

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

ЗІНЕНКО Ольга Леонідівна

УДК 656.212.5

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ
ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКУ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ
УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЮ РОБОТОЮ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2010

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. В сучасних умовах, коли відновлення локомотивного парку значно відстає від потрібного, ефективність використання його наявних ресурсів складає необхідну умову успішної роботи вітчизняного залізничного транспорту. Важливим резервом тут є удосконалення управління експлуатацією локомотивів, зокрема за рахунок оптимізації оперативного планування їх роботи в складі вантажних поїздів.

Інструментом такої оптимізації може стати використання сучасних математичних методів, які пристосовані для врахування суттєвих особливостей вантажного руху – його нерівномірності та значної невизначеності динаміки розвитку конкретної управлінської ситуації. При цьому необхідно враховувати, що відповідальність за якість оперативного управління несе диспетчерський персонал. Отже застосування математичних методів повинно стати для нього зручним інструментом, який з одного боку поширює можливості оптимізації рішень, а з іншого – лишає за диспетчером ініціативу та право вибору.

В сучасних умовах можливості практичного застосування методів оптимізації оперативного планування та управління значно поширились завдяки впровадженню інформаційних систем. Зокрема, теперішні можливості інтегрованої АСК ВП УЗ дозволяють оперативно контролювати стан та показники роботи і обслуговування локомотивів. Крім того, сучасні програмно-технічні рішення здатні підтримати зручне інтерактивне використання економіко-математичних засобів диспетчерським персоналом.

Таким чином, науково-практична задача підвищення ефективності використання локомотивного парку шляхом вдосконалення оперативного управління експлуатаційною роботою є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі ЕОМ ДПТУ згідно з прийнятими програмами і концепціями: Концепція державної програми реформування залізничного транспорту України, схвалена розпорядженням КМУ від 27.12.2006 № 651-р; Координаційний план розробок та впровадження інформаційно-обчислювальних та телекомунікаційних систем та технологій на залізничному транспорті України на 2006 - 2007 роки, затверджений наказом від 17.07.2006 № 286-Ц; Координаційний план розробок та впровадження інформаційно-обчислювальних та телекомунікаційних систем та технологій на залізничному транспорті України на 2008 - 2009 роки, затверджений наказом від 30.04.2008 № 238-Ц.

Дослідження, що проводяться у рамках дисертації пов'язані з наступними науково-дослідними роботами (у яких автор брав участь у якості виконавця та співавтора звітів):

- НДР “Автоматизована система оперативного планування роботи локомотивного парку і локомотивних бригад на полігоні Придніпровської залізниці” – Дніпропетровськ, 2006 р;

- НДР “Розробка методики для створення типових аналітичних серверів систем управління вагонними парками на основі моделювання вантажних перевезень в системі АСК ВП УЗ” – Дніпропетровськ, 2006 р;

- НДР “Розробка технічного завдання на АСУ Т” – Дніпропетровськ, 2007р.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертації є підвищення ефективності використання локомотивного парку для забезпечення вантажних перевезень шляхом удосконалення оперативного управління експлуатацією локомотивів.

Для досягнення цієї мети в дисертації поставлені наступні задачі наукових досліджень:

- обґрунтувати вибір актуальних задач оптимізації оперативного управління експлуатацією локомотивів (ОУЕЛ) на базі аналізу сучасного стану питання;
- дослідити існуючі показники технології підготовки локомотивів до роботи у вантажних поїздах з позицій статистичного підходу;
- розробити математичні моделі оптимізації процесу ОУЕЛ з урахуванням невизначеності динаміки технологічних процесів вантажних перевезень;
- розробити та обґрунтувати метод ефективної інформаційної підтримки рішень оперативно-диспетчерського персоналу з оперативного планування експлуатації локомотивів.

Об’єкт дослідження. Процес оперативного управління і планування експлуатації локомотивного парку в складі поїздів у вантажному русі.

Предмет дослідження. Удосконалення засобів управління шляхом ефективної підтримки управлінських рішень персоналу з використанням економіко-математичних методів оптимізації.

Методи дослідження: методи теорії статистичних рішень, теорії ймовірностей, математичної статистики та математичного програмування, методи аналітичного та імітаційного моделювання.

Обґрунтованість та достовірність отриманих результатів зумовлена коректністю застосованого математичного апарату та використанням результатів натурних досліджень для обґрунтування математичних моделей і методів.

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше знайдені залежності, які характеризують вплив нерівномірності та невизначеності в процесі вантажних перевезень на показники використання парку ТРС та тривалість підготовки локомотивів до перевезень;

- удосконалений комплекс математичних моделей використання парку локомотивів у вантажному русі, де вперше врахований статистичний характер очікуваних витрат на реалізацію варіантів призначення локомотивів до складу вантажних поїздів;

- з використанням методів математичної статистики аналітичного та імітаційного моделювання досліджені елементи метода оптимізації призначень локомотивів в поїзди та обґрунтоване їх використання.

Практичне значення отриманих результатів:

- розроблено методика оцінювання статистичних характеристик тривалості підготовки локомотивів до виконання перевезень на базі використання даних АСК ВП УЗ. Така методика використовується для дослідження та для підтримки рішень в умовах оперативного управління;

- розроблено динамічний інтерактивний метод оптимізації призначень локомотивів до складу поїздів за критерієм мінімуму очікуваних витрат на перевезення і з урахуванням ризиків простоїв локомотивів і составів;

- розроблені імітаційні моделі для дослідження елементів методу оптимізації призначень локомотивів, включаючи визначення ризику простоїв та прогнозування тривалості стадій підготовки локомотивів;

- створений комплекс програмних засобів, який забезпечує підтримку оперативного управління використанням локомотивів на робочих місцях оперативно-диспетчерського персоналу.

Основні наукові положення, результати та методи, які отримані в дисертаційній роботі використані при розробці підсистем оперативного контролю дислокації локомотивів і бригад (ОКДЛ, ОКДБ) системи АСК ВП УЗ та серверу оперативного управління експлуатацією локомотивного парку (сервер ОУЕЛ).

Особистий внесок здобувача. Основні положення й результати, наведені в роботі, отримані автором самостійно. У публікаціях, опублікованих у співавторстві, авторові роботи належить:

В роботах [1, 2] – метод оптимізації призначень локомотивів в поїзди на основі мінімізації сумарних очікуваних витрат на перевезення.

В роботі [4] - математичні моделі оцінки призначень локомотивів до складу вантажних поїздів за критерієм статистичного ризику.

