій знизити збитковість пасажирських перевезень за рахунок приведення можливостей залізниць у відповідність з попитом на перевезення в дальньому і місцевому сполученнях.

**Актуальність теми.** На протязі 2005-2007 рр. відбувається зростання обсягів пасажирських перевезень з середнім значенням 0,67 % на фоні суттєвого зносу пасажирського рухомого складу і дуже повільних темпів його поновлення, поряд з цим спостерігається тенденція, коли населеність поїздів є меншою за граничний показник рентабельності у 80 %. Дана ситуація вимагає вирішення задачі раціонального використання робочого парку пасажирських вагонів в умовах дефіциту рухомого складу на основі застосування технологій перевізного процесу, що відповідають тенденціям зміни пасажиропотоків.

Однією з найбільш слабких ланок в пасажирському комплексі є технологія роботи пасажирських технічних станцій (ПТС), що потребує надання властивостей гнучкості в умовах інерційного характеру їх роботи. Це в свою чергу вимагає впровадження нових технологій роботи ПТС, що дозволяють здійснити оперативне регулювання формування пасажирських поїздів в межах діючого плану формування. Таким чином, постає науково-практична задача формування гнучкої технології формування на ПТС, що дозволить раціонально перерозподілити робочий парк пасажирських вагонів за рахунок вивільнення малонаселених вагонів та використання їх на напрямках з більш потужним пасажиропотоком.

Механізмом реалізації технології регулювання формування на ПТС є впровадження сучасних інформаційно-керуючих систем, що пов'язано з необхідністю реалізації в об'єднаному комплексі автоматизованих робочих місць (АРМ) оперативного персоналу системи підтримки прийняття рішень на основі розробки нових комплексів задач, інтегрованих в автоматизовану систему керування пасажирськими перевезеннями (АСК ПП УЗ).

Зважаючи на вище викладене тема дисертаційної роботи є актуальною і зорієнтованою на вирішення важливих питань удосконалення роботи ПТС.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконувалася у відповідності з Концепцією Державної програми реформування залізничного транспорту України (2006 р.), Програмою інформатизації залізничного транспорту (2002 р.), а також з науково-дослідницькою роботою “Розробка та дослідження технології перевізного процесу на залізничному транспорті на основі ресурсозбереження” (ДР №0105U000898).

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є удосконалення роботи пасажирської технічної станції на основі формування технології оперативного регулювання составоутворення пасажирських поїздів в середовищі інформаційно-керуючої системи, що дозволить раціонально використовувати парк пасажирських вагонів в дальньому та місцевому сполученнях.

Реалізація цієї мети потребує постановки та вирішення наступних задач дослідження:

- провести аналіз існуючих технологій роботи та інформаційного забезпечення ПТС і пасажирського комплексу в умовах діючої системи регулювання пасажирськими перевезеннями в дальньому та місцевому сполученнях з дослідженням населеності пасажирських поїздів, структури та параметрів пасажиропотоків;

- розробити адаптивну математичну модель прогнозування пасажиропотоків, яка враховує вплив сезонного фактору і нерівномірності попиту по періодам тижня;

- формалізувати технологію оперативного регулювання составоутворення на ПТС з можливістю вирішення задачі розрахунку раціональної композиції складу пасажирських поїздів відповідно до спрогнозованих пасажиропотоків;

- розробити рекомендації щодо можливості реалізації технології оперативного регулювання составоутворення на основі аналізу існуючих технічних та технологічних параметрів пасажирських технічних станцій;

- розробити інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень для оперативного регулювання составоутворення на основі формування локальної комп'ютерної мережі з розробкою комплексу додаткових задач на АРМ оперативного персоналу, що інтегрована до системи АСК ПП УЗ;

- обґрунтувати економічну доцільність впровадження технології оперативного регулювання составоутворення пасажирських поїздів на ПТС.

**Об'єкт дослідження** – робота пасажирської технічної станції.

**Предмет дослідження** – технологія оперативного регулювання составоутворення пасажирських поїздів.

**Методи дослідження.** Виконані дослідження базуються на процедурі моніторингу пасажиропотоків та населеності пасажирських поїздів з використанням інформаційної моделі процесу перевезення, методів статистичного аналізу, теорії імовірностей та математичної статистики. Розробка комплексу математичних моделей прогнозування та регулювання составоутворення базується на використанні методів теорії нечітких множин і нечіткої логіки, нейронних мереж і генетичних алгоритмів. За допомогою

методів нелінійного програмування з використанням математичного апарату нечітких змінних у випадковому середовищі вирішена задача розрахунку раціональної композиції складу пасажирських поїздів.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Вперше розроблено технологію оперативного регулювання составоутворення пасажирських поїздів в дальньому і місцевому сполученнях, що дозволяє синхронізувати процес формування пасажиропотоків по параметрам і структурі з процесом составоутворення на ПТС, яка дозволяє перерозподілити робочий парк пасажирських вагонів за рахунок вивільнення малонаселених вагонів і використання їх на напрямках з більш потужним пасажиропотоком. Дана технологія формалізована у вигляді комплексу моделей, в яких *вперше*:

- для оперативного прогнозування пасажиропотоків розроблено модель на основі нечітко-нейро-генетичного моделювання, що дозволяє на відміну від існуючих, враховувати фактор послідовності днів тижня у періоді прогнозування відповідно вибраному сезону, надає властивості самонавчання та забезпечує похибку прогнозування не більше 3 - 4 %;

- для підвищення якості оперативного планування формалізовано процес визначення регулювальних заходів щодо встановлення строків курсування пасажирських поїздів і внесення оперативних змін до схем їх формування відповідно існуючого попиту на перевезення на основі розробки модуля регулювання составоутворення з використанням нечіткого логічного висновку;

*Доопрацьовано:*

- методи щодо розрахунку раціональної композиції составів пасажирських поїздів на основі застосування оптимізаційної моделі нечіткого математичного програмування, що комплексно враховують експлуатаційні витрати пов'язані з виконанням маневрової роботи по переформуванню составу пасажирського поїзда і курсуванням поїздів на напрямках та повністю забезпечує попит на перевезення з населеністю поїздів не менше 80 %;

- метод розрахунку технологічних і технічних параметрів ПТС в умовах реалізації технології оперативного регулювання составоутворення на основі визначення мінімально необхідного колійного розвитку технічних станцій в залежності від типу та характеру їх роботи та максимальної кількості составів, для яких можлива реалізація даної технології відповідно обсягу маневрової роботи;

- склад функціональних задач інформаційно-керуючої системи пасажирського комплексу, які є основою для формування системи підтримки прийняття рішень оперативних працівників пасажирського комплексу в межах локальної комп'ютерної мережі, яка інтегрована до системи АСК ПП УЗ.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблений комплекс моделей для реалізації оперативного регулювання составоутворення дозволяє

привести до відповідності заплановану потребу у пасажирських вагонах з фактичним попитом на перевезення за умови визначення оптимальних регулювальних заходів відносно строків курсування пасажирських поїздів та внесення оперативних змін до схем їх формування з урахуванням нерівномірності пасажиропотоків. Розроблена технологія дає можливість значно зменшити експлуатаційні витрати залізниць при здійсненні пасажирських перевезень.

