

Українська державна академія залізничного транспорту

**ЛАВРУХІН Олександр Валерійович**

УДК 656.21.02:656.222.3

**УДОСКОНАЛЕННЯ АРМ ПОЇЗНОГО ДИСПЕТЧЕРА  
З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2004

Дисертацією є рукопис

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

**Науковий керівник** - кандидат технічних наук, доцент

**Данько Микола Іванович**, Українська державна академія залізничного транспорту, ректор

**Офіційні опоненти:** - доктор технічних наук, професор

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

- кандидат технічних наук, доцент

**Яновський Петро Олександрович**, Київський університет економіки і технологій транспорту, кафедра „Організація перевезень і управління на транспорті”, завідувач кафедри, проректор

**Провідна установа**

Східноукраїнський національний університет імені В. Даля, кафедра „Транспортні технології”, Міністерство освіти і науки України, м. Луганськ

Захист відбудеться „\_11\_” \_листопада\_ 2004 р. о \_11<sup>00</sup>\_ 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 ознайомитися у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту, за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий „\_5\_” \_жовтня\_ 2004 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

Фалендиш А.П.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Вступ.** В умовах реформування економіки України та інтеграції її у Європейський союз залізничному транспорту необхідно вирішувати складні задачі адаптації для роботи в ринкових умовах і задовольняти зростаючі вимоги до якості та ефективності надання транспортних послуг.

Відповідно Концепції та Програми реструктуризації галузі, Програми інформатизації одним із напрямків підвищення ефективності перевізного процесу є удосконалення системи управління перевезеннями на основі ресурсозбереження та інформаційних технологій, впровадження автоматизації, в тому числі автоматизованих робочих місць (АРМ) оперативних та змінних працівників. Сучасні напрямки удосконалення АРМ оперативних працівників передбачають розширення функціонального складу задач, що реалізують передові технології організації перевізного процесу і, як наслідок, дозволяють зменшити експлуатаційні витрати на полігонах залізниць.

**Актуальність теми.** Останнім часом з позиції ресурсозбереження постає питання щодо зменшення одиниць транспорту при збереженні та зростанні обсягів роботи. Для раціоналізації використання вагонного парку, скорочення обігу вагона, зменшення часу простою вантажного вагона на станціях, покращення якісних та кількісних показників роботи необхідно розробляти нові та удосконалювати існуючі технології організації вагонопотоків та поїздоутворення, що можна реалізувати шляхом удосконалення АРМ оперативних працівників.

На основі аналізу роботи Ясинуватської дирекції перевезень Донецької залізниці чітко спостерігається тенденція перевищення планової потреби в вагонах від її реальної величини у середньому за 2002 рік на 2,12% (50 тисяч вагонів), а за 2003 рік – на 4,04% (80 тисяч вагонів). Цей факт свідчить про те, що необхідно зменшувати величину відхилень. З цією метою доцільно використовувати сучасні математичні методи прогнозування, які можуть враховувати нечіткість даних та можливість гнучкого пристосування до мінливих ситуацій.

Однією з основних задач удосконалення технології організації вагонопотоків та поїздоутворення є визначення достовірної та чіткої інформації про реальну потребу у вагонах кожного з підприємств, які є клієнтами залізниці. Питання планування та прогнозування виконання плану перевезень вивчено недостатньо, що ускладнює розрахунок плану формування поїздів (ПФП). При вирішенні поставленої задачі на даний момент не враховується нечіткість вхідної інформації про щомісячне виконання планів перевезень вантажів з урахуванням сезонних факторів та фактору наближення до звітної періоду. На даний момент на залізничному транспорті практично не існує систем підтримки прийняття рішень, які б могли надавати оперативному управлінському персоналу інформаційно-керуючі вказівки, основою яких є ієрархія можливих ситуацій у вигляді зрозумілих для людини термінів, тобто лінгвістичних змінних.

Синтез методів прогнозування розподілу вагонопотоків і поїздоутворення із застосуванням комплексу моделей нечіткої логіки, які будуть реалізовані у вигляді додаткового комплексу задач в

АРМ оперативного робітника, зокрема поїзного диспетчера (АРМ ДНЦ), та комплексної системи електронного обміну даними (КСЕОД), надасть можливість впроваджувати ресурсозберігаючі технології при організації вагонопотоків.

Таким чином, представлена дисертаційна робота є актуальною.

**Мета та задачі дослідження.** Мета дисертаційної роботи – вдосконалення АРМ оперативних працівників шляхом розширення комплексу функціональних задач, що забезпечують раціональний розподіл вагонопотоків і оперативне корегування ПФП на полігоні дирекції залізничних перевезень на основі моделей нечіткої логіки.

Реалізація цієї мети потребує постановки та вирішення таких основних задач:

- проведення аналізу існуючого комплексу задач, що вирішуються АРМами оперативних робітників та методів організації вагонопотоків на полігоні та їх вплив на розробку плану формування вантажних поїздів;
- розробка математичних моделей прогнозування для раціонального розподілу вагонопотоків з урахуванням факторів сезонності та наближення до звітного періоду, які враховують ситуацію невизначеності з використанням теорії нечітких множин;
- розробка нових функціональних задач для реалізації раціонального розподілу вагонопотоків на полігоні дирекції залізничних перевезень, що інтегровані до АРМ товарного касира (АРМ ТВК);
- розробка нечітких ситуаційних моделей, що дозволяють проводити оперативне корегування плану формування вантажних поїздів на основі раціонального поїздоутворення;
- розробка нових функціональних задач для підтримки прийняття раціональних рішень поїзним диспетчером, що інтегровані до АРМ ДНЦ;
- обґрунтування економічної доцільності від впровадження комплексу моделей по перерозподілу вагонопотоків на полігоні дирекції залізничних перевезень та технології поїздоутворення в умовах функціонування АРМ оперативних працівників.

**Предмет дослідження** – АРМ оперативних працівників.

**Об'єкт дослідження** – удосконалення АРМ оперативних працівників шляхом розширення комплексу функціональних задач.

**Зв'язок з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконувалася у відповідності з “Концепцією та Програмою реструктуризації залізничного транспорту України”, Закону про інформатизацію, а також з науково-дослідницькою темою “Розробка мікропроцесорної системи тренінгу основних навиків роботи та контролю поточних знань чергового по станції „Макет-тренажер ДСП”” (державний реєстраційний № 0104U007159, обліковий № 0204U006020).

**Методи дослідження.** Проведені дослідження базуються на процедурі моніторингу виконань плану перевезень вантажів з використанням теорії імовірностей та математичної статистики. Оперативне корегування вагонопотоків та плану формування поїздів базується на

принципах системного аналізу, методах прогнозування на основі теорії нечітких множин і нечіткої логіки, теорії відносин. Модель поїздоутворення базується на використанні нечіткої ситуаційної системи прийняття рішень на основі нечіткої логіки та теорії графів.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У дисертаційній роботі шляхом розробки комплексу математичних моделей нечіткої логіки вирішено наукову задачу удосконалення АРМ оперативних працівників для підтримки прийняття рішень з урахуванням нечітких ситуацій при розподілі вагонопотоків і поїздоутворенні.