В роботі [5] – метод прогнозування готовності локомотивів до роботи в складі вантажних поїздів

В роботі [3,7] – розробка інформаційної технології підтримки диспетчерського персоналу з оптимізації призначення локомотивів в поїзди

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися та схвалені на загальноукраїнських та міжнародних конференціях: «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління» (Київ, 2004); «Проблеми математичного моделювання» (м. Дніпродзержинськ, 2004, 2005); «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту, в промисловості та освіті» (Дніпропетровськ, 2005); «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем» (Дніпропетровськ, 2005); «Проблеми економіки транспорту» (Дніпропетровськ, 2006); «Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті» (м.Судак, 2006); «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, 2006); «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» (Дніпропетровськ, 2008, 2009)

Повністю результати дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені:

- на секційному засіданні міжнародної наукової конференції «Сучасні технології на транспорті, в промисловості та освіті» (Дніпропетровськ, 2009);

- на засіданні міжкафедрального наукового семінару кафедр електронних обчислювальних машин, комп'ютерних інформаційних технологій, управління експлуатаційною роботою та локомотивів Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Публікації. Основні положення дисертації викладені в 19 наукових публікаціях, у тому числі в 7 наукових статтях і 12 тезах доповідей міжнародних конференцій. Основні 7 статей опубліковано у фахових виданнях, затверджених ВАК України (з них 1 – без співавторів).

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи складає 182 сторінки, обсяг основного тексту – 136 сторінок, 3 додатки на 30 сторінках. Список використаної літератури складається зі 109 найменувань та має обсяг 11 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, показаний зв'язок з науковими програмами, планами, темами, сформульовані мета і задачі дослідження, відображені наукова новизна, практичне значення отриманих результатів та особистий внесок автора, наведена інформація про апробацію та публікації результатів дисертаційної роботи.

Перший розділ містить аналіз стану питання підвищення ефективності оперативного управління експлуатацією локомотивного парку у вантажному русі.

Виконаний аналіз технології ОУЕЛ, зокрема, структури існуючої технології управління, її організаційного втілення та рівня автоматизації.

Існуюча технологія оперативного управління включає ряд погоджених етапів (рис.1). Важливий вплив на забезпечення ефективного використання парку ТРС має раціональне призначення локомотивів до складу вантажних поїздів.

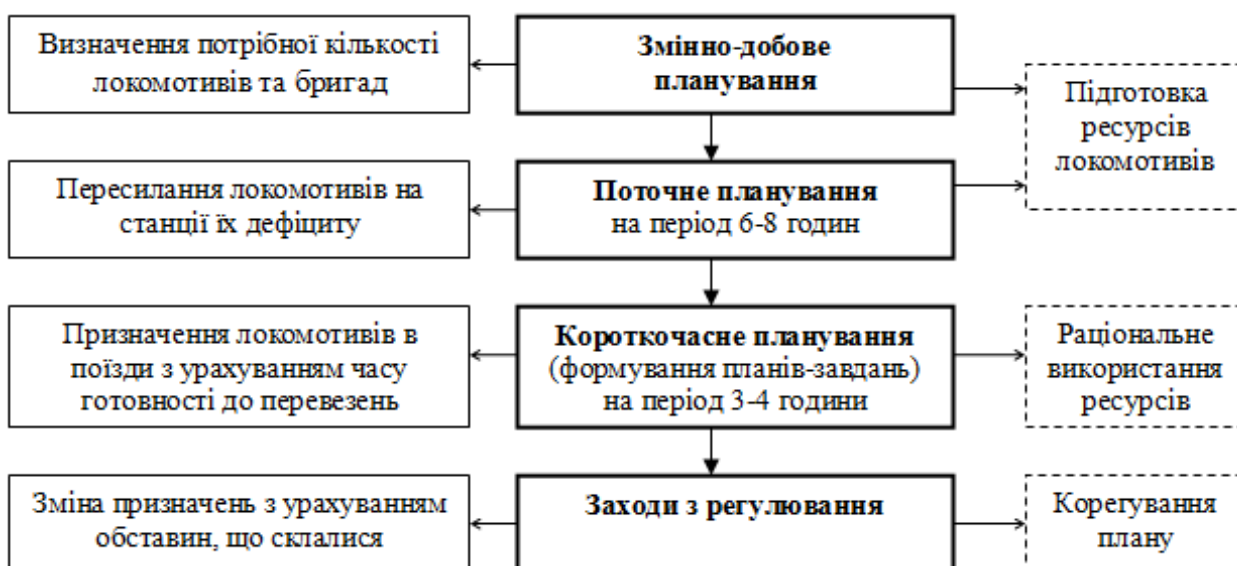


Рис.1. Значення етапів оперативного управління експлуатацією локомотивів

Організаційна структура, яка втілює процес управління, включає диспетчерський персонал на рівнях залізниць, дирекцій з перевезень, локомотивних депо та станцій. Цей процес характеризується високою інтенсивністю інформа-

ційного обміну та необхідністю погодження рішень. Разом з тим, існуючий рівень автоматизації не забезпечує системної підтримки взаємодії персоналу та прийняття ефективних управлінських рішень.

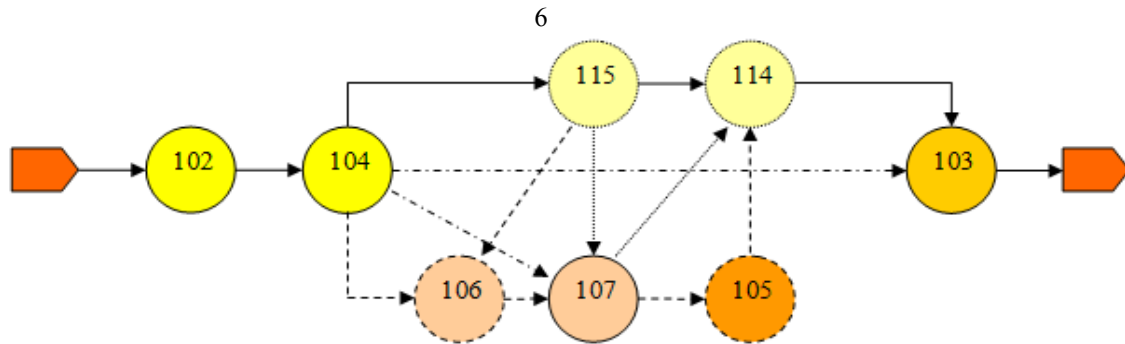
Ключову роль в забезпечення ефективного використання локомотивів в поїздах відіграють поїзні диспетчери дирекцій з вантажних перевезень. При цьому вони зосереджуються головним чином на технологічних обмеженнях, та майже не враховують критерії економічності. За цих умов ефективним засобом удосконалення ОУЕЛ може стати підтримка рішень диспетчерського персоналу з використанням економіко-математичних методів оптимізації.

Огляд наукових результатів щодо удосконалення ОУЕЛ виявив наступне. Питання автоматизації планування роботи локомотивів та роботи бригад на вітчизняних залізницях розроблялись досить давно, зокрема, в роботах З.З. Ладигіної, С.В. Дуваляна, Н.Д. Крюкова, Е.А. Мірзахмедова, В.І. Соловійова та С.Я. Айзинбуда. Суттєвий внесок в теорію і практику автоматизації планування роботи локомотивів та бригад внесли Ю.А. Муха та С.І. Нестеренко, Д.В. Максимов, Т.Н. Новожилова. Цей напрямок набув комплексності у роботах В.І. Некрашевича та його школи, зокрема, А.І. Моргунова, В.І. Апатцева, В.Н. Ковальова та В.Л. Кальченко.