Програмна реалізація системи підтримки прийняття рішень для оперативного регулювання составоутворення на основі організації локальної комп'ютерної мережі, яка інтегрована до системи АСК ПП УЗ, доповнює комплекс задач, що вирішуються на базі діючих автоматизованих робочих місць оперативних працівників дорожнього бюро по розподілу місць в пасажирських поїздах (ОДБ), пасажирської служби (Л) та пасажирських технічних станцій.

Розроблена технологія оперативного регулювання составоутворення на ПТС дозволила вивільнити в середньому 8 % робочого парку пасажирських вагонів.

Основні результати і розроблені методики реалізації оперативного регулювання составоутворення пасажирських поїздів впроваджено на ПТС Донецької залізниці, а також у навчальному процесі УкрДАЗТ при вивченні дисципліни “Управління експлуатаційною роботою і якістю перевезень”, у дипломному проектуванні, проведенні учбово-дослідних робіт студентів та при підготовці магістрів у Інституті перепідготовки та підвищення кадрів УкрДАЗТ. Впровадження результатів роботи підтверджується відповідними актами впровадження, які наведені в додатках до роботи.

**Особистий внесок здобувача.** Усі результати роботи отримані особисто автором. У публікаціях 5 статей у співавторстві автору належать:

- в статті [1] розроблена модель для визначення потрібного інвентарного парку пасажирських вагонів в умовах змінного попиту на перевезення;
- в статті [2] розроблена модель прогнозування пасажиропотоків на основі математичного апарату нейронних мереж;
- в статті [3] розроблена модель визначення оптимальної композиції составів пасажирських поїздів на основі теорії нечітких множин та нечіткого програмування;
- в статті [4] розроблена математична модель оперативного корегування поїздоутворення на основі нейро-нечіткого моделювання;
- в статті [5] запропонована можливість удосконалення технології оперативного регулювання составоутворення пасажирських поїздів на основі формування системи підтримки прийняття рішень оперативних працівників.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися та ухвалені на 66 – 69 міжнародних науково-технічних конференціях кафедр УкрДАЗТ та спеціалістів залізничного транспорту і підприємств, 2004-2007 рр.; II міжнародній науково-практичній

конференції “Наука в транспортному вимірі: Пасажирські перевезення”, 2006 р. (м. Київ); VI міжнародній науково-практичній конференції “Проблеми економіки транспорту”, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту (м. Дніпропетровськ), 2007 р.; міжнародній науково-практичній конференції “Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості і навчанні”, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту (м. Дніпропетровськ), 2007 р.; I міжнародній науково-практичній конференції “Ресурсозберігаючі технології в експлуатації засобів транспорту в умовах реформування залізниць України” (м. Євпаторія), 2007 р. Дисертаційна робота повністю доповідалась на науковому семінарі кафедри Технологій міжнародних перевезень і логістики у Приазовському державному технічному університеті (2007 р.).

**Публікації.** Відповідно до теми дисертації опубліковано 6 наукових робіт (одна 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.

Обсяг основного тексту складає 142 сторінки друкованого тексту, 49 ілюстрацій, 1 таблиця, списку використаних джерел, що включає 190 найменувань і 13 додатків.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

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

**У першому розділі**, виходячи із мети дисертаційної роботи, проведено аналіз динаміки пасажиропотоків та населеності пасажирських поїздів, теоретичних та практичних розробок щодо технології роботи та інформаційного забезпечення пасажирського комплексу, зокрема ПТС в умовах діючої системи регулювання перевезеннями в дальньому і місцевому сполученнях.

Аналіз динаміки інтенсивності пасажиропотоків по місяцях року свідчить про наявність коливань, що обумовлені впливом сезонного фактору (літні перевезення, святкові дні, канікули), а також ефектом вихідного дня. Величина коефіцієнту варіації коливається в межах від 0,10 до 0,68 в залежності від напрямків перевезень. Паралельний аналіз величини населеності поїздів по місяцях року доводить наявність тенденції, коли відхилення між схемою состава і фактичною населеністю поїздів складає до 20-30 % від фактичного обсягу перевезених пасажирів. Це вказує, що діюча система організації пасажирських перевезень не є достатньо адаптивною до сучасних вимог транспортного ринку

та потребує впровадження прогресивних технологій оперативного регулювання процесів составоутворення.

У розвиток досліджень щодо розробки систем регулювання розмірів руху пасажирських поїздів, технічного розвитку станцій, визначення оптимальних схем формування поїздів, застосування інформаційних технологій в експлуатаційній роботі, внесли великий вклад такі вчені та практики: В.М. Акулінічев, І.М. Аксенов, А.А. Босов, В.І. Бобровський, Т.В. Бутько, І.В. Берестов, П.С. Грунтов, М.І. Данько, В.К. Доля, І.В. Жуковицький, Ф.П. Кочнев, В.І.Крячко, Ю.Ф. Кулаєв, В.М. Кулешов, Б.Є. Марчук, Є.В. Нагорний, В.Я. Негрей, Ю.О. Пазойський, Г.Н. Плахов, Н.В. Правдін, А.О.Смехов, Є.А. Сотніков, Б.І. Торопов, М.М. Чепцов, В.А. Федоров, А.Н. Фролов, В.Г Шубко, С.П. Шумський, П.О. Яновський та інші.

На основі аналізу попередніх досліджень, присвячених розробці наукових підходів до удосконалення роботи ПТС, виявлено, що не в повній мірі враховується вплив динаміки структури і параметрів пасажиропотоків на процес составоутворення. Крім того, задача визначення композиції складу пасажирських поїздів вивчена недостатньо: розрахунки виконуються по періодам максимальних перевезень пасажирів, що не дозволяє визначити раціональну потребу у вагонах різних типів на протязі днів тижня, місяців та сезонів року; визначення кількості вагонів різного типу встановлюється без урахування попиту пасажирів; не враховується вплив чинників ресурсозбереження при визначенні доцільності переформування складу поїзда.

Питання регулювання розмірів пасажирського руху розглядалися у роботах В.І. Лукашева, С.С. Жаброва, Н.В. Правдіна, К.Ф. Сьомина та інших. Усі вони вважають, що основний принцип формування системи регулювання пасажирськими перевезеннями виходить з умов утримання ресурсів перевізного процесу в межах освоєння змінного попиту на перевезення. Це можливо за рахунок послідовного застосування регулювальних заходів на основі прогнозування пасажиропотоків. Попередні методики використовували традиційні методи прогнозування, що не забезпечують на необхідному рівні надійність та достовірність прогнозу параметрів пасажиропотоків та не дозволяють в короткі інтервали часу адаптуватися до змінних умов поточного періоду планування

Таким чином, набуває актуальності вирішення задачі удосконалення роботи ПТС за рахунок формалізації технології прогнозування та оперативного регулювання составоутворення пасажирських поїздів в умовах впровадження інформаційно-керуючих систем.

**В другому розділі** виходячи з поставлених вимог розроблено гібридну модель оперативного прогнозування пасажиропотоків, що передбачає застосування методики здобуття знань з експериментальних даних на основі нечітко-нейро-генетичного моделювання.