- Вперше розроблена модель прогнозування розподілу вагонопотоків із використанням теорії нечітких множин в умовах полігону дирекції залізничних перевезень, що дозволяє одержувати достовірні результати при мінімізації відхилення запланованої потреби у вагонах від реального виконання протягом місяця, кварталу та року, що в моделі безпосередньо враховується ступенями симетричності, транзитивності та рефлексивності.

- Розроблено новий підхід до ідентифікації ситуацій відправлення повносоставних та повновагових поїздів із застосуванням функції приналежності терміну доставки для удосконалення технології поїздоутворення.

- Вперше на основі використання методів нечіткої логіки і лінгвістичних змінних розроблено нечітку ситуаційну систему прийняття рішення (НССПР) для оптимізації процесу поїздоутворення в умовах функціонування АРМ ДНЦ.

- Доопрацьований комплекс функціональних задач, що вирішуються на АРМ оперативних працівників шляхом інтеграції моделей прогнозування розподілу вагонопотоків та поїздоутворення на основі нечіткої логіки.

- Доопрацьовані підходи до формування системи підтримки прийняття рішень оперативних працівників, в основу яких покладені діаграми Хассе, що дозволяють організувати ієрархію можливих управлінських рішень.

#### ***Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій.***

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій обумовлена коректністю постановки та рішення задачі, тривалістю терміну спостереження (5 років), кількістю досліджених об'єктів (17 підприємств), коректністю використаного математичного апарату та адекватністю розробленої математичної моделі на основі нечіткої логіки, що підтверджено критерієм узгодженості  $\chi^2$  Пірсона.

#### ***Практичне значення отриманих результатів.***

Комплекс задач по раціональному розподілу вагонопотоків на дирекції залізничних перевезень дозволяє визначати оптимальне число вагонів для виконання плану перевезень вантажів із урахуванням роду рухомого складу. Програмне забезпечення, що реалізує нечітку ситуаційну систему прийняття рішень оперативних працівників у лінгвістичній формі по доцільності відправлення поїздів зі станції, яке дозволяє скоротити простої вагонів на технічній станції на 3,1%.

Розроблений комплекс моделей дозволяє скорегувати напрям проходження вагонів ще на першій стадії організації вагонопотоків на розрахунковий період з урахуванням реальних потреб у вагонах підприємствами, що сприяє зменшенню відхилень між запланованою і реальною потребою у вагонах підприємствами, які є клієнтами Укрзалізниці.

Розроблені моделі з прогнозу виконання плану перевезень вантажу та поїздоутворення на полігоні доповнюють комплекс задач, що вирішуються на базі автоматизованого робочого місця товарного касира (АРМ ТВК) та АРМ ДНЦ.

Запропоновані методи раціонального перерозподілу вагонопотоків на полігоні Ясинуватської дирекції дозволили вивільнити в середньому 15% робочого парку вагонів.

Розроблена технологія поїздоутворення на основі лінгвістичних змінних дозволяє підвищити надійність та якість роботи оперативного персоналу на основі надання варіантів управлінських рішень, що забезпечує зменшення експлуатаційних витрат.

Основні результати і розроблені методики по оперативному корегуванню вагонопотоків та поїздоутворення використані і впроваджені на Ясинуватській дирекції залізничних перевезень та у контрольно-навчальній лабораторії вагона-екзаменатора Донецької залізниці, а також у навчальний процес при вивченні дисципліни “Управління експлуатаційною роботою і якістю перевезень”, у дипломному проектуванні та проведенні учбово-дослідних робіт студентів.

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними актами впровадження, які наведені в додатках до роботи.

#### ***Особистий внесок здобувача.***

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

Експериментальні дослідження вагонопотоків та аналіз результатів виконано автором, розробка моделей для реалізації прогнозу виконання плану перевезень вантажу по мінімальним відхиленням і раціонального поїздоутворення та основні висновки належать дисертанту. Розроблена технологія роботи полігону дирекції залізничних перевезень в умовах реалізації розробленого комплексу математичних моделей. Впровадження результатів та розробок в інформаційне та програмне забезпечення на виробництві та у навчальний процес виконувалось за участю автора.

У співавторстві опубліковані 4 статті.

У статті [1] виконано аналіз існуючих систем організації електронного документообігу на сортувальних станціях Ясинуватської дирекції залізничних перевезень Донецької залізниці.

У статті [3] на основі нечіткої логіки та теорії нечітких множин знайдено функції приналежності для виконання прогнозу оптимальної кількості вагонів під перевезення.

У статті [4] пропонується спосіб аналізу виконання діючого плану формування вантажних поїздів з визначенням основних параметрів, які впливають на коливання вагонопотоків.

У статті [5] розглядається нечітка ситуаційна система прийняття рішення, яка розроблена для оптимізації процесу поїздоутворення.

### ***Апробація результатів дисертації.***

Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися та ухвалені на:

- 63 – 65 міжнародних науково-технічних конференціях кафедр УкрДАЗТ та працівників залізниці, 2001-2003 рр.;
- міжнародній науково-практичній конференції „Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія і управління” Київський університет економіки і технологій транспорту, 2003 р. (м. Київ);
- 7 міжнародній науково-практичній конференції „Наука і освіта”, (м. Дніпропетровськ), 2004 р.;
- міжнародній науково-практичній конференції „Сталевий розвиток міст. Міські й регіональні проблеми транспортних систем і логістики” Харківська національна академія міського господарства, (м. Харків), 2004 р.

### ***Публікації.***

Відповідно до теми дисертації опубліковано 5 наукових робіт (одна з них без співавторів) у виданнях, що затверджені ВАК України як фахові. Додатково опубліковано 2 наукових роботи.

### ***Структура та обсяг дисертації.***

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та 8 додатків.

Повний обсяг дисертаційної роботи складає 233 сторінки, з яких обсяг основного тексту 139 сторінок; додатків, списку використаних джерел, рисунків та таблиць 94 сторінки. Робота ілюстрована 39 рисунками, наведено 21 таблиця, список використаних джерел складається із 160 найменувань.

## **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** дисертації на основі аналізу комплексу функціональних задач та теоретичних розробок, що вирішуються оперативними працівниками, було виявлено, що приділяється недостатньо уваги питанням раціональної організації вагонопотоків на полігоні дирекції залізничних перевезень та оперативному корегуванню ПФП.