Зокрема, в роботах А.І. Моргунова та В.І. Некрашевича запропонований підхід до автоматизації ОУЕЛ, який передбачає оптимізацію розподілу локомотивів за економічним критерієм. Однак, цей підхід не враховує вплив невизначеності щодо моментів готовності локомотивів та складів до перевезень. Між тим, ця невизначеність може бути досить значною. Так, відносно тривалості підготовки складів це підтверджено дослідженнями і, зокрема, моделюванням процесів на станціях в роботах Т.В. Бутько, Т.Ю. Калашнікової, М.І. Луханіна, В.С. Селецького, О.Е. Олександрова, В.Ю. Пермікіна, І.О. Ковальова та інших. Щодо тривалості підготовки локомотивів, такі публікації не виявлені.

Виходячи з цього ставляться задачі: дослідити статистичні характеристики тривалості підготовки локомотивів на процес ОУЕЛ; доопрацювати комплекс математичних моделей управління з урахуванням невизначеності готовності об'єктів перевезень; запропонувати метод оптимізації призначень, який би враховував фактори динаміки перевезень і був пристосований для практичного використання на робочих місцях диспетчерського персоналу. Базою для реалізації оптимізації призначень повинні стати сучасні автоматизовані системи управління вантажними перевезеннями.

Виконаний аналіз стану автоматизації управління локомотивним господарством на рівні залізниць і локомотивних депо. Показано, що на сучасному етапі існують необхідні передумови ефективною підтримки персоналу ОУЕЛ. Так, в складі автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями (АСК ВП УЗ) реалізовані підсистеми оперативного контролю дислокації локомотивів та бригад (ОКДЛ, ОКДБ), що нині стрімко розвиваються. На платформі АСК ВП УЗ з використанням сучасних веб-технологій створюються аналітичні сервери, які доцільно використати в якості прототипу для створення спеціалізованого серверу ОУЕЛ. Аналіз технології оперативного обліку станів локомотивів в ОКДЛ-ОКДБ показує, що цей апарат обліку може бути ефективно використаний для дослідження характеристик підготовки локомотивів (рис.2).



Основні облікові стадії підготовки

- 102 – простій по прибуттю
- 103 – простій по відправленню
- 104 – технічні операції (приймання, здача, екіпування, ТО-1)
- 105 – простій в очікуванні роботи
- 106 – простій в очікуванні ТО-2
- 107 – виконання ТО-2
- 114 – прийняття локомотива бригадою
- 115 – здача локомотива бригадою

Типові технологічні ланцюги стадій підготовки

- Без виконання ТО-2
102, 104, (115), (114)
 - З виконанням ТО-2
102, 104, (115), (106), 107, (114)
- (в дужках указані необов'язкові елементи)

Рис.2. Схема облікових стадій підготовки локомотивів до роботи в поїздах

В другому розділі описане дослідження статистичних характеристик тривалості підготовки локомотивів до використання у вантажних поїздах.

Дослідження виконані на полігоні Придніпровської залізниці.

Методика досліджень передбачала:

- одержання та первинну обробку даних підсистем ОКДЛ-ОКДБ про час виконання операцій з локомотивами експлуатованого парку. Для випадків, коли виявлялась необхідність деталізації, додаткові дані одержані з облікової документації станції та депо Нижньодніпровськ-Вузол;

- розрахунок тривалості простою локомотивів по стадіях технологічного процесу їх підготовки (згідно обліковим елементам ОКДЛ-ОКДБ), а також виділення типових технологічних послідовностей таких стадій (рис.2, табл.1) і розрахунок відповідних значень сумарної тривалості;

- статистичну обробку тривалості простоїв локомотивів із розрахунком статистичних характеристик та виконанням оцінки статистичної надійності, а також одержанням даних для побудування гістограм;

- ідентифікацію законів розподілу ймовірностей з перевіркою відповідних гіпотез за статистичними критеріями;

- аналіз результатів досліджень в розрізах стадій та їх послідовностей, періодів спостережень, локомотивних депо та станцій примикання.

На рис.3 наведені приклади гістограм ймовірностей для окремих станів та типових схем обслуговування із результатами ідентифікації відповідних законів.

Результати ідентифікації законів розподілу щільності ймовірностей для стадій та типових послідовностей підготовки локомотивів, а також відповідні статистичні параметри наведені в табл.1.

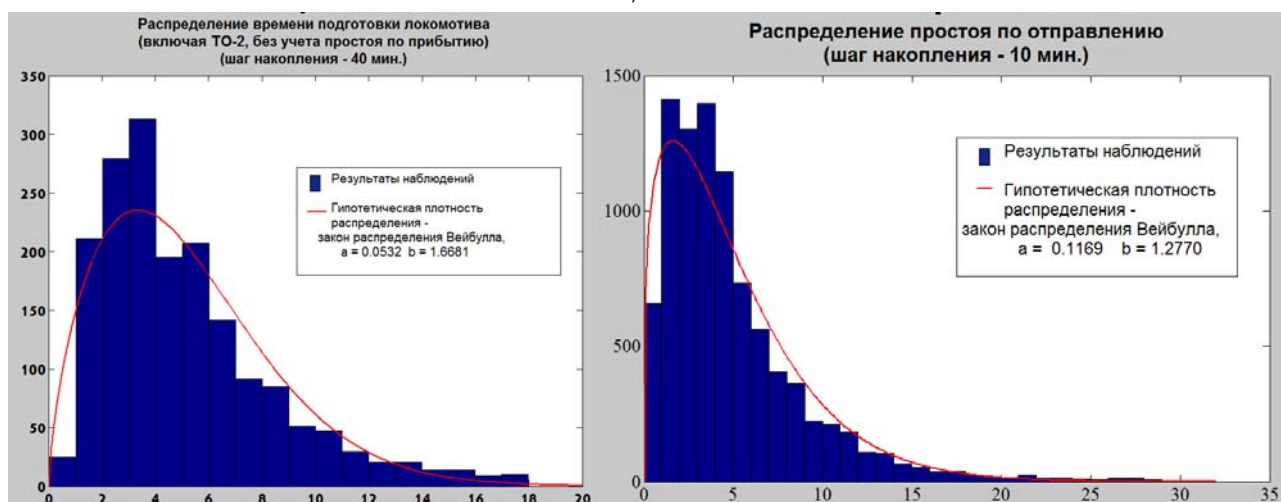


Рис.3. Приклади гістограм розподілу ймовірностей для тривалості окремих стадій і типових схем підготовки