Тенденція розвитку процесу формування пасажиропотоків характеризується наявністю нерівномірності по сезонам року, дням тижня та невизначеністю динаміки зміни попиту на вагони різних типів, що потребує



реалізації моделі прогнозування параметрів пасажиропотоків, яка має властивості до самонавчання та враховує вплив послідовності типу днів тижня відповідно до сезону в періоді прогнозування.

Вихідною інформацією для проведення прогнозування є тимчасовий ряд, що складається з  $d$  значень ряду в послідовні моменти часу

$$\mathbf{X}_{t-d} = (X_{t-1}, \dots, X_{t-d}), \quad (1)$$

де  $d$  – глибина занурення.

Для визначення глибини занурення  $d$  в роботі проведено автокореляційний аналіз динамічного ряду щодобових даних кількості перевезених пасажирів по основних напрямках курсування пасажирських поїздів Південної та Придніпровської залізниць та встановлено наявність тижневої періодичності.

Відповідно аналізу значимості вхідних змінних у періоді занурення  $d$  встановлено, що на поточний прогноз окремого типу дня впливає інформативність обмеженої кількості значень ряду. За таких умов запропоновано зменшити розрахункову складність моделі прогнозування не втрачаючи її точність за рахунок скорочення загальної кількості комбінацій значень змінних у періоді занурення до вибору чотирьох із семи можливих на основі методу обмеженого перебору.

Виходячи з обраних підходів побудови прогнозової моделі інтервал прогнозування встановлюється за принципом віддаленого горизонту. В цьому випадку прогноз пасажиропотоку переглядається кожний період  $t$ , використовуючи вимогу за попередній період та іншу поточну інформацію як базис для прогнозу, що переглядається, рис. 1.

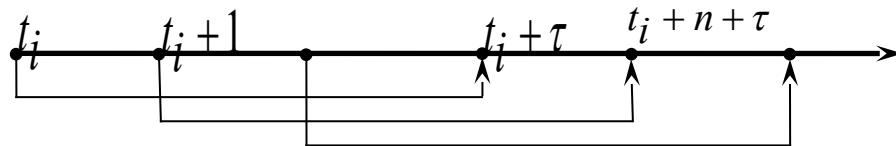


Рис. 1. Процес прогнозування за віддаленим горизонтом

Практичне застосування теорії нечітких множин передбачає представлення кількісних значень вхідних змінних моделі  $x_i$ ,  $i = \overline{1,4}$  у вигляді лінгвістичних змінних (ЛЗ), внаслідок чого втрачається точність, проте отримується пристосованість до невизначених умов задачі прогнозування пасажиропотоків, що характеризується нечіткістю вхідної інформації, неможливістю достовірного визначення попиту пасажирів та високим рівнем невизначеності параметрів та структури пасажиропотоків. Виходячи з цього, для гнучкого опису можливого спектру обсягів пасажиропотоків ЛЗ  $N_i$  оцінені з використанням п'яти якісних термів  $T_i^p$ ,  $p = \overline{1,5}$  із наступної терм-множини  $T_i \forall \{\text{низький, нижчий за середнє, середній, вищий за середнє, високий}\}$ ,  $T_i^p \in T_i$ , де кожен терм  $T_i^p$  описується нечіткою множиною  $\tilde{C}_i^p = \{\mu_{\tilde{C}_i^p}(x_i)/x_i\}$ ,  $x_i \in X_i$ , де  $\mu_{\tilde{C}_i^p} : X_i \rightarrow [0,1]$  – функція приналежності (ФП), що приймає значення в інтервалі  $[0,1]$  та  $x_i \in X_i$ ,  $\tilde{C}_i^p \subset X_i$ .

Відповідно до прийнятої методики прогнозування, введенню в нечіткість підлягають значення тимчасового ряду, похибку визначення яких можна вважати однаковою в обидві сторони від встановленого значення, тобто симетричною. Таким чином, для відображення ФП термів вхідних змінних у функціональній формі була обрана крива Гауса, що відповідає вказаним властивостям симетричності та має переваги з точки зору спрощення алгоритму розрахунків

$$\mu_{\tilde{c}_i^p} = \exp[(x_i - b_i^p / c_i^p)], \quad (2)$$

де  $x_i$  – елемент універсальної множини;  $b_i^p$  – координата максимуму функції;  $c_i^p$  – коефіцієнт концентрації функції.

Моделювання на основі нечітких баз знань здійснюється через нечіткий логічний висновок по алгоритму Такагі-Суджено, що дозволяє зменшити похибку апроксимації тимчасового ряду в умовах різких коливань пасажиропотоків. Множина правил представляє собою нечітку базу правил  $R$ , в якій нечітке правило  $r^k, k = \overline{1, N}$  для змінних  $x_i, i = \overline{1, n}$  можна представити як логічну комбінацію в наступному вигляді

$$r^k : \text{ЯКЩО } x_1 \in F_1^k(x_1) \perp \dots \perp x_n \in F_n^k(x_n), \text{ ТО } y^k = p_0^k + p_1^k x_1 + \dots + p_n^k x_n, [w^k], \quad (3)$$

де  $F_i^k$  – нечіткий терм з ФП  $\mu_{\tilde{c}_i^p}^k(x_i)$ ;  $y^k$  – вихід кожного правила з відповідними коефіцієнтами  $p_1^k, \dots, p_n^k$  та вільною складовою  $p_0^k$ ;  $w^k \in [0, 1]$  – вага правила;  $\perp$  – операція логічного зв'язування: *та, або*.

База правил типу (3) визначає ядро нечіткої моделі прогнозування, сутність самовдосконалення якої полягає в представленні запропонованого нечіткого логічного висновку у вигляді функціонально еквівалентної структури адаптивної нейро-нечіткої системи висновків (ANFIS), що дозволяє покращити точність прогнозування на основі механізму донавчання в процесі роботи.

Для вирішення оперативних задач в умовах інерційності технології роботи ПТС необхідним є підвищення швидкості та точності генерування нечітких правил мережі за рахунок використання генетичного алгоритму з дійсним кодуванням (англ.: *Real-coded Genetic Algorithm*, RGA). Рішення поставленої задачі передбачає представлення набору параметрів моделі у формі хромосоми фіксованої довжини  $C_h$ , що складається з чотирьох частин

$$C_h = (C^1 C^2 C^3 C^4), \quad (4)$$

де  $h = \overline{1, K}$  – номер хромосоми  $C$ ;

$C^1 = (b_{11}^p, c_{11}^p, \dots, b_{n_l}^p, c_{n_l}^p)$  – параметри ФП,  $l_i$  – кількість термів змінної  $x_i$ ,  $l_1 + l_2 + \dots + l_n = q$ ,  $q$  – загальна кількість термів;

$C^2 = (p_0^k, p_1^k, \dots, p_n^k)$  – коефіцієнти висновків відповідних правил,  $k = \overline{1, N}$ ;

$C^3 = (1,2,\dots,q)$  – моделювання зміни положення елементів терм-множини в умові правил за прямим способом,  $q = \overline{1,L}$ ;

$C^4 = (k)$  – моделювання згідно прямого виконання виду логічного зв'язування,  $k=1,2$ , де 1 – операція кон'юнкції “та”; 2 – операція диз'юнкції “або”.