У розвиток теорії та практики технології перевізного процесу, а саме: організації вагонопотоків, розробки плану формування вантажних поїздів, застосування інформаційних технологій в експлуатаційній роботі, внесли великий вклад такі вчені та практики: А.А. Абрамов, В.М. Акулінічев, Є.В. Архангельський, Є.Г. Атаманенко, К.А. Бернгард, А.Ф. Бородін, В.І. Бобровський, А.В. Бикадоров, Т.В. Бутько, В.А. Буянов, В.С. Волков, Н.А. Воробйов, П.С. Грунтов, М.І. Данько, Г.І. Державець, Ю.В. Дьяков, Ю.І. Єфименко, І.В. Жуковицький, В.А. Івницький, М.Д. Іловайський, А.Д. Каретніков, В.Є. Козлов, Г.А. Кузнецов, В.М. Кулешов,

В.І.Крячко, Є.В. Нагорний, В.Я. Негрей, В.І. Некрашевич, А.К. Угрюмов, А.О. Смєхов, Є.А. Сотніков, Ф.А. Тевельов, І.Г. Тихоміров, Г.Н. Тихонов, Є.М. Тишкін, А.Д. Чернюгов, В.А. Шаров, Є.М. Шафіт, П.О. Яновський, та інші.

Аналіз попередніх досліджень, присвячених розробці наукових підходів по удосконаленню автоматизованих робочих місць в галузі організації вагонопотоків та розробки плану формування вантажних поїздів, показав, що не в повній мірі враховується нечіткість вхідної інформації, яка є базовою для розробки ПФП, а саме – плани перевезення вантажів. Усі існуючі методи розробки ПФП ґрунтуються на постійності потужностей технічних засобів та інтенсивностей відправлення вантажів зі станцій, що в сучасних умовах транспортного ринку неповністю враховує реальну потребу у вагонах для вантажовідправників протягом доби та місяця. Крім того, при організації вагонопотоків недостатньо відображений вплив таких чинників як: людський фактор, фактор наближення до звітного періоду та фактор сезонності, про що свідчить аналіз виконання плану перевезень вантажів.

У теперішній час формування та відправлення вантажних поїздів зі станцій формування як на Україні, так і на станціях залізниць СНД, здійснюється з жорстким дотриманням існуючого ПФП. Для виконання терміну доставки вантажу та покращення експлуатаційних показників доцільно застосовувати гнучкі технології поїздутворення, в тому числі оперативне корегування ПФП на базі АРМ ДНЦ. Сучасним інструментом для реалізації раціонального розподілу вагонопотоків на полігоні дирекції залізничних перевезень, що відповідає реальним потребам підприємств у вагонах і оперативного корегування ПФП, є відповідно методи прогнозування на основі нечітких множин і нечіткої логіки. Впровадження цих моделей як нових функціональних задач до АРМ ДНЦ та АРМ ТВК дозволить знайти розумний компроміс між інтересами залізниць та інтересами клієнтів, що робить поставлену наукову задачу актуальною.

**В другому розділі** розроблена математична модель прогнозування потрібної кількості вагонів для виконання перевезень вантажів в умовах полігону дирекції залізничних перевезень.

Для розв'язання задачі мінімізації відхилень плану перевезень у вагонах від реальної потреби для оперативного корегування вагонопотоків необхідне дотримання умови:

$$\begin{aligned} \Delta x(V, P) &\rightarrow \min, \\ \Delta x &= V - P, \quad \Pi \rightarrow V, \end{aligned} \tag{1}$$

де  $P$  – множина планової потреби, елементами якої  $p$  є щомісячна запланована кількість вагонів під перевезення, ваг.;

$V$  – множина реального виконання обсягу перевезень, елементами якої є щомісячна реальна кількість вагонів під перевезення, ваг.;

$\Pi$  – множина прогнозного значення планової потреби, елементами якої є щомісячні прогнозні значення запланованої кількості вагонів під перевезення, ваг.



Для безпосереднього здійснення прогнозу визначена підмножина  $\tilde{A}$  множини  $P$  з такими властивостями:

$$\tilde{A} = \{ \langle \mu_A(p) / p \rangle \}, \text{ де } p \in P, \mu_A(p) \in [0;1], \quad (2)$$

де -  $\mu_A : P \rightarrow [0;1]$  - функція приналежності нечіткої множини  $\tilde{A}$ , а  $P$  – базова множина.

Для кожного конкретного  $p \in P$  величина  $\mu_A(p)$  приймає певне значення із замкнутого інтервалу  $[0;1]$ , яка є ступенем приналежності елемента нечіткій множині  $\tilde{A}$ .

На основі аналізу наданих планів потреби у вагонах передбачається дотримання умови:

$$\mu_A(p) = \begin{cases} (p) > (p_{\max}), \mu_A(p) = p_{\max} / p \\ (p) < (p_{\min}), \mu_A(p) = p / p_{\min} \end{cases}, \quad (3)$$

де  $p_{\min}, p_{\max}$  – відповідно мінімальне та максимальне значення планової потреби у вагонах за розглянутий період, ваг.

Для знаходження ступеня узагальненості нових поточних даних та знаходження ступеня приналежності доцільності прогнозування одержано наступний вираз:

$$\mu(\tilde{A}) = \mu_A(p_1) \& \mu_A(p_2) \& \dots \& \mu_A(p_n) = \&_{p \in P} \mu_A(p), \quad (4)$$

де  $\mu_A(p_1), \mu_A(p_2), \dots, \mu_A(p_n)$  – значення функцій приналежності плану на перевезення вантажу.

Оскільки умовою здійснення прогнозу є приналежність нового поточного числа плану потреби у вагонах  $P \in [p_{\min}; p_{\max}]$  при  $\mu_A(p) = 1$  (рис.1), то вираз (4) приймає вигляд:

$$\mu(\tilde{A}) = \mu_A(p) \& \mu_A(p') \Rightarrow \min(1, p / p'), \quad (5)$$

$$p = p_{\min} \vee p_{\max},$$

де  $p'$  – нове поточне значення реальної потреби у вагонах, ваг.

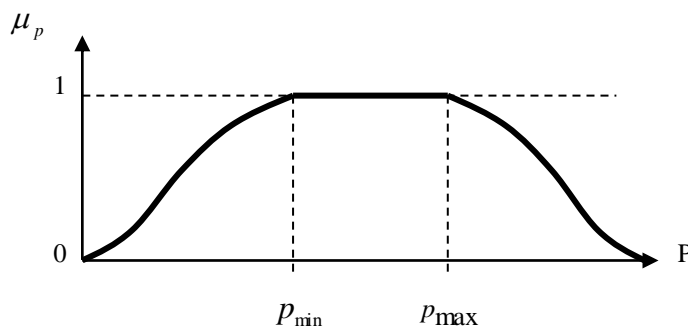


Рис.1. Функція приналежності, яка відповідає за доцільність прогнозування

Детальний аналіз ситуації, при якій реальна потреба у вагонах перевищує план перевезень у вагонах, базується на побудові та аналізі нечіткого дводольного графу  $\tilde{K}(H) = (P \cup V, \tilde{X})$ , який є кеніговим представленням нечіткого графу  $H = (P, V, \tilde{T})$ , де  $P = \{p_i\}$  ( $i \in I = \{1, 2, \dots, n\}$ ) – множина вершин (план потреби у вагонах),  $V = \{v_j\}$  ( $j \in J = \{1, 2, \dots, m\}$ ) – множина ребер,  $\tilde{X}, \tilde{T}$  – нечіткі графіки нечіткого співвідношення  $P$  та  $V$ :

$$\tilde{X} = \{x = \langle \mu_s(p, v) / (p, v) \rangle, p \in P \& v \in V \& \langle \mu_s(p, v) / (p, v) \rangle \in F(\tilde{T})\}. \quad (6)$$