Таблиця 1

Закони розподілу фактичної тривалості підготовки локомотивів

N	Стадія підготовки або технологічна схема (послідовність)	Облікові коди	Тип закону розподілу	Середній простій (хв) *	Параметри a / b **	Статистичні критерії ***
1	Локомотив у прибутті	102	Експоненційний	21 (1)	0,459/ 1	χ^2 (0,95)
2	Технічні операції	104	Експоненційний	28 (1)	0,358/ 1	χ^2 (0,95)
3	Здача бригадою	115	Вейбулла	18 (1)	0,521/ 1,26	Колм.(0,05)
4	Очікування ТО-2	106	Експоненційний	78 (3)	0.128/1	χ^2 (0,95)
5	Виконання ТО-2	107	Вейбулла	69 (2)	0.127/1.90	Колм.(0,05)
6	Очікування роботи	105	Експоненційний	92 (2)	0,109/1	χ^2 (0,95)
7	Прийняття бригадою	114	Вейбулла	28 (1)	0.334/1.16	Колм.(0,05)
8	У відправленні	103	Вейбулла	48 (2)	0.117/1.28	Колм.(0,05)
9	Схема підготовки без виконання ТО-2	102,104, 115,114	Вейбулла	85 (18)	0.107/1.25	Колм.(0,05)
10	Схема підготовки з виконанням ТО-2	102,104, 115,106, 107,114	Вейбулла	225 (26)	0.041/2.15	Колм.(0,05)

* В дужках указаній довірчий інтервал при довірчої вірогідності 0,9

** Інтегральна функція розподілу ймовірностей Вейбулла визначається формулою $F(x) = 1 - \exp [(-ax)^b]$. Експоненційний закон є штучним випадком цього розподілу при $b=1$. Врахований крок накопичення статистики 10 хв.

*** Колм. – критерій Колмогорова, в дужках указаній рівень значимості.

За тою ж методикою виконаний аналіз в розрізі окремих депо Придніпровської залізниці, а також різних місячних періодів спостережень.

Аналіз таких результатів дозволив обґрунтувати наступні висновки:

- випадкові складові є суттєвими для тривалості всіх основних стадій підготовки локомотивів. Отже їх вплив обов'язково необхідно враховувати при рішенні задачі оптимізації призначення локомотивів до складу вантажних поїздів;

- для більшості стадій підготовки, а також типових технологічних послідовностей щільність розподілу тривалість простоїв відповідає закону Вейбулла або експоненційному закону при досить суттєвих розбіжностях відповідних параметрів по стадіях;

- параметри розподілів по стадіях та технологічних послідовностях суттєво залежать від станції та депо. Разом з тим, вони здебільшого лишаються сталими в часі. При значній зміні вантажопотоків (як встановлено додатковими дослідженнями на станції НД-Вузол) може суттєво змінюватись час очікування операцій, зокрема, очікування роботи та виконання технічного огляду ТО-2;

- результати виконаного аналізу доцільно використовувати при прогнозуванні готовності локомотивів до роботи в поїздах, яке має бути передумовою оптимізації планування роботи локомотивів.

В третьому розділі описана розробка та дослідження математичних моделей, які використовуються для короткочасного планування і регулювання призначення локомотивів в поїзди.

Зокрема, розроблена математична модель оцінки ризиків, щодо простоїв локомотивів та составів в очікуванні готовності.

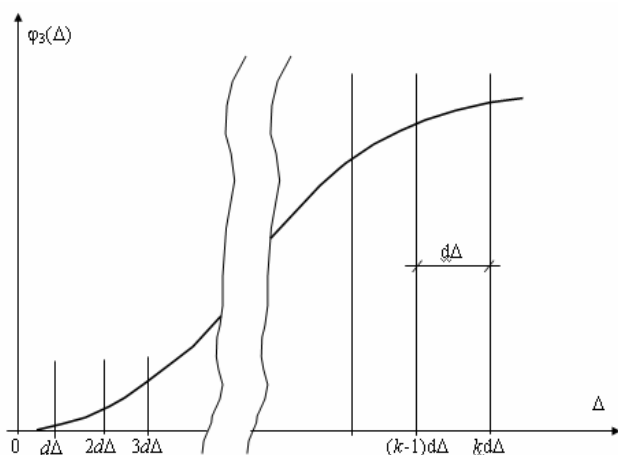


Рис. 4. Дискретизація щільності розподілу часу очікування

Нехай $\varphi_1(t_1)$ - щільність розподілу часу готовності об'єкту А (состав, локомотив), $\varphi_2(t_2)$ - те саме для об'єкту В (локомотив, состав) Щільність розподілу різниці $\Delta = t_1 - t_2$ можна знайти, як композицію закону розподілу (розподіл суми двох величин, за умови, що одна з них від'ємна).

Нехай $\varphi_1(t_1) - \varphi_2(t_2)$ практично не перетинаються і $\Delta > 0$. Тоді $\varphi_3(\Delta)$ практично вся перебуває на позитивній частині осі Δ (рис. 4). Об'єкт А при цьому буде очікувати готовності об'єкту В.

Нехай $\varphi_3(\Delta)$ - питома щільність простою об'єкта А. Знайдемо ризик (визначений імовірнісним характером простою) на елементарному відрізку $d\Delta$, що відстоїть на $kd\Delta$ від початку координат (рис. 4).

Вартість простою до моменту $kd\Delta$ визначається питомою вартістю простою c^* (вартість наднормативного простою за одиницю часу) та імовірністю того, що «зустріч» (закінчення очікування об'єктом А готовності об'єкту В) не було на відрізку $[kd\Delta - (k-1)d\Delta]$ й не було до цього моменту.

Очевидно, що вираження для ризику до моменту $kd\Delta$ визначається:

$$R_k = (1 - P_1)c^*d\Delta + [1 - (P_1 + P_2)]c^*d\Delta + \dots + \left[1 - \sum_{i=1}^k P_i\right]c^*d\Delta \quad (1)$$

Тут P_i - імовірність того, що «зустріч» відбудеться на відрізку $[id\Delta - (i-1)d\Delta]$;

$\sum_{i=1}^k P_i$ - імовірність того, що «зустріч» відбудеться до моменту $id\Delta$;

$(1 - \sum_{i=1}^k P_i)$ – імовірність того, що до моменту $id\Delta$ «зустріч» не відбудеться;

$c^* d\Delta$ - вартість наднормативного простою на відрізку $d\Delta$.

Враховуючи, що $P_i \approx \varphi(id\Delta)d\Delta = \varphi(\Delta)d\Delta$, одержимо

$$R_k = c^* \sum_{j=1}^k \left[1 - \sum_{i=1}^d \varphi_i(\Delta) d\Delta \right] d\Delta. \quad (2)$$

Переходячи до безперервних величин ($d\Delta \rightarrow 0$):

$$R(\Delta) = c^* \int_0^{\Delta} \left[1 - \int_0^{\Delta} \varphi(\Delta) d\Delta \right] d\Delta. \quad (3)$$

Сумарний ризик

$$R(\infty) = c^* \int_0^{\infty} \left[1 - \int_0^{\Delta} \varphi(\Delta) d\Delta \right] d\Delta. \quad (4)$$

В загальному випадку (коли $\varphi(\Delta)$ перетинає вісь ординат) ризик визначається виходячи з того, що можливо як очікування об'єктом А готовності В, так і очікування об'єктом В готовності А.