Заданою мірою якості для RGA є функція пристосованості, що забезпечує мінімальне відхилення між теоретичними і експериментальними результатами моделювання на навчальній вибірці (RMSE).

Для спрощення обчислювальної складності моделі вирішена задача вилучення суперечливих та надлишкових правил мережі за рахунок проведення розрахунків, що дозволяють залишити правила у яких ступень активності  $\tau^k$  виявиться більшим встановленого порогу значимості  $\delta$ ,  $\tau^k \geq \delta$ .

З метою пристосування прогнозної моделі до динамічного характеру розвитку процесу формування пасажиропотоків необхідним є проведення “тонкої” настройки змінних параметрів мережі на основі алгоритму донавчання, що базується на комбінації градієнтного спуску у вигляді алгоритму зворотнього розповсюдження помилки і методу найменших квадратів.

Для отримання комплексної моделі прогнозування, що дозволяє враховувати послідовність днів тижня у періоді прогнозування відповідно вибраному сезону розроблено орієнтований граф  $G=(X,F)$  (рис. 3). Вершини графа це запропоновані нейро-нечіткі мережі прогнозування, що навчені на вибірці даних окремого типу дня тижня та сезону року, тобто:  $F_1$  – модель після вихідного дня або свята;  $F_{2,1} F_{2,2} F_{2,3}$  – моделі, що відповідають відповідно першому, другому та третьому дню середини тижня;  $F_3$  – модель перед вихідного дня або свята;  $F_{4,1} F_{4,2} F_{4,3}$  – моделі вихідного дня відповідно до їх послідовності. Процес формування структури загальної моделі прогнозування відповідно до графу  $G$  наведено на рисунку 4.

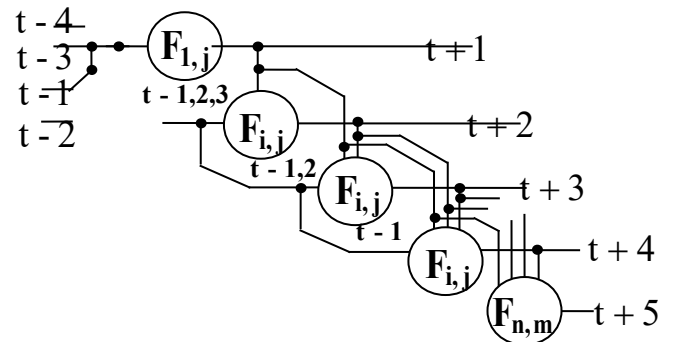
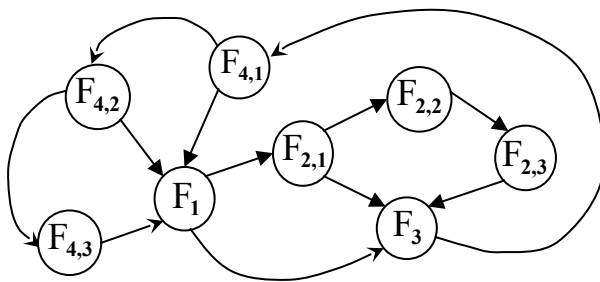


Рис. 3. Орієнтований граф  $G=(X,F)$

Рис. 4. Загальна структура моделі

Запропонований алгоритм прогнозування стійкий до неточностей вхідної інформації, дозволяє виконувати прогноз добового пасажиропотоку з перспективою на п'ять діб та забезпечує похибку не більше 3 – 4%.

У третьому розділі для автоматизації визначення регулювальних заходів формалізовано технологію оперативного регулювання составоутворення на ПТС у вигляді нечіткого модуля з розробкою моделі нечіткого програмування на

рівні вирішення задачі розрахунку раціональної композиції складу пасажирських поїздів.

Сутність технології оперативного регулювання складоутворення виходить з проведення прогнозування пасажиропотоків за віддаленим горизонтом в межах терміну резервування (45 діб) для встановлення строків призначення на нитку графіку і відміни пасажирських поїздів та внесення оперативних змін до схем їх формування. Реалізація такої технології можлива за рахунок виключення або поповнення складу поїзда вагонами оперативного регулювання та факультативними, що залежно від попиту виключаються з складу не менш, як за 3 та 5 діб до відправлення поїзда.

За таких умов, в модулі регулювання можливі варіанти рішення щодо реалізації запропонованої технології складоутворення розглядаються у вигляді залежності двох параметрів перевізного процесу – очікуємих темпів зміни пасажиропотоку  $\Delta p$ , отриманих за прогнозом

$$\Delta p = (\bar{A}^n(t_k) - \bar{A}(t_n)) / \tau \text{ (пас./дiб за добу)}, \quad (5)$$

де  $\tau$  – тривалість періоду планування (п'ять діб);  $\bar{A}^n(t_k)$  – прогноз пасажиропотоку на кінець планового періоду;  $\bar{A}(t_n)$  – місткість складу пасажирських поїздів, що знаходяться в оберті, на початок планового періоду; та коефіцієнту використання місткості пасажирських поїздів  $\alpha$

$$\alpha = a_n / a_v, \quad (6)$$

де  $a_n$  – населеність поїзду, пас;  $a_v$  – кількість місць у вагонах, місць.

Застосування апарату нечіткої логіки дозволяє більш гнучко підходити до формалізації встановлених залежностей та забезпечує облік великої кількості евристичної інформації, що лежить в їх основі за рахунок представлення кількісних значень вхідних параметрів у вигляді ЛЗ відповідно  $G_1 =$  “Припустимі темпи зміни пасажиропотоку” з визначенням наступної терм-множини  $T_1 \forall$  {“від’ємно високі” (ВВ), “від’ємно низькі” (ВН), “незначні” (Н), “додатньо низькі” (ДН), “додатньо високі” (ДВ)} та  $G_2 =$  “Коефіцієнт використання місткості пасажирських поїздів” з терм-множиною  $T_2 \forall$  {“нижче мінімального” (НМ), “оптимальне” (О), “вище максимального” (ВМ)}.

Запропонований модуль представлено як систему з двома входами та одним дискретним виходом, в якому задача розробки відповідних рішень для оперативного регулювання складоутворення полягає у виконанні відображення виду

$$X(\Delta p, \alpha) \rightarrow D \in \{d_1, d_2, \dots, d_k\}, k = \overline{1, 7}, \quad (7)$$

де  $d_k$  – рівні прийняття рішень, зокрема:  $d_1$  – не змінювати розмірів пасажирського руху та кількості запропонованих місць у поїздах;  $d_2$  – зменшити

кількість місць у поїздах;  $d_3$  – збільшити кількість місць у поїздах;  $d_4$  – відмінити додатковий поїзд;  $d_5$  – призначити додатковий поїзд;  $d_6$  – скасувати додатковий поїзд із одночасним збільшенням місткості поїздів, що залишилися в обігу;  $d_7$  – призначити додатковий поїзд із одночасним зменшенням кількості запропонованих місць у поїздах, що перебувають в обігу. Виходячи з цього, рівням прийняття рішень ставляться у відповідність нечіткі терми  $C_k, k = \overline{1,7}$  вихідної змінної  $D = \text{“рівні прийняття рішень”}$  з ФП, що описані за допомогою трикутної структури та розташовані з використанням рівномірного розбиття.