Для аналізу існуючих відношень між значеннями відхилень плану потреби у вагонах від реальної кількості вагонів протягом обраного тримісячного інтервалу та виявлення обмежень для здійснення прогнозу необхідно знайти ступінь еквівалентності  $\eta(\tilde{\varphi})_i$  кожного з відношень  $\tilde{\varphi}_1, \tilde{\varphi}_2, \tilde{\varphi}_3, \tilde{\varphi}_4$ , де  $\tilde{\varphi}_i$  ( $i = 1, 4$ ) – поквартальне відхилення (відношення) протягом року.

$$\eta(\tilde{\varphi}) = \alpha(\tilde{\varphi})_{ref} \& \alpha(\tilde{\varphi})_{sym} \& \alpha(\tilde{\varphi})_{tr}, \quad (7)$$

де  $\alpha(\tilde{\varphi})_{ref}, \alpha(\tilde{\varphi})_{sym}, \alpha(\tilde{\varphi})_{tr}$  – відповідно ступінь рефлексивності, симетричності, транзитивності.

Ступінь рефлексивності – це величина, яка відповідає за глибину інтервалу дослідження відхилень плану перевезень у вагонах від реального виконання.

$$\alpha(\tilde{\varphi})_{ref} = \&_{x \in X} \mu_{\tilde{F}} \langle x, x \rangle, \quad (8)$$

де  $x$  – значення процентного відхилення потреби у вагонах від виконання за місяць з урахуванням глибини дослідження.

Відповідно теорії нечітких множин відношення  $\tilde{\varphi}$  є нечітко рефлексивним при  $\alpha(\tilde{\varphi})_{ref} \geq 0.5$ ; відношення  $\tilde{\varphi}$  є нечітко нерефлексивним при  $\alpha(\tilde{\varphi})_{ref} \leq 0.5$ ; при  $\alpha(\tilde{\varphi})_{ref} = 0.5$  відношення  $\tilde{\varphi}$  є рефлексивно індиферентним.

Ступінь симетричності  $\alpha(\tilde{\varphi})_{sym}$  враховує при прогнозуванні поступовий зв'язок між упорядкованими вершинами графу – щомісячної потреби у вагонах протягом кожного кварталу.

$$\alpha(\tilde{\varphi})_{sym} = \&_{\substack{x, y \in X \\ x \neq y}} (\mu_F \langle x, y \rangle \rightarrow \mu_F \langle y, x \rangle), \quad (9)$$

де  $x, y$  – значення процентного відхилення потреби у вагонах від виконання при послідовній залежності між місяцями кварталу.

Відношення  $\tilde{\varphi}$  є нечітко симетричним при  $\alpha(\tilde{\varphi})_{sym} \geq 0.5$ ; нечітко несиметричним при  $\alpha(\tilde{\varphi})_{sym} \leq 0.5$ ; симетрично індиферентним при  $\alpha(\tilde{\varphi})_{sym} = 0.5$ .

Ступінь транзитивності  $\alpha(\tilde{\varphi})_{tr}$  при виконанні прогнозу відхилення планової потреби у вагонах від реальної відповідає за стійкість відношення, що досліджується, шляхом визначення неупорядкованих зв'язків:

$$\alpha(\tilde{\varphi})_{tr} = \bigwedge_{\substack{x, y, z \in X \\ x \neq y, y \neq z, x \neq z}} ((V(\mu_F \langle x, y \rangle \& \mu_F \langle y, z \rangle)) \rightarrow \mu_F \langle x, z \rangle), \quad (10)$$

де  $x, y, z$  – відповідно відхилення за 1, 2, 3 місяць кварталу.

На підставі ступенів еквівалентності для  $\tilde{\varphi}_1, \tilde{\varphi}_2, \tilde{\varphi}_3, \tilde{\varphi}_4$  необхідно знайти ступінь узагальненості ступенів еквівалентності для кожного з відношень, який характеризує доцільність визначення взаємозалежностей відхилень плану перевезення у вагонах від його реального виконання.

$$\eta(\tilde{\varphi}) = \eta(\tilde{\varphi}_1) \& \eta(\tilde{\varphi}_2) \& \eta(\tilde{\varphi}_3) \& \eta(\tilde{\varphi}_4). \quad (11)$$

При  $\eta(\tilde{\varphi}) \geq 0.5$  відносини еквівалентні, тобто відхилення мають розсіювання в межах від 10% до 30%, а точність прогнозування не менше потрібної;

при  $\eta(\tilde{\varphi}) = 0.5$  відносини індиферентні;

при  $\eta(\tilde{\varphi}) \leq 0.5$  відносини нееквівалентні, тобто відхилення невзаємозалежні і прогнозування повинно виконуватися за обраним варіантом з високим ступенем впевненості.

Для підвищення точності прогнозування відхилень планової потреби у вагонах від реального виконання сформовано нечітку підмножину  $\tilde{W}$  множини  $C$  – множина відхилень запланованої кількості вагонів від реальної потреби у відсотках протягом інтервалу, що досліджується, елементами якої є  $c$  – щомісячні відхилення.

$$\tilde{W} = \{\{\mu_w(c)/c\}\}, \text{ де } c \in C, \mu_w(c) \in [0;1]. \quad (12)$$

Ступінь приналежності  $\mu_w(c)$   $\tilde{W}$  інтерпретується як міра того, наскільки елемент  $c \in C$  відповідає поняттю, сенс якого формалізується нечіткою множиною  $\tilde{W}$ , а саме наскільки відхилення планової потреби у вагонах від реальної відповідають значенням функції приналежності  $\mu_w(c) \in [0,1]$ .

Побудова функції приналежності при прогнозуванні відсоткових відхилень плану перевезення вантажів від його виконання базується на дотриманні умови:

$$\sup_{c \in C} \mu_w(c) = 1. \quad (13)$$

Ступінь впевненості надання заданої кількості вагонів клієнтам Укрзалізниці обумовлена значеннями функції приналежності  $\mu_w(c)$ , рис. 2.

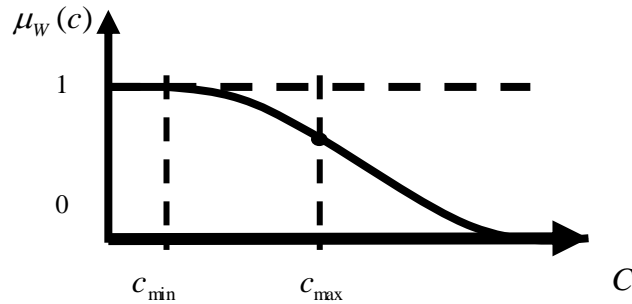


Рис. 2. Функція приналежності  $\mu_w(c)$

Функція приналежності  $\mu_w(c)$  дає можливість одержувати прогностні значення із заданими рівнями впевненості. Остаточний варіант прогностних значень обирає людина, яка приймає рішення (ЛПР), в даному випадку – товарний касир.