Оскільки питома вартість наднормативного простою об'єкта А и В різна (відповідно, C_A та C_B), сумарний ризик визначається, як $R = R_A + R_B$.

Знайдено:

$$R_A = C_A \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \varphi_A(\Delta) d^2 \Delta; \quad (5)$$

$$R_B = C_B \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \varphi_B(\Delta) d^2 \Delta. \quad (6)$$

Як окремий випадок розглянуто випадок рівномірного розподілу моментів готовності поїзда і локомотива (рис. 5).

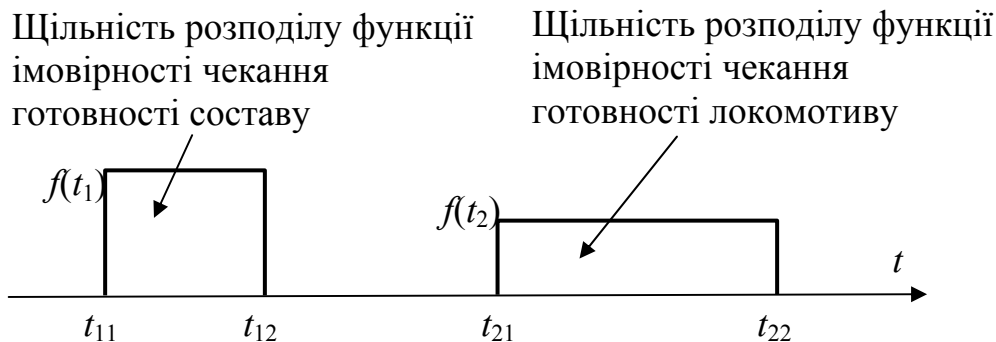


Рис. 5. Випадок рівномірного розподілу моментів готовності составу і локомотиву

Знайдено, що ризик при цьому розраховується по формулі:

$$R = c^* \left\{ (\Delta_4 - \tau_0) - \frac{\Theta}{2(t_{12} - t_{11})(t_{21} - t_{22})} [\Theta^2 + (\Delta_3 - \Delta_2)^2] \right\}, \quad (7)$$

тут $\Delta_2 = t_{21} - t_{11}$;

$\Delta_3 = t_{22} - t_{12}$;

$\Delta_4 = t_{22} - t_{11}$;

$\Theta = \Delta_4 - \Delta_3$.

τ_0 – час нормативного простою.

Якщо відправлення поїзду пов'язане з нитками графіку, то виникає додатковий ризик пов'язаний з очікуванням сформованого поїзда нитки графіку. Цю величину доцільно визначати по щільності розподілу властиво часу «зустрічі»:

$$\varphi_{AB}(t) = \varphi_A(t) \int_0^t \varphi_B(t) dt + \varphi_B(t) \int_0^t \varphi_A(t) dt - \varphi_A(t) \varphi_B(t) \int_0^t \varphi_A(t) dt \int_0^t \varphi_B(t) dt. \quad (8)$$

Додатковий ризик обчислюють за вищевказаною методикою (ф. 4-6), підставляючи в якості межі інтегрування час відповідних ниток графіку. При цьому необхідно враховувати, що поїзд може бути відправлений за різними нитками графіку, отже виникає декілька варіантів плану призначень.

На рис. 6 показано накладання розподілів моментів готовності декількох поїздів (j – состав, i – локомотив з матриці призначень) на нитки графіку T_{nk} . (k – послідовний номер нитки). Тут G_{ij} – момент готовності поїзда: i -й локомотив, j -й состав (з матриці).

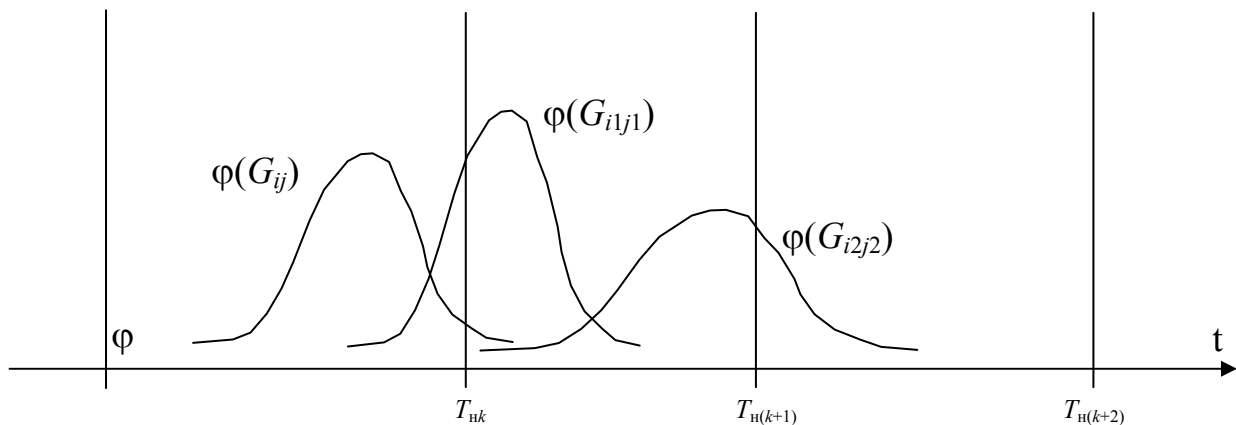


Рис. 6. Накладання розподілів моментів готовності декількох поїздів

На підставі цих розподілів можливий перебір варіантів розподілу ниток (найближчих до готового поїзду). Наприклад:

Варіант 1

На нитку k – поїзд ij ; на $k+1$ – поїзд $i1j1$; на $k+2$ – поїзд – $i2j2$.

Варіант 2

На нитку k – поїзд $i1j1$; на $k+1$ – поїзд ij ; на $k+2$ – поїзд – $i2j2$.

Варіант 3

На нитку k – поїзд $i1j1$; на $k+1$ – поїзд $i2j2$; на $k+2$ – поїзд – $i1j1$

і т.д.

Припускаємо, що втрати пропорційні відріzkам часу від моменту готовності до моменту відправлення.

Сумарні втрати (математичне очікування) по кожному варіанту обчислюють враховуючи імовірності подій та додаткові ризики очікування нитки графіку.

Перебираючи всі варіанти знаходять той з них, сумарні втрати для котрого є найменшими.

В четвертому розділі описані розробка та дослідження динамічного інтерактивного методу оптимізації призначень локомотивів до складу поїздів.

Структура загального алгоритму методу відображена на рис.7.