Сукупність ФП дає можливість розбити простір вхідних параметрів на відповідні області (класи) в термінах нечіткої логіки (рис. 5).

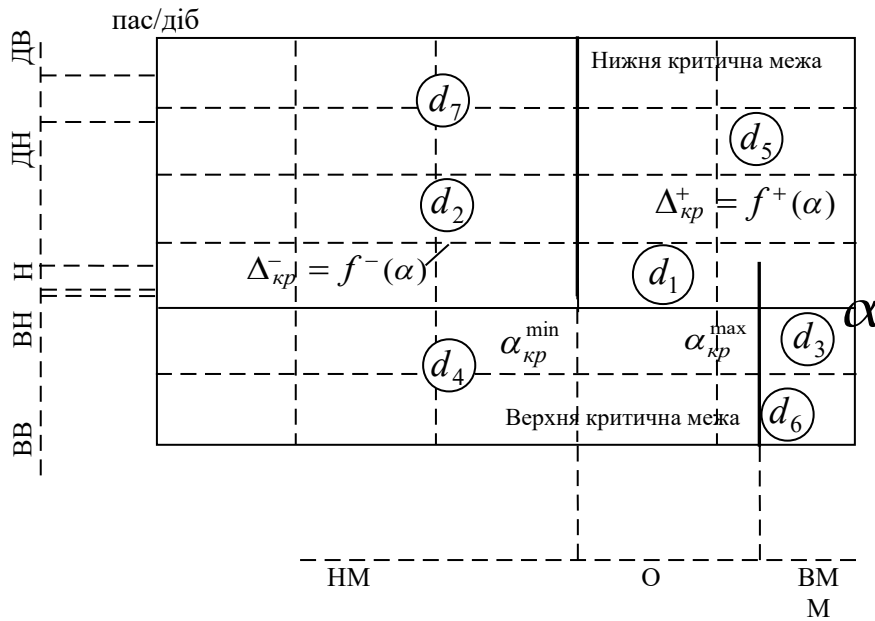


Рис. 5. Нечітке розділення вхідного простору на області

Послідовність нечітких умовних висловлювань, що утворюють нечіткий модуль та спирається на лінгвістичні змінні  $G_1, G_2$  з результируючими нечіткими терм-множинами і висновком  $C_k$ , має вигляд

$$R^1: \text{ЯКЩО } G_1 \in A_j^i \text{ та } G_2 \in B_j^i, \text{ ТО } d \in C_k, [w^i] \quad (8)$$

ІНАКШЕ

$$R^i: \text{ЯКЩО } \dots \text{ ТО } \dots$$

де  $w^i \in [0,1]$  – вага правила, що характеризує ступінь впевненості; “та” – операція логічного зв’язування;  $A_j^i, B_j^i, C_k$  – нечіткі множини, що визначені на універсумах  $U, V, W$  з ФП  $\mu_{A^i}(x), \mu_{B^i}(y), \dots, \mu_{D^i}(d), i = \overline{1, M}$  відповідно.

Процес роботи нечіткого модуля заснований на нечіткому алгоритмі висновків за max-min принципом. Для визначення чіткої відповідності отриманого рішення до одного з рівнів прийняття управляючої дії використано метод “центру максимумів”.

Загальний продукційний модуль системи оперативного регулювання составоутворення складається з 20 правил, які сформовано відповідно до практичного аналізу номограми рис. 5 та доступної лінгвістичної інформації.

Для підвищення точності роботи модуля нечіткого регулювання застосовується технологія настроювання вагових коефіцієнтів  $w^i$ , що полягає у визначенні вектору  $W$  на інтервалі  $w^i = [0,1]$ ,  $\forall w^i \in W$  за умови мінімальної різниці еталонних рішень з навчальної вибірки і рішень нечіткого висновку.

Для врахування впливу на формування пасажиропотоків випадкових та нечітких факторів, кількість місць отриманих за прогнозом запропоновано представити у вигляді дискретної нечіткої випадкової змінної  $A$ , що приймає значення  $(X_{i_1}, \dots, X_{i_n})$  з ймовірностями  $(p_{i_1}, \dots, p_{i_n})$  та відповідною ФП

$$\mu_{EA}(t) = \sigma\{\gamma : EA(\gamma) = t\} = \exp\{-(t-a)/b\}^2\}, \quad (9)$$

де  $a = \sum_{i=1}^n p_i a_i$  та  $b = \sum_{i=1}^n p_i b_i$ , якщо  $(X_1, \dots, X_n)$  є мінізв'язними нечіткими нормальними змінними з параметрами  $(a_1, b_2), \dots, (a_n, b_n)$ .

Таким чином інтервал прогнозних значень розглядається як реалізація нечітких випадкових процесів, де кожен нечіткий терм-результат характеризується заданою ймовірністю (рис. 6).

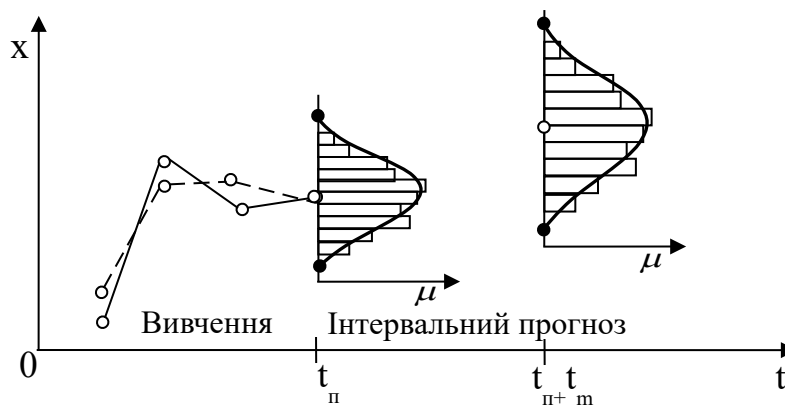


Рис. 6. Схематичне представлення інтервального прогнозу за допомогою нечіткої змінної у випадковому середовищі

Для реалізації управляючих дій по призначенню додаткового поїзда розроблена модель раціонального визначення композиції составу поїзда на основі нечіткого програмування, яка має наступний вигляд

$$F = \sum_{i=1}^m c_i x_i \rightarrow \min \quad (10)$$

при наступних обмеженнях

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma \left\{ \sum_{i=1}^m \beta_{ij} \varphi_i x_i > \tilde{A}_j(t) \right\} \geq \alpha_j, \quad j = \overline{1, n} \\ \sigma \left\{ \beta_{ij} \varphi_i x_i < \tilde{a}_{ij}(t) \right\} \geq \alpha_j, \\ \sum_{i=1}^m l_i x_i \leq L_{max}, \\ x_i \leq R_i, \\ \alpha_j \in [0, 1], \quad x_i - \text{цiле}, \quad x \in X \quad (i = \overline{1, m}); \end{array} \right. \quad (11)$$