З метою перевірки розроблених моделей прогнозування на адекватність на основі статистичних спостережень були отримані закони розподілу випадкової величини  $c$  відсоткових відхилень запланованої кількості вагонів від реальної та перевірені за допомогою критерію узгодженості  $\chi^2$  Пірсона. При цьому одержані наступні закони розподілу:

$$f(c) = \begin{cases} 0, & \text{при } c \leq 0 \\ (2 \cdot \mu)^2 \cdot c \cdot \exp(-2 \cdot \mu \cdot c), & \text{при } c > 0 \end{cases}, \quad (14)$$

$$f(c) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(c-m_c)^2}{2\sigma^2}}. \quad (15)$$

При виконанні прогнозу в межах  $\mu_w(c) \in [0,6;0,9]$  (при перебільшенні виконання реальної потреби у вагонах від запланованої)  $\chi_{набл}^2 < \chi_{кр}^2 \Rightarrow 6.51 < 7.8$ ; (при перебільшенні запланованої кількості вагонів у порівнянні з реальним виконанням)  $\chi_{набл}^2 < \chi_{кр}^2 \Rightarrow 6.5 < 7.8$ ; (при відсутності односторонніх відхилень плану перевезення у вагонах від реального виконання)  $\chi_{набл}^2 < \chi_{кр}^2 \Rightarrow 5.30 < 7.8$ .

При використанні запропонованих моделей прогнозування розподілу вагонопотоків при  $\mu_w(c) \in [0,6;0,9]$  відбувається економія вагонів під перевезення в межах 15% від загальної кількості вагонів, які використовуються для виконання плану перевезення вантажів. Ці вагони доцільно надавати для забезпечення додаткового плану перевезень.

**У третьому розділі** розроблені моделі аналізу виконання плану перевезення вантажів і плану формування вантажних поїздів з метою визначення подальшої стратегії оперативного корегування вагопотоків та розрахунку завантаженості основних елементів станцій полігону дирекції залізничних перевезень. Сформовано гнучку модель поїздоутворення на основі нечіткої ситуаційної системи прийняття рішення.

Аналіз виконання плану формування вантажних поїздів ґрунтується на визначенні ступеня зв'язаності щомісячного відправлення вагонів зі станції при організації їх в тримісячні інтервали з урахуванням добової, декадної та кварталної нерівномірності відправлення вагонів зі станції.

Для врахування факторів сезонності та наближення до звітнього періоду доцільно поетапно оцінити ступінь зв'язаності між кількістю відправлених вагонів щодакдно протягом місяця та щомісячно протягом року. Ступінь зв'язаності буде виходити зі ступеня зв'язаності окремих тримісячних інтервалів. Для цього знайдено та проаналізовано ступені зв'язаності між декадами місяця та місяцями року. Для базової множини  $B$ , яка є щодобовою кількістю відправлених вагонів протягом місяця, визначена підмножина  $\tilde{E}$ :

$$\tilde{E} = \left\{ \left\langle \mu_E(b_i, b_{i+1}) / (b_i, b_{i+1}) \right\rangle \right\}, \quad \text{де } b_i \in B, \quad \mu_E \in [0;1]. \quad (16)$$

Для візуалізації знаходження ступеня зв'язаності побудовано граф співвідношень  $\tilde{\mathcal{G}}_j$  між кількістю вагонів відправлених за декади місяця, де  $j = \{1,2,3,4\}$  (рис. 3).

Оцінка ступеня зв'язаності відношення  $\tilde{\mathcal{G}}_j$  виконується за формулою:

$$\alpha(\tilde{\mathcal{G}}_j)_{con} = \&_{\substack{b_i, b_{i+1} \in B \\ b_i \neq b_{i+1}}} (\mu_E \langle b_i, b_{i+1} \rangle \vee \mu_E \langle b_{i+1}, b_i \rangle). \quad (17)$$

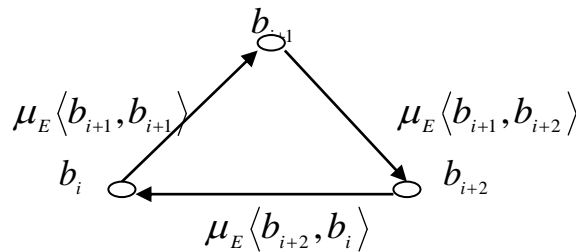


Рис. 3. Граф співвідношень  $\tilde{\mathcal{G}}_j$

Оцінка ступеня зв'язаності відправлення вагонів за рік  $\alpha(\tilde{\mathcal{G}})_{con}$  основана на виконанні операції кон'юнкції ступенів зв'язаності:

$$\alpha(\tilde{\mathcal{G}})_{con} = \& \alpha(\tilde{\mathcal{G}}_j)_{con}. \quad (18)$$

Після аналізу одержаних результатів необхідно обрати стратегію подальших дій поїзного диспетчера. При одержанні  $\alpha(\tilde{\mathcal{G}})_{con} \geq 0.5$  доцільним є побудувати функцію приналежності  $\mu_E(b)$ , яка буде характеризувати ступінь впевненості прийняття рішення про вибір повної кількості вагонів, відправлених зі станції протягом місяця для кожного призначення плану формування поїздів, рис. 4.

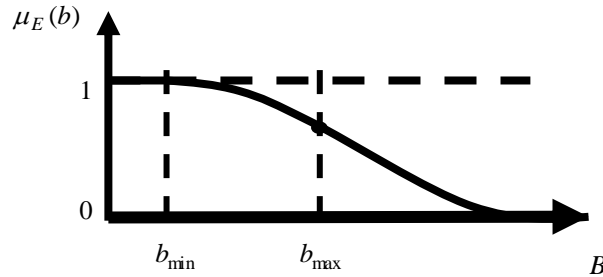


Рис. 4. Функція приналежності  $\mu_E(b)$

На основі аналізу функції приналежності  $\mu_E(b)$ , якщо  $\mu_E(b_{min}) = 1$ , доцільно приймати рішення про відправлення вагонів зі станції.