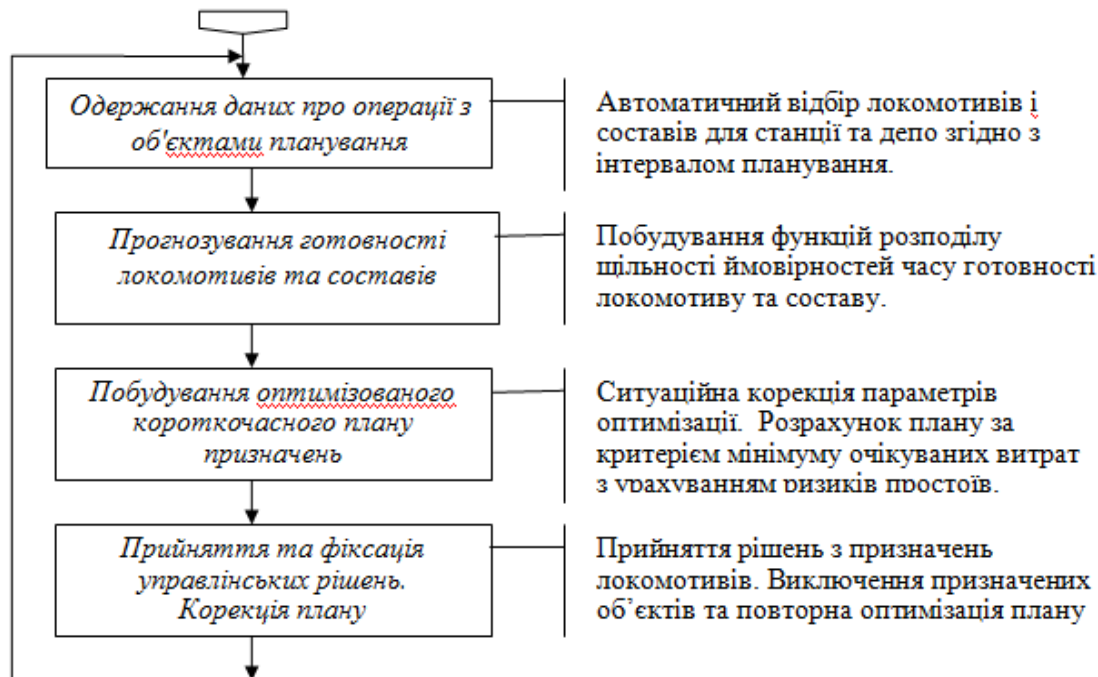


Рис.7. Загальний алгоритм динамічної інтерактивної оптимізації призначень

Алгоритм передбачає постійне чергування кроків одержання даних про зміну станів об'єктів планування, прогнозування часу їх готовності до перевезень, а також побудови поточного варіанту оптимального короточасного плану призначень локомотивів до складу вантажних поїздів. Суб'єкт планування – поїзний диспетчер – приймає управлінські рішення на основі рекомендованого плану і, разом з тим, може на будь-якій стадії впливати на його побудову за рахунок корекції параметрів оптимізації. Такий підхід дозволяє поєднати можливості математичної оптимізації з досвідом та ініціативою персоналу.

В межах методу оптимізації запропонований та обґрунтований спосіб прогнозування інтервалів часу готовності локомотивів до перевезень (рис.8).

Такий спосіб передбачає спільне використання оперативної інформації про хід процесу підготовки, яка одержується від автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями (АСК ВП УЗ), а також статистичних параметрів, які визначаються в "фоновому" режимі. При цьому, виходячи з оперативних даних і вимог технології, в конкретний момент часу для локомотиву прогнозується послідовність майбутніх стадій підготовки. На цій основі будується розподіл часу готовності, враховуючи статистичні параметри тривалості окремих стадій. Останні визначаються для нормованих етапів обслуговування локомотивів шляхом статистичної обробки даних про їх тривалість. Для етапу ж очіку-

вання ТО-2, який суттєво залежить від ситуації (наприклад, від кількості локомотивів в черзі на обслуговування), використовується його моделювання (рис.8).



Рис.8. Спосіб прогнозування часу готовності локомотивів

Досліджені елементи запропонованого способу прогнозування з використанням статистичного моделювання.

Зокрема, показано, що синтез підсумкових розподілів для типових схем підготовки (рис.8) на основі методу Монте-Карло дозволяє одержати їх параметри, близькі до спостережених в межах статистичної погрішності.

Розроблена та досліджена імітаційна модель очікування ТО-2 локомотивів (рис.9), яка базується на методах дослідження систем масового обслуговування (СМО).

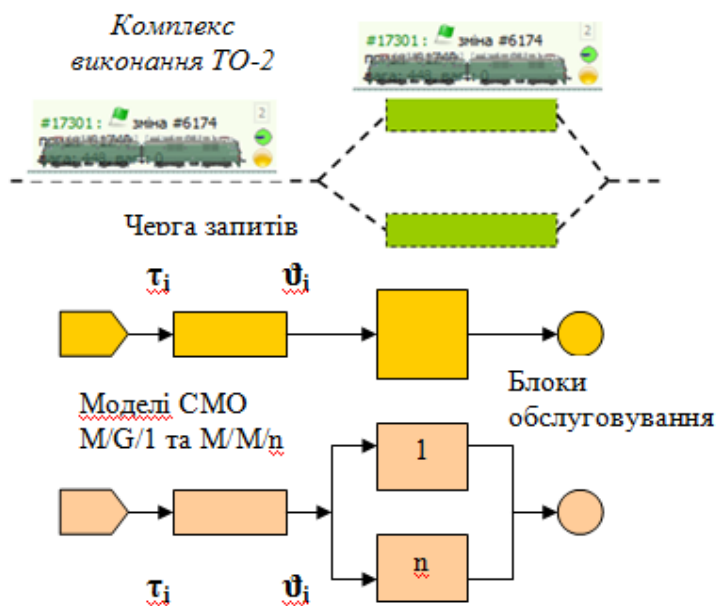


Рис.9. Моделювання очікування ТО-2

Виконане порівняння результатів імітаційного та аналітичного моделювання для варіантів одно каналного та двоканального обслуговування. Підтверджена доцільність використання імітаційної моделі, яка більш повно враховує особливості розподілу тривалості виконання ТО-2. За допомогою моделі одержані статистичні характеристики тривалості очікування в різних ситуаціях щодо зайнятості каналів обслуговування та довжини черги. За рахунок іспитів алгоритму про-

гнозування за допомогою моделі показано, що порівняно із оцінкою середнього часу очікування такий алгоритм дозволяє покращити точність прогнозування очікування ТО-2 на 25-35%.

Виконане дослідження способів визначення ризику взаємного очікування локомотивів та составів з використанням статистичного моделювання методом Монте-Карло. Зокрема досліджена порівняльна точність оцінки ризику за одержаними аналітичними формулами та чисельними методами, а також вплив на ризик інтервалів готовності локомотивів та составів (рис.10). При цьому використані значення питомих витрат в зв'язку з простоями готових локомотивів та вагонів в готових составах, які є близькими до середніх.