де  $i$  – тип вагону робочого парку;  $m$  – кількість вагонів різного типу;  $c_i$  – експлуатаційні витрати, що виникають при використанні вагону  $i$ -го типу;  $x_i$  – кількість пасажирських вагонів  $i$ -го типу;  $\langle \cdot \rangle$  позначає нечітке відношення;  $\sigma$  – нечітка міра;  $\alpha_j \in U = [0, 1]$  – рівні нечіткості (припустимі межі освоєння пасажиропотоку, 0,8-0,9);  $j$  – рівень нечіткості;  $n$  – кількість рівнів нечіткості;  $\beta_{ij}$  – мінімальний рівень населеності вагону  $i$ -го типу відповідно до  $j$ -го рівня нечіткості, що відображає задану рентабельність (при відправленні з головної станції – 0,65-0,8, а на маршруті в цілому – 0,6-0,7);  $\varphi_i$  – величина місткості вагону  $i$ -го типу;  $\tilde{A}_j(t), \tilde{a}_{ij}(t)$  – прогнозна кількість пасажирів, відповідно загальна та з розподілом по типам вагонів, які представлені у вигляді дискретних нечітких випадкових величин;  $l_i$  – розрахункова довжина вагону  $i$ -го типу;  $L_{max}$  – максимально можлива довжина поїзду на напрямку;  $R_i$  – кількість вагонів  $i$ -го типу робочого парку.

В межах вирішення задачі визначення раціональної композиції складу поїзда в умовах переформування на станціях приписки з метою зменшення або збільшення кількості місць у поїзді запропоновано критерій доцільності переформування складу, що виходить із умови

$$\sum \gamma_i D_i x_i + \sum \delta_i Z_i x_i + \sum \delta_i Z_i^{op} x_i - \sum \gamma_i c_i^{op} x_i - \sum \gamma_i e_i x_i \geq \sum \delta_i e_i^{nep} x_i + \sum \gamma_i e_i^{nep} x_i, \quad (12)$$

де  $D_i$  – доходи, що будуть одержані від перевезення пасажирів у  $i$ -му типі вагону, що причіпляється до складу;  $Z_i$  – економія експлуатаційних витрат за рахунок відчеплення вагона  $i$ -го типу;  $Z_i^{op}$  – економія витрат на бригади провідників, що зв'язані з відчепленням вагонів  $i$ -го типу;  $c_i^{op}$  – витрати на введення додаткових бригад провідників при причепленні вагонів  $i$ -го типу;  $e_i$  – експлуатаційні витрати на введення до схеми формування вагонів  $i$ -го типу;  $e_i^{nep}$  – витрати на маневрову роботу при виконанні перестановки одного або декількох типів вагонів на інші;  $\delta_i, \gamma_i$  – одиничні функції Хевісайда, які моделюють відповідно варіант відчеплення та причеплення вагону  $i$ -го типу

$$\delta_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо } r_i - x_i > 0, \\ 0, & \text{якщо } r_i - x_i \leq 0, \end{cases} \quad \gamma_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x_i - r_i > 0, \\ 0, & \text{якщо } x_i - r_i \leq 0, \end{cases} \quad (13)$$

де  $r_i$  – початкова кількість вагонів  $i$ -го типу на момент проведення розрахунків, яку можливо відчепити від составу без врахування вагонів ядра поїзду, тобто  $r_i^{\min} \leq r_i \leq r_i^{\max}$ .

Відповідно до непрямих методів рішення поставленої задачі еквівалентним аналогом є задача квадратичного програмування з відповідними чіткими обмеженнями, рішення якої не представляється складним.

З метою врахування додаткової системи обмежень реалізації технології оперативного регулювання составоутворення в роботі проведені розрахунки визначення достатності технологічних та технічних параметрів ПТС, рис. 7.

Область перетину розрахункових номограм з обмеженням максимально допустимих витрат часу на переформування  $t'_{\phi} = 1,058$  год (рис. 7, а) дозволяє визначити відповідно до обсягів роботи ПТС максимальну кількість составів, для яких можлива реалізація технології оперативного регулювання составоутворення з найскладнішим рівнем прийняття рішення – повним переформуванням составу пасажирського поїзда.

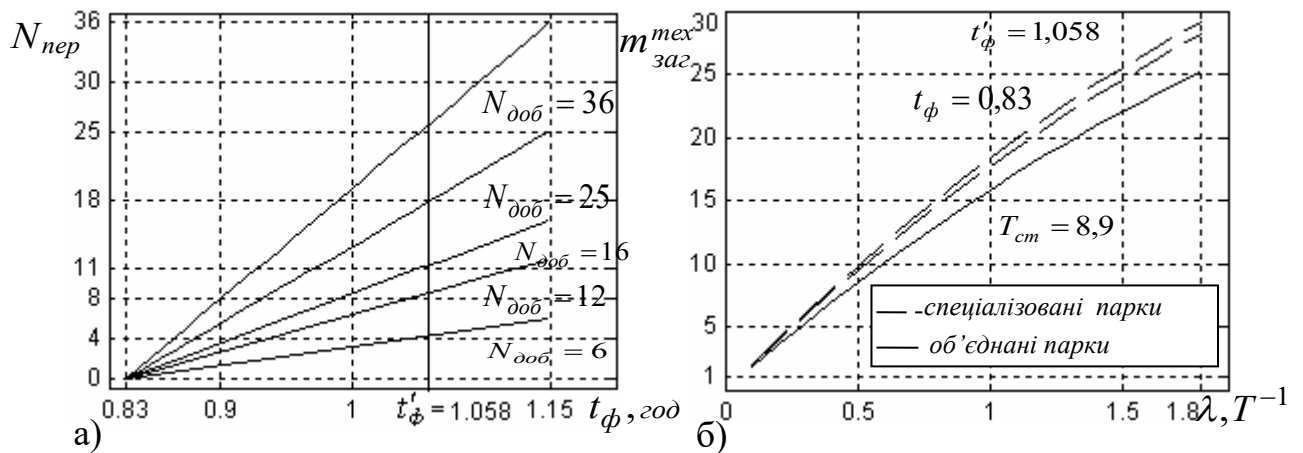


Рис. 7. Номограми визначення достатності технологічних (а) та технічних (б) параметрів ПТС

Виконані розрахунки дослідження технічного розвитку ПТС (рис. 7, б) вказують, що необхідна кількість колій для виконання додаткових маневрових операцій по переформуванню составів є незначною і може бути компенсована в умовах існуючого колійного розвитку ПТС та парків, тобто в умовах існуючих ПТС можливо реалізувати запропоновану технологію оперативного регулювання пасажирських составів.

У четвертому розділі запропоновано інформаційно-керуючу модель оперативного регулювання составоутворення пасажирських поїздів на основі розробки системи підтримки прийняття рішень (СППР) оперативних працівників в межах інформаційного середовища АСК ПП УЗ.

Для підтримки корпоративної основи функціонування системи управління запропоновано підхід до розробки СППР на основі організації локальної комп'ютерної мережі з використанням WEB-ресурсів технологічного



призначення. Запропонована Intranet-архітектура СППР формує технологію функціонування на основі схеми тонкого клієнта, що дозволяє скоротити витрати на апаратне і програмне забезпечення та знизити експлуатаційні витрати на її супровід. Процес функціонування системи передбачає автоматизований моніторинг темпів попереднього продажу квитків на пасажирські поїзди свого формування по кожному напрямку курсування з реалізацією функції прогнозування в межах необхідного періоду виконання встановлених заходів.