Побудова НССП базується на визначенні ознак ситуацій:

$$\tilde{s} = \left\{ \left\langle \left\langle \mu_{\mu_s(y_1)}(T_1^1) / \text{поїзд} \right\rangle, \left\langle \mu_{\mu_s(y_1)}(T_2^1) / \text{група вагонів} \right\rangle / \text{"Повносоставність"} \right\rangle, \left\langle \left\langle \mu_{\mu_s(y_2)}(T_1^2) / \text{поїзд} \right\rangle, \left\langle \mu_{\mu_s(y_2)}(T_2^2) / \text{група вагонів} \right\rangle / \text{"Повноваговість"} \right\rangle, \left\langle \left\langle \mu_{\mu_s(y_3)}(T_1^3) / \text{вчасно} \right\rangle, \left\langle \mu_{\mu_s(y_3)}(T_2^3) / \text{прострочено} \right\rangle / \text{"Термін доставки"} \right\rangle \}.$$

Ідентифікація вхідних ситуацій базується на порівнянні зі всіма типовими ситуаціями, які знаходяться у вирішальній таблиці. Для цього визначається типова нечітка ситуація найбільш близька до вхідної нечіткої ситуації на основі оцінки ступеня включення. Для визначення поточного стану об'єкту управління нечітка ситуація  $\tilde{s}_0$  порівнюється з кожною нечіткою ситуацією вирішальної таблиці типових нечітких ситуацій  $S = \{\tilde{s}_1, \tilde{s}_2, \dots, \tilde{s}_N\}$ . Мірою якості при визначенні ступеня близькості нечіткої ситуації  $\tilde{s}_0$  нечіткій ситуації  $\tilde{s}_i \in S$  ( $i \in K = \{1, 2, \dots, N\}$ ) можуть бути: ступінь нечіткого включення нечіткої ситуації  $\tilde{s}_0$  у нечітку ситуацію  $\tilde{s}_i$ ; ступінь нечіткої рівності  $\tilde{s}_0$  та  $\tilde{s}_i$ ; ступінь нечіткої спільності.

Відносно вищезазначеного, ступінь включення нечіткої ситуації  $\tilde{s}_0$  в ситуацію  $\tilde{s}_i$   $v(\tilde{s}_0, \tilde{s}_i)$  визначається виразом:

$$v(\tilde{s}_0, \tilde{s}_i) = \&_{y \in Y} v(\mu_{s_0}(y), \mu_{s_i}(y)). \quad (19)$$

Величина  $\nu(\mu_{s_0}(y), \mu_{s_i}(y))$  визначається як:

$$\nu(\mu_{s_0}(y), \mu_{s_i}(y)) = \&_{y \in Y} (\mu_{\mu_{s_0}(y)}(y) \rightarrow \mu_{\mu_{s_i}(y)}(y)), \quad (20)$$

і характеризує ступінь включення нечіткої множини  $\mu_{s_0}(y)$  в нечітку множину  $\mu_{s_i}(y)$ .

Для підвищення рівня впевненості прийняття рішення оперативним персоналом по відправленню поїздів зі станції прийнято, що ситуація  $\tilde{s}_0$  нечітко включається в ситуацію  $\tilde{s}_i$ , якщо ступінь включення  $\tilde{s}_0$  в  $\tilde{s}_i$  не менше порога включення  $i_{inc} \in [0.6; 1]$ . Таким чином, ситуація  $\tilde{s}_0$  нечітко включається в ситуацію  $\tilde{s}_i$ , якщо нечіткі значення ознак ситуації  $\tilde{s}_0$  нечітко включаються в нечіткі значення відповідних ознак ситуації  $\tilde{s}_i$ .

Для ідентифікації ситуацій побудовано зважений граф  $\tilde{G}_{\delta_i}$ , який відображає ступінь включення ситуацій і є основою для формування діаграми Хассе  $H(\tilde{G})_{\delta_i}$ .

Побудована ієрархія типових ситуацій на  $H(\tilde{G})_{\delta_i}$  використана для ідентифікації вхідної ситуації  $\tilde{s}_0$  методом направлено пошуку ситуації  $\tilde{s}_i \in S$ , такої що:

$$\tilde{s}_0 \subseteq \tilde{s}_i \text{ та } (\forall \tilde{s}_j \in S) ((\tilde{s}_j \subseteq \tilde{s}_i) \rightarrow (\tilde{s}_0 \not\subseteq \tilde{s}_j)). \quad (21)$$

Застосування НССПР надає змоги диспетчерському персоналу одержувати оперативні вказівки щодо ситуації оптимального поїздоутворення. Розроблена модель реалізована у вигляді програмного продукту під управлінням системи управління базами даних (СУБД) Oracle або Access, що сприяє подальшому удосконаленню процесу перевезень вантажів в умовах полігону дирекції залізничних перевезень з можливістю розширення на мережу Укрзалізниці.

**У четвертому розділі** представлена інтеграція розробленого комплексу моделей до КСЕОД та АРМ ДНЦ, яка дозволяє удосконалити процес обробки оперативної інформації щодо організації вагонопотоків та поїздоутворення на полігоні дирекції залізничних перевезень. Це сприяє поліпшенню системи оперативного корегування транспортних подій та управління процесом перевезення, автоматизації прогнозування наближених значень виконання плану перевезень на розрахунковий період, оперативному корегуванню плану формування поїздів, оперативному наданню вказівок стосовно поїздоутворення на підставі застосування НССПР.

Економічне обґрунтування інтеграції розробленого комплексу моделей, в основу яких покладені принципи теорії нечітких множин та нечіткої логіки, до вищезазначених систем показало можливість 15%-го вивільнення вагонів, призначених під план перевезення. Це дозволило отримати додаткове скорочення експлуатаційних витрат за рахунок: економії від скорочення простою вагонів на одній технічній станції на 3,1%, економії від скорочення простою вагонів під однією вантажною операцією на 2,9%, економії від скорочення простою вагонів на під'їзних коліях підприємств на

3,12%, економії від скорочення повного рейсу вагонів на 5,1%, що, в свою чергу, сприяє зменшенню обігу вагона. Загальна середня економія на підприємствах Ясинуватської дирекції, що досліджувалися, склала 239 112 грн/рік, одержана економія від надання вивільнених вагонів під додатковий план у розмірі 307 500 грн/рік.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі комплексно з єдиних методологічних позицій теорії нечітких множин і нечіткої логіки вирішено наукову задачу удосконалення АРМ оперативних працівників і зокрема АРМ ДНЦ на основі надання додаткових можливостей при організації процесу поїздоутворення та прогнозування розподілу вагонів між клієнтами дирекції залізничних перевезень. Розроблений для цього комплекс моделей, що поширює склад задач з управління експлуатаційною роботою залізниць, дозволяє зменшити відхилення запланованої кількості вагонів від їх реальної потреби і реалізувати економічно-обґрунтовану технологію оперативного корегування ПФП на базі НССПР.