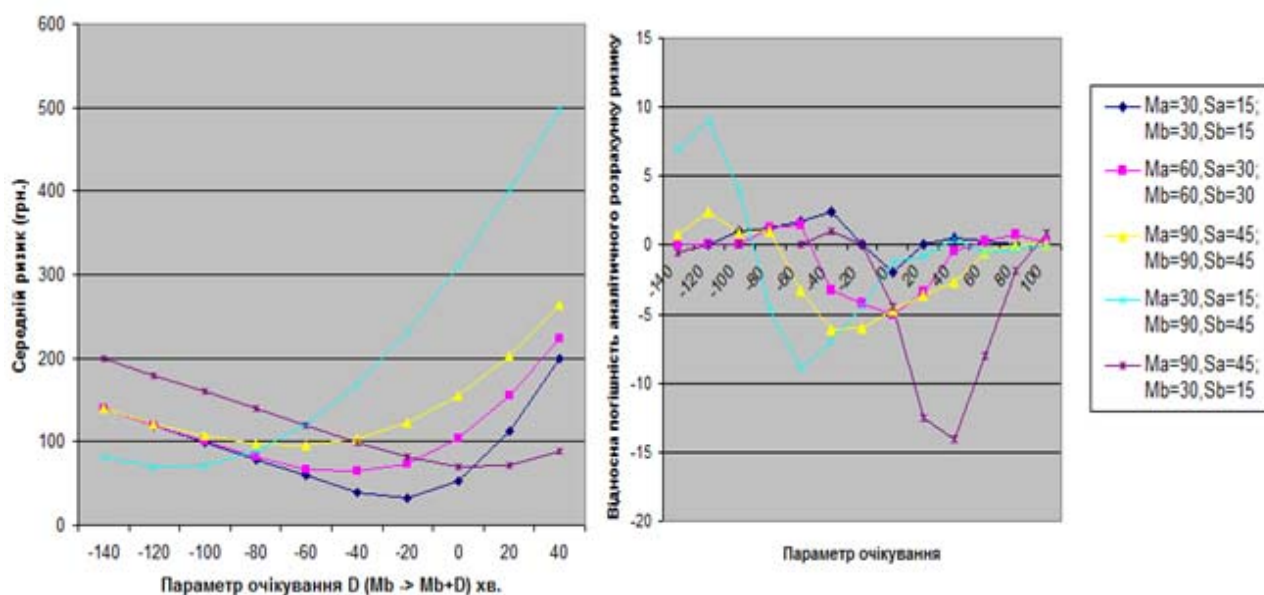


Рис.10. Аналіз ризику та точності його визначення аналітичним способом

(тут M_a , M_b , S_a , S_b – математичні очікування та середньоквадратичні відхилення інтервалів часу готовності об'єктів призначень)

Встановлено, що значення ризику та умови досягнення його мінімуму суттєво залежать як від прогнозованого часу готовності локомотивів та составів, так і від точності прогнозування. При цьому використання запропонованих аналітичних формул розрахунку ризику, які одержані в припущенні про рівномірний розподіл часу готовності об'єктів призначень, дає додаткові погрішності, що здебільшого не перевищують 5-10%. Таким чином, одержані формули доцільно використовувати в практичних алгоритмах оптимізації на сервері ОУЕЛ.

В п'ятому розділі описане втілення динамічного інтерактивного методу оптимізації призначень локомотивів в поїзди на базі серверу ОУЕЛ.

Сервер створює спільне інформаційне середовище для взаємодії всіх учасників оперативного планування і управління експлуатацією локомотивів. При цьому основними користувачами задачі оптимізації призначення локомотивів в поїзди є поїзні диспетчери дирекцій з перевезень.

Дії з планування виконуються в потоковому режимі, оскільки прогноз готовності локомотивів і составів постійно коректується, готові поїзди відправляються зі станції, а до інтервалу планування попадають нові локомотиви й состави, для яких прогнозується готовність.

Взаємодія з користувачами виконується в інтерактивному режимі з використанням графічного інтерфейсу з елементами анімації (рис.11). При цьому користувач може активно втручатись в створення плану, коректуючи прогноз готовності об'єктів перевезень, пріоритети составів, або власно призначення.



Рис.11. Приклад екранної форми з підтримки оптимізації призначень

Сервер ОУЕЛ інтегрований в середовище системи АСК ВП УЗ. Оперативні дані про стан та дислокацію локомотивів і бригад одержуються в реальному часі із її підсистем ОКДЛ та ОКДБ.

Сервер ОУЕЛ розроблявся за участю автора співробітниками ДПТУ згідно завданням Укрзалізниці. На цей час він прийнятий у дослідну експлуатацію на Південній залізниці.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором наукові результати, які у сукупності вирішують науково-практичну задачу підвищення ефективності використання локомотивного парку шляхом вдосконалення оперативного управління експлуатаційною роботою.

Основні результати досліджень, висновки і практичні рекомендації дисертаційної роботи полягають в наступному.

1. На підставі аналізу стану питання *обґрунтований вибір напрямків досліджень і розробки*. Зокрема, показано, що: важливим напрямком удосконалення оперативного управління експлуатацією локомотивів (ОУЕЛ) є підтримка рішень диспетчерського персоналу з планування призначень локомотивів до

складу вантажних поїздів на базі використання економіко-математичних методів оптимізації; відомі підходи до такої оптимізації мають бути розвинені з урахуванням невизначеності в процесі оперативного управління та динаміки перевезень; для обґрунтування моделей і методів, що створюються, необхідно дослідити технологію підготовки локомотивів з позицій статистичного підходу.

2. За даними досліджень на полігоні Придніпровської залізниці та з використанням засобів АСК вантажними перевезеннями *обґрунтовані підходи до врахування в процесі оптимізації випадкових складових тривалості підготовки локомотивів*. Зокрема, встановлено що: розподіли тривалості основних стадій підготовки та їх типових послідовностей відповідають закону Вейбулла та експоненціальному закону; параметри таких законів можуть суттєво відрізнитись для різних станцій і депо, при цьому вони здебільшого лишаються сталими в часі. Одержані результати мають використовуватись при створенні методів прогнозування готовності локомотивів до роботи в складі вантажних поїздів.

3. З урахуванням результатів досліджень *запропонована математична модель оптимізації призначень в поїзди*, яка доповнює відому модель “задачі про призначення” використанням показника статистичного ризику втрат від несинхронності готовності локомотива і состава до перевезень. Одержані формули для загального випадку розрахунку статистичного ризику додаткових простоїв при відправленні вантажних поїздів за їх готовністю та згідно ниток графіку. Одержане аналітичне рішення задачі розрахунку ризику в припущенні, що розподіл тривалості готовності локомотивів та составів є рівномірним. Вірність рішення щодо визначення підсумкової щільності розподілу ймовірностей “зустрічі” локомотиву та составу підтверджена статистичним моделюванням.