На основі аналізу елементів діючої системи організації регулювання перевезеннями запропоновано локальну комп'ютерну мережу, яка інтегрована до системи АСК ПП УЗ та включає розроблену структуру баз даних та програмну реалізацію СППР на АРМ оперативних працівників дорожнього бюро по розподілу місць в пасажирських поїздах (ОДБ), пасажирської служби (Л), ПТС та пасажирських вагонних депо, дільниць (ВЧД, ВЧ).

Розрахунки економічного обґрунтування показали, що внаслідок впровадження запропонованої технології оперативного регулювання формування на ПТС можливе вивільнення робочого парку пасажирських вагонів становить 8 %, при цьому загальна економія річних експлуатаційних витрат складе 3,5 % від існуючих, собівартість одного відправленого пасажирів зменшиться на 3,47 %.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена науково-прикладна задача удосконалення роботи пасажирської технічної станції на основі технології оперативного регулювання формування, що дозволить зменшити експлуатаційні витрати за рахунок раціонального використання вагонів та одержання додаткових прибутків при організації пасажирських перевезень в дальньому та місцевому сполученнях.

1. На підставі проведеного аналізу визначено, що діюча технологія регулювання формування на ПТС не повністю враховує нерівномірність процесу формування пасажиропотоків, що призводить до невизначеності вхідної інформації та до неможливості достовірного визначення попиту пасажирів в дальньому і місцевому сполученнях. Виявлено, що існуюче інформаційне забезпечення на ПТС та пасажирського комплексу не підтримує вирішення задачі автоматизації технологічних процесів регулювання формування пасажирських поїздів в умовах оперативного планування.

2. Аналіз динаміки інтенсивності пасажиропотоків по місяцям року та окремим дням місяців за період 2004-2006 рр. свідчить про наявність коливань, що обумовлені впливом сезонного фактору, а також ефектом вихідного дня. Величина коефіцієнту варіації коливається в межах від 0,10 до 0,68 в залежності від напрямків перевезень. Паралельний аналіз величини населеності поїздів свідчить про тенденцію, коли даний показник є меншим за 80 %, що не забезпечує необхідний рівень рентабельності пасажирських перевезень та

потребує вирішення задачі раціонального використання робочого парку пасажирських вагонів в умовах нерівномірності пасажиропотоків.

3. Розроблено модель прогнозування пасажиропотоків із застосуванням методів гібридизації нечітких систем, нейронних мереж і генетичних алгоритмів, що дозволяє виконувати прогноз добового пасажиропотоку з перспективою на п'ять днів та можливістю врахування послідовності типу днів тижня відповідно до сезону року в періоді прогнозування. Доведено, що запропонований алгоритм прогнозування стійкий до неточностей вхідної інформації та забезпечує похибку не більше 3 – 4 %.

4. Запропоновано технологію оперативного регулювання составоутворення пасажирських поїздів на ПТС, якій на відміну від існуючих притаманна властивість динамічно пристосовуватись до зміни структури і параметрів пасажиропотоків. Дана технологія формалізована у вигляді комплексу моделей, що послідовно реалізують процес прогнозування пасажиропотоків, визначення регулювальних заходів відносно строків курсування пасажирських поїздів і внесення оперативних змін до схем їх формування та при необхідності з наступним розрахунком раціональної композиції составів. Гнучкість, що притаманна технології оперативного регулювання забезпечується формалізацією факторів невизначеності тенденції зміни пасажиропотоків за допомогою застосування наближених методів, заснованих на використанні нечітко-нейро-генетичного моделювання.

5. Розроблено модель розрахунку раціональної композиції составу пасажирських поїздів на основі нечіткого математичного програмування з використанням нечітких змінних у випадковому середовищі, що дозволяє забезпечити населеність поїздів не менше 80 % та в умовах зміни схеми формування поїздів комплексно врахувати доцільність переформування составу відповідно до мінімальних експлуатаційних витрат, що виникають при виконанні маневрової роботи по переформуванню на ПТС та експлуатації вагонів на напрямку курсування.

6. На підставі результатів розрахунків достатності технологічних і технічних параметрів ПТС у відповідності до обсягів їх роботи та існуючого колійного розвитку доведено можливість реалізації запропонованої технології оперативного регулювання пасажирських составів на існуючих ПТС.

7. Розроблено та впроваджено інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень оперативних працівників для оперативного регулювання составоутворення пасажирських поїздів на основі локальної комп'ютерної мережі, що функціонує в межах інформаційного середовища АСК ПП УЗ та дозволяє розширити комплекс задач на базі діючих автоматизованих робочих місць оперативних працівників дорожнього бюро по розподілу місць в пасажирських поїздах (ОДБ), пасажирської служби (Л) та пасажирських технічних станцій (ПТС).

8. Економічне обґрунтування запропонованих заходів показало, що внаслідок удосконалення роботи ПТС на основі впровадження запропонованої технології оперативного регулювання составоутворення можливе вивільнення

пасажирських вагонів, що призначено для перевезення становить 8 %, при цьому загальна економія річних експлуатаційних витрат складе 3,5 % від існуючих, собівартість одного відправленого пасажирів зменшиться на 3,47 %.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1 Бутько Т.В., Прохорченко А.В. Модель для визначення оптимального парку пасажирських вагонів в умовах змінного попиту на перевезення // Зб.наук.праць. – Харків:УкрДАЗТ,2004. – Вип.57. – С. 72-78.

2 Бутько Т.В., Ломотько Д.В., Прохорченко А.В. Розроблення моделі прогнозування пасажиропотоку на основі апарату нейронних мереж // Зб. Наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – Вип. 66. – С. 78-84.

3 Бутько Т.В., Прохорченко А.В. Розроблення адаптивної моделі поїздоутворення пасажирських составів на основі теорії нечітких множин // Зб.наук. праць. – Харків:УкрДАЗТ,2005. – Вип.68. – С.25-33.

4 Бутько Т.В., Прохорченко А.В. Застосування нейро-нечіткого моделювання в системах підтримки прийняття рішень для оперативного корегування поїздоутворенням пасажирських составів // Восточно-європейський журнал передових технологій. –Харьков, 2006. –Вип.1/2(19). – С.32-36.

5 Бутько Т.В., Прохорченко А.В. Удосконалення технології оперативного регулювання составоутворенням на пасажирських технічних станціях // Залізнич. Транспорт України. – 2006. – №4.–С. 43-45.

6 Прохорченко А.В. Удосконалення системи оперативного прогнозування пасажиропотоків на основі використання інтелектуальних технологій // Зб.наук.праць. – Харків:УкрДАЗТ, 2007. – Вип.85. – С.161-171.

## АНОТАЦІЯ

Прохорченко А.В. Удосконалення роботи пасажирської технічної станції на основі технології оперативного регулювання составоутворення. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. Українська державна академія залізничного транспорту. Харків, 2008 р.