Автором отримані наступні основні результати:

1. Аналіз функціонального складу задач і методів організації вагонопотоків та розробки плану формування вантажних поїздів показав, що не в повній мірі враховується ряд таких чинників як: сезонна нерівномірність потрібної кількості вагонів, наближення до звітного періоду, термін доставки вантажу. Наслідком цього є значна величина відхилень планової потреби у вагонах від реальної, що в умовах Донецької залізниці у 2002 році складає нестачу вагонів під план перевезення 2,12% (50 тисяч вагонів), а у 2003 році – 4,04% (80 тисяч вагонів). Крім того, розробка ПФП базується на постійності потужності станційних пристроїв та вагонопотоків і невраховує наявність динамічних змін протягом доби, декади, місяця, року. Як наслідок, існуючі підходи щодо розробки ПФП не в повній мірі забезпечують функціонування залізниць в умовах транспортного ринку (не достатньо орієнтовані на потреби клієнтів залізничного транспорту, а саме своєчасність доставки вантажів), що впливає на виконання основних показників роботи, таких як: обіг вагону, простій вагону на технічних станціях, простій вагона під вантажними операціями, пробіг вагонів. Теоретичною основою, що дозволяє врахувати зазначені фактори, є методи нечіткої логіки, на підставі яких доцільно виконувати прогнозування потрібної кількості вагонів під перевезення вантажу і реалізувати оперативне корегування ПФП на базі АРМ ДНЦ та інших оперативних працівників.
2. На основі розробленого комплексу математичних моделей прогнозування, які базуються на знаходженні функцій приналежності відхилення плану перевезень вантажу від реального виконання, одержано можливість раціонального розподілу вагонопотоків з урахуванням факторів сезонності та наближення до звітного періоду. Це, в свою чергу, робить можливим врахувати ситуацію невизначеності, яка виникає при складанні плану відправлення вантажу. Використання



основних положень теорії нечітких множин дає можливість удосконалити технологію організації вагонопотоків на полігоні дирекції залізничних перевезень шляхом раціонального перерозподілу вагонопотоків на початку планового періоду. Прогнозні значення відхилення плану перевезення вантажів від реального виконання необхідно обирати згідно розроблених функцій приналежності з інтервалу  $\mu_w(c) \in [0,6;0,9]$ , що відповідає заданому інтервалу довіри.

3. Для розширення функціонального складу задач, що вирішує АРМ ТВК, запропонована модель прогнозування. На основі розрахунку ступеня еквівалентності відношень відхилення запланованої кількості у вагонах від реальної, яка базується на визначенні ступенів симетричності, транзитивності та рефлексивності одержана можливість виконання прогнозу з урахуванням глибини дослідження та взаємозалежностей між місяцями року. Це призводить до підвищення точності прогнозування розподілу вагонопотоків, в наслідок чого можна вивільнити близько 15% парку вагонів для виконання додаткового плану перевезень.

4. Розроблені нечіткі ситуаційні моделі дозволяють реалізувати НССПР. Вони є основою для реалізації раціонального поїздоутворення і надають можливість оперативному персоналу дирекції залізничних перевезень, пов'язаному з формуванням поїздів, а саме поїзним диспетчерам, надавати обґрунтовані оперативні вказівки щодо поїздоутворення на основі варіантів прийняття рішень у зрозумілій лінгвістичній формі. Розроблена модель базується на ідентифікації ознак вхідної ситуації з еталонними ситуаціями згідно ієрархії діаграми Хассе. В якості ознак ситуацій обрані такі: повноскладність та повноваговість, а також термін доставки. Розглянуті ознаки дозволяють визначити оптимальний склад поїзду, враховуючи інтереси як залізниці, так і вантажовласника, що сприяє оперативному корегуванню плану формування поїздів.

5. Завдяки розробленому та впровадженому в АРМ ДНЦ ряду функціональних задач щодо оперативного корегування ПФП, які в свою чергу базуються на визначенні та ідентифікації вхідних ситуацій оперативного поїзного положення на станції формування, стає можливим підвищити якість перевізного процесу в області поїздоутворення завдяки мінімізації часу простою вагонів на станції під накопиченням та своєчасної доставки вантажів.

6. Економічне обґрунтування впровадження додаткового комплексу задач до АРМ ДНЦ та АРМ ТВК показало можливість 15%-го вивільнення вагонів, призначених під план перевезення. Це дозволило отримати додаткове скорочення експлуатаційних витрат за рахунок: економії від скорочення простою вагонів на одній технічній станції на 3,1%, економії від скорочення простою вагонів під однією вантажною операцією на 2,9%, економії від скорочення простою вагонів на під'їзних коліях підприємств на 3,12%, економії від скорочення повного рейсу вагонів на 5,1%, що в свою чергу сприяє зменшенню обігу вагона. Загальна середня економія по розглянутим підприємствам Ясинуватської дирекції склала 239 112 грн/рік, одержана економія від надання вивільнених вагонів під додатковий план – 307 500 грн/рік.

8. Запропоновані рішення рекомендовані для впровадження при виконанні оперативного корегування вагонопотоків та при поїздоутворенні на Ясинуватській дирекції перевезень Донецької залізниці.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Бутько Т.В., Лаврухін О.В. Організація електронного документообігу на сортувальній станції // Зб. наук. праць. – Х: ХарДАЗТ, 2002. – Вип. № 49. – С. 125 – 130.

2. Лаврухін О.В. Удосконалення управління перевізним процесом на основі теорії нечітких множин // Зб. наук. праць. – Х: ХарДАЗТ, 2003. – Вип. № 53. – С. 78 – 82.

3. Бутько Т.В., Лаврухін О.В. Планування перевезень вантажу на основі раціональної організації вагонопотоків на залізниці із застосуванням теорії нечітких множин // Східно-Європейський журнал передових технологій 2004. – Спецвипуск 7 [1]. – С. 16 - 19.

4. Данько М.І., Лаврухін О.В. Прогнозування розподілу вагонопотоків на основі теорії нечітких множин // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків, 2004. – Вип. № 2. – С. 80 – 83.

5. Бутько Т.В., Лаврухін О.В. Модель поїздоутворення на основі ситуаційної системи прийняття рішення // Східно-Європейський журнал передових технологій 2004. – 3 [9]. – С. 30 – 33.

### **ДОДАТКОВО МАТЕРІАЛИ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ ВИКЛАДЕНІ В ПРАЦЯХ**

6. Лаврухін О.В. Знаходження функції належності факторів впливу планової потреби у вагонах // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління: Тези доповідей першої наук.-практ. конф. – К.: КУЕТТ, 2003. – С. 102.

7. Лаврухін О.В. Залізнична станція як об'єкт для оперативного корегування плану формування поїздів // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції „Наука і освіта 2004”. Том 62. Технічні науки. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2004. – С. 84.

### **АНОТАЦІЯ**

Лаврухін О.В. Удосконалення АРМ поїзного диспетчера з використанням нечіткої логіки. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту; Українська державна академія залізничного транспорту; Харків, 2004 р.

Дисертація присвячена питанням удосконалення АРМ оперативних працівників за рахунок розширення функціонального складу задач в області організації вагонопотоків та поїздоутворення. Основу додаткового комплексу задач становлять моделі нечіткої логіки, які забезпечують вирішення питань прогнозування розподілу вагонопотоків на полігоні дирекції залізничних перевезень та раціонального поїздоутворення. Перевагами розроблених моделей прогнозування є можливість враховувати місячні, квартальні та річні відхилення при розподілі вагонопотоків за допомогою відношень симетричності, транзитивності та рефлексивності. З метою підвищення швидкості реагування на оперативну ситуацію розроблена модель, інтегрована до АРМ ТВК.

Для вирішення додаткових задач оперативного корегування ПФП розроблена НССПР, в основу якої покладені моделі нечіткої логіки, що оперують з лінгвістичними змінними. Реалізація моделей раціонального поїздоутворення відбувається на АРМ ДНЦ.

Ключові слова: АРМ ДНЦ, АРМ ТВК, організація вагонопотоків, оперативне корегування плану формування вантажних поїздів, моделі нечіткої логіки, функція приналежності.

## АННОТАЦИЯ

Лаврухин А.В. Усовершенствование АРМ поездного диспетчера с использованием нечёткой логики. – Рукопись.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта; Украинская государственная академия железнодорожного транспорта; Харьков, 2004 г.

Диссертация посвящена вопросам совершенствования автоматизированных рабочих мест (АРМ) оперативных работников за счёт расширения функционального состава задач в области организации вагонопотоков и поездообразования на основе моделей прогнозирования требуемого числа вагонов с использованием методов нечёткой логики. В отличие от существующих, разработанная модель прогнозирования позволяет минимизировать отклонения реальной потребности в вагонах от запланированной по каждому предприятию с учётом рода груза, что в свою очередь является основой для оперативной корректировки плана формирования поездов. В работе, 17 предприятий, которые являются клиентами Донецкой железной дороги, в течении 5 лет исследованы планы перевозок грузов и их выполнения, а также отклонение планов от выполнения. Выявлено, что основная часть планов перевозок грузов не соответствует их реальному выполнению.

Месячная, квартальная и годовая неравномерность учтены в модели посредством степеней симметричности, транзитивности и рефлексивности. Эти степени соответственно отвечают за устойчивость исследуемых межмесячных отклонений при определении неупорядоченных связей, за устойчивость связей между упорядоченными вершинами графа ежемесячной потребности в вагонах, а также за глубину интервала исследованных отклонений запланированного числа вагонов

от реального выполнения. В основу разработанной модели положен принцип учёта факторов сезонности и приближения к отчётному периоду, что даёт возможность получения минимальных отклонений запланированного числа вагонов от реального. Дополнительно учтено влияние эксплуатационных факторов, благодаря чему разработанная модель позволяет оценивать выбор того или иного варианта выполнения плана перевозки грузов не только с технической, но и с экономической позиции, что делает её более эффективной для принятия обоснованных решений связанных с предоставлением оптимального числа вагонов клиентам с учётом интересов железной дороги. Согласно полученным результатам построены функции принадлежности процентных отклонений плановых потребностей в вагонах от реального выполнения, на основании которых товарный кассир с заданным уровнем уверенности выбирает вариант выполнения плана перевозки. Спрогнозированные значения рекомендовано выбирать согласно специально разработанным функциям принадлежности из заданного интервала доверия  $\mu_w(c) \in [0,6;0,9]$ . Для реализации модели прогнозирования, разработан программный продукт, внедрение которого предлагается на автоматизированном рабочем месте товарного кассира (АРМ ТВК) в рамках комплексной системы электронного обмена данными (КСЭОД). Данная разработка отвечает принципам ресурсосбережения за счёт рационализации перевозочного процесса путем осуществления большего объема перевозок меньшим числом вагонов.

Процесс поездообразования на станциях дирекции железнодорожных перевозок реализован на основе нечёткой ситуационной системы принятия решений (НССПР), с использованием лингвистических переменных, которая базируется на сравнении однородных признаков входящей и типовой ситуации. В качестве признаков выбраны следующие: полновесность, полносоставность и срок доставки. Это дало возможность сократить множество возможных вариантов решений, принимаемых поездным диспетчером, путём концентрации их вокруг оптимального варианта отправления поезда со станции формирования с учётом действующего ПФП. С этой целью формализована модель, позволяющая осуществлять оперативную корректировку плана формирования поездов и вагонопотоков на основе спрогнозированных значений отклонения запланированного числа вагонов от реального выполнения плана, которая в свою очередь служит основой для реализации нечёткой ситуационной системы принятия решений для оптимального поездообразования.

НССПР базируется на идентификации входящих ситуаций, а выбор рациональных управляющих решений ДНЦ происходит на основе диаграммы иерархии Хассе. С целью повышения скорости реагирования на оперативную ситуацию связанную с корректированием ПФП разработанная модель интегрирована в АРМ ДНЦ.

Экономическое обоснование показало, что за счёт интеграция разработанного дополнительного комплекса задач на основе методов нечёткой логики в АРМ ДНЦ и АРМ ТВК, возможность 15%-го высвобождения вагонов, предназначенных под план перевозок. Это позволило получить дополнительное сокращение эксплуатационных затрат за счёт: экономии от сокращения

простоя вагонов на одной технической станции на 3,1%, экономии от сокращения простоя вагонов под одной грузовой операцией на 2,9%, экономии от сокращения простоя вагонов на подъездных путях предприятий на 3,12%, экономии от сокращения полного рейса вагонов на 5,1%, что в свою очередь сказывается на уменьшении оборота вагона.

Ключевые слова: АРМ ДНЦ, АРМ ТВК, организация вагонопотоков, оперативная корректировка плана формирования грузовых поездов, модели нечёткой логики, функция принадлежности.

## THE SUMMARY

Lavrukhin A.V. Improvement of Automated Operator's Position of a Train Controller Using Indistinct Logic. – The Manuscript.

Dissertation in obtaining scientific degree of candidate of engineering sciences in specialty 05.22.20 – Exploitation and Repair of Means of Transport; Ukrainian State Academy of Railway Transport; Kharkiv, 2004.

The dissertation is devoted to the problems of improving the automated operator's position of operative workers at the expense of widening functional tasks in the branch of wagon traffic organization and gathering trains. In the basis of additional complex of tasks there are models of indistinct logic which help to solve such problems as forecasting the distribution of wagon traffic in the site of management of railway transportation and rational gathering trains. The advantage of the developed models of forecasting is possibility of taking into account month, quarter and year deviations under the distribution of wagon traffic in the ratio of symmetry, transitivity and reflexivity. In order to increase the speed of reacting to operative situations it is developed the model integrated to the automated operator's position of goods cashier.

In order to solve extra tasks of operative correction of the plan of gathering freight trains it is developed the indistinct situational system of making decisions. This system is based on the models of indistinct logic that deal with linguistic variables. Realization of the models of rational gathering trains takes place on the automated operator's position of operative workers.

Key words: the automated operator's position of operative workers, the automated operator's position of goods cashier, wagon traffic organization; operative correction of the plan of gathering freight trains, the models of indistinct logic, integrand.

**Лаврухін Олександр Валерійович**

УДК 656.21.02:656.222.3

**УДОСКОНАЛЕННЯ АРМ ПОЇЗНОГО ДИСПЕТЧЕРА  
З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

**Автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

ст. викладач Доценко Ю.В.

---

Підписано до друку „28” \_\_\_\_\_ 09 \_\_\_\_\_ 2004 р. формат паперу А5,  
папір для тиражувальних апаратів, друк на ризографі.

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

Замовлення № 151, тираж 100

---

Донецький інститут залізничного транспорту  
Надруковано в редакційно-видавничому відділі ДонІЗТ  
Свідоцтво про внесення до Держ. реєстру від 22.06.2004 р.,  
Серія ДК № 1851  
830018, м. Донецьк, вул. Горна, 6