5. *Запропонований метод динамічної інтерактивної оптимізації призначень локомотивів* до складу вантажних поїздів, який базується на прогнозуванні інтервалів готовності локомотивів та составів з урахуванням поточної інформації про фактичний хід технологічного процесу і враховує умови мінімізації ризику простоїв. Метод передбачає інтерактивну взаємодію з користувачем-диспетчером, який може коректувати параметри оптимізації з урахуванням власного досвіду та особливостей ситуації (наприклад, враховуючи пріоритети перевезення вантажів). Елементом методу є алгоритм оптимізації прив’язки готових поїздів до ниток графіку за критерієм мінімуму ризику простоїв

6. *Запропонований та обґрунтований спосіб прогнозування інтервалів готовності локомотивів*, який передбачає визначення послідовності стадій їх підготовки, а також врахування статистичних параметрів тривалості таких стадій. При цьому характеристики тривалості нормованих стадій підготовки визначаються статистичною обробкою оперативних даних, а для етапу очікування ТО-2 – за допомогою імітаційного моделювання. Дослідженням з використанням імітаційних моделей показано, що прогнозування з урахуванням попередньо одержаних оцінок тривалості очікування ТО-2 дозволяє поліпшити його точність в середньому на 25-35%, а параметри синтезованого розподілу прогнозної тривалості підготовки локомотивів близькі до спостережених з точністю до статистичної погрішності.

7. *Виконане дослідження способів визначення ризику* взаємного очікування локомотивів та составів за одержаними аналітичними формулами та чи-

сельними методами. За допомогою методу статистичного моделювання встановлено, що значення ризику та умови досягнення його мінімуму суттєво залежать як від прогнозованого часу готовності локомотивів та составів, так і від точності прогнозування. Формули розрахунку ризику, що одержані в припущенні про рівномірний розподіл часу готовності об'єктів призначень, дають додаткові погрішності, що здебільшого не перевищують 5-10%. Таким чином, ці формули можливо використовувати в практичних алгоритмах оптимізації на сервері ОУЕЛ.

8. *Втілене практичне рішення у вигляді серверу ОУЕЛ* (оперативного управління експлуатацією локомотивів), в якому використані запропоновані, обґрунтовані і досліджені в роботі методи та моделі. Сервер ОУЕЛ забезпечує підтримку рішень поїзних диспетчерів за рахунок реалізації динамічного інтерактивного методу оптимізації призначень локомотивів в поїзди. При цьому він створює спільний інформаційний простір для всіх учасників процесу оперативного планування і управління експлуатацією локомотивів. Зручність використання в ході планування і регулювання призначень локомотивів забезпечується графічним інтерфейсом з елементами анімації. Сервер інтегрований в середовище АСК ВП УЗ. Нині це рішення впроваджене в дослідну експлуатацію на Південній залізниці.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Жуковицкий И.В. Метод интерактивной динамической оптимизации распределения локомотивов для работы в поездах на основе оценки рисков. / Жуковицкий И.В., Устенко А.Б., Зиненко О.Л. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Х., 2006. - №4. - С.86-91.

2. Жуковицкий И.В. Моделирование процесса оперативного планирования работы локомотивного парка і локомотивних бригад. / Жуковицкий И.В., Скалозуб В.В., Ветрова О.В., Зиненко О.Л. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна. – Вип. 12–Д., 2006. – С.74-78.

3. О.Л.Зиненко. Математичне та програмне забезпечення систем прийняття рішень при управлінні локомотивним парком. / О.Л.Зиненко, О.В.Ветрова // Збірник наукових праць Дніпропетр.Національн. ун-ту. Серія:«Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій» – Д., 2006. - том 10. - С.166-175.

4. Жуковицкий И.В. Оптимізація планування призначення локомотивів для роботи в поїздах за критерієм мінімуму ризику. / Жуковицкий И.В., Зиненко О.Л. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Х., 2007. - №4. С.15-19.

5. Жуковицкий И.В. Моделирование процесса оперативного планирования работы локомотивного парка. / Жуковицкий И.В., Скалозуб В.В., Ветрова А.В., Зиненко О.Л. // Локомотив-информ. – П., 2007. - №6. - С.12-13.

6. Зиненко О.Л. Запровадження автоматизованих систем управління для поліпшення якості експлуатації локомотивного парку // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Х., 2008. – № 2. – С.49-53.

7. Жуковицький І.В. Проблеми та перспективи автоматизації управління локомотивним господарством УЗ. / Жуковицький І.В., Устенко А.Б., Зіненко О.Л. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Х.,2009. - №2. - С.38-42.

Додаткові праці:

8. Жуковицький І.В. Розробка та дослідження методів оперативного прогнозування готовності локомотивів до роботи в складі вантажних поїздів. / Жуковицький І.В. Устенко А.Б., Зіненко О.Л. // Сучасні технології на транспорті, в промисловості та освіті: Міжнародна науково-практична конференція. Дніпропетровськ 14-15.05.2009р. – Д.: ДІТ,2009. - С.7.

9. Жуковицький І.В. Використання аналітичних серверів для удосконалення управління локомотивним господарством Укрзалізниці. / Жуковицький І.В., Зіненко О.Л., Устенко А.Б. // Сучасні технології на транспорті, в промисловості та освіті: Міжнародна науково-практична конференція. Дніпропетровськ 14-15.05.2009р. – Д.: ДІТ,2009. - С.8.

10. І.В.Жуковицький. Модели и программные средства автоматизированных систем управления локомотивным хозяйством. / Жуковицький І.В., О.Л.Зіненко // Проблеми математичного моделювання : міждержавна науково-методична конференція. Дніпродзержинськ 26-28 травня 2004р. - С.69.

11. Жуковицький І.В. Анализ и моделирование процессов оперативного управления локомотивным парком. / Жуковицький І.В., Скалзуб В.В., Зіненко О.Л., Крюкова Н.С. // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту, в промисловості та освіті: Міжнародна науково-практична конференція. Дніпропетровськ, 19-20.05.2005. –Д:ДІТ, 2005. - С.108.

12. Зіненко О.Л. Решение задач по оперативному управлению локомотивным парком на основе ГИС-технологий. / О.Л.Зіненко, Мовшин Д.И., Ветрова А.В. // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту, в промисловості та освіті: Міжнародна науково-практична конференція. Дніпропетровськ, 19-20.05.2005. –Д:ДІТ, 2005. - С.98.

13. Жуковицький І.В. Усовершенствование методов использования тягового подвижного состава на базе автоматизированной системы управления грузовыми перевозками Украины (АСК ВП УЗ) / Жуковицький І.В., Зіненко О.Л. // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління : Друга науково-практична конференція. Київ 2004. - С.144-145.

14. Зіненко О.Л. Підвищення економічної ефективності управління локомотивним парком на основі багатокритеріальних моделей оптимального планування. / О.Л.Зіненко, Ветрова О.В. // Проблеми економіки транспорту :V Міжнародна наукова конференція. Дніпропетровськ 27-28.04.2006. – Д.:ДІТ, 2006. С.35-36.

15. І.В.Жуковицький. Модели и программные средства решения задач оперативного планирования