Дисертація присвячена питанням удосконалення роботи пасажирської технічної станції на основі технології оперативного регулювання составоутворення пасажирських поїздів в межах діючого плану формування.

З цією метою в роботі розроблено систему підтримки прийняття рішень оперативного персоналу шляхом використання комплексу моделей, що дозволяють формалізувати технологію прогнозування та оперативного регулювання формування пасажирських поїздів на пасажирських технічних станціях (ПТС) в умовах зміни динаміки структури і параметрів пасажиропотоків та присутності невизначеності ситуації на транспортному ринку. Розроблені наступні моделі: модель оперативного прогнозування пасажиропотоку на основі нечітко-нейро-генетичного моделювання, що має властивості до самонавчання і забезпечує похибку меншу за 3 – 4 %; нечіткий модуль регулювання розмірів руху пасажирських поїздів та внесення оперативних змін до схем їх формування з розробкою моделі нечіткого програмування на рівні вирішення задачі розрахунку раціональної композиції складу пасажирських поїздів, що відтворює технологію роботи ПТС і забезпечує мінімальні експлуатаційні витрати.

*Ключові слова:* пасажирські перевезення, прогнозування пасажиропотоків, технологія оперативного регулювання формування, композиція складу, пасажирські технічні станції, система підтримки прийняття рішень.

## АННОТАЦІЯ

Прохорченко А.В. Совершенствование работы пассажирской технической станции на основе технологии оперативного регулирования состава образования. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 - эксплуатация и ремонт средств транспорта. Украинская государственная академия железнодорожного транспорта. Харьков, 2008 г.

Диссертация посвящена вопросам совершенствования работы пассажирской технической станции (ПТС) на основе технологии оперативного регулирования состава образования пассажирских поездов в границах действующего плана формирования.

Основой для повышения эффективности работы пассажирских технических станций в условиях изменения динамики параметров и структуры пассажиропотоков является решение задачи формирования гибкой технологии состава образования на ПТС, что позволит рационально перераспределить рабочий парк пассажирских вагонов, за счет высвобождения малонаселенных вагонов и использования их на направлениях с более мощным пассажиропотоком. Учитывая инерционность в работе ПТС предложена реализация технологии оперативного регулирования состава образования с применением методики прогнозирования пассажиропотоков на основе стратегии

управления по удаляющемуся горизонту, что дает возможность динамично приспосабливаться к пассажиропотоку с переменной во времени структурой.

С этой целью разработана гибридная модель оперативного прогнозирования пассажиропотоков на основе нечетко-нейро-генетического моделирования, что позволяет в отличие от существующих учитывать фактор последовательности дней недели в периоде прогнозирования соответственно выбранному сезону, реализует возможность самообучения и обеспечивает погрешность прогнозирования не более 3 – 4 %;

Для повышения качества оперативного планирования и автоматизации определения регулировочных мероприятий формализован процесс выработки уровней принятия решений относительно сроков курсирования пассажирских поездов и внесения оперативных изменений в схемы их формирования в виде модуля регулирования с использованием нечеткого алгоритма вывода. В модуле регулирования на уровне принятия решения по пересмотру композиции состава поезда разработана модель для расчета рациональной композиции состава пассажирских поездов на основе нечеткого программирования с использованием нечетких переменных в случайной среде. Предложенный подход относительно расчета рациональной композиции состава поездов позволяет обеспечить населенность поездов не меньше 80 % и комплексно учесть в условиях изменения схемы формирования поездов целесообразность реформирования состава в соответствии с минимальными эксплуатационными расходами, которые возникают при выполнении маневровой работы по реформированию на ПТС и эксплуатации вагонов на направлении.

В качестве удовлетворения дополнительных ограничений реализации технологии оперативного регулирования состава образования на ПТС доказана возможность реализации предложенной технологии в условиях действующих технических и технологических параметров ПТС.

Для объединения комплекса моделей, разработана система поддержки принятия решений (СППР) для оперативного регулирования состава образования пассажирских поездов на основе локальной компьютерной сети с использованием WEB-ресурсов технологического назначения. Предложенная СППР функционирует в границах информационной среды АСК ПП УЗ и реализует дополнительный комплекс задач на базе действующих автоматизированных рабочих местах оперативных работников дорожного бюро по распределению мест в пассажирских поездах (ОДБ), пассажирской службы (Л), ПТС и пассажирских вагонных депо, участков (ВЧД, ВЧ).

Экономическое обоснование показало, что за счет внедрения предложенной технологии оперативного регулирования состава образования пассажирских поездов на ПТС возможно высвобождает пассажирских вагонов предназначенных для перевозки составляет 8 %, при этом общая экономия годовых эксплуатационных расходов составит 3,5 % от существующих, себестоимость одного отправленного пассажира уменьшится на 3,47 %.

*Ключевые слова:* пассажирские перевозки, прогнозирование пассажиропотоков, технология оперативного регулирования

составообразования, композиция состава, пассажирские технические станции, система поддержки принятия решений.

## THE SUMMARY

Prohorchenko A.V. The Improvement of work of the passenger technical station on the basis of technology of the operative adjusting of forming of passenger trains – Manuscript.

The Thesis on competition degree candidate of the technical sciences. in speciality of 05.22.20 - an usage and repair of the facilities of the transport. Ukrainian State Academy of Railway Transport. Kharkov, 2008.

Dissertation is devoted to the questions of improvement of work of the passenger technical station on the basis of technology of the operative adjusting of passenger train composition within the limits of current forming plan.

To that end in work the DSS (decision support system) of operative staff is developed by the use of complex of models, which allow to formalize technology of prediction and operative adjustment of forming of passenger trains in passenger technical station in the conditions of change of dynamics of structure and parameters of passenger steams and presence of vagueness of situation at the transport market. The following models had been developed: the model of operative prediction of passenger traffic on the basis of fuzzy-neuro-genetic design, that is able to self-training and provides an error less than 3 – 4 %; fuzzy module of adjusting of the sizes of movement of passenger trains and definitions of operative changes in the circuits of their formation with development of model of the fuzzy programming at the level of decision of task of rational composition calculation of passenger trains, that reproduces technology of operation of the passenger technical station and provides minimum running expenses.

*The Keywords:* passenger transportations, prediction of passenger trains, technology of the operative adjusting of forming of passenger trains, composition of passenger train, passenger technical stations, decision support system.

**Прохорченко Андрій Володимирович**

**УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ПАСАЖИРСЬКОЇ ТЕХНІЧНОЇ СТАНЦІЇ  
НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ОПЕРАТИВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ  
СОСТАВОУТВОРЕННЯ**

**Автореферат**

Дисертація на здобуття наукового ступеню  
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

к.т.н., доцент О.А. Малахова

---

Підписано до друку “11” квітня 2008 р.  
Формат 60 x 84 1/16. Папір для множних апаратів.  
Ум. друк. арк. 0,9. Обл. – вид. арк. 1,15 Безкоштовно.  
Замовлення № 223. Тираж 100 прим.

---

Видавництво УкрДАЗТу. Свідоцтво ДК № 2874 від 12.06.2007 р.  
Друкарня УкрДАЗТу: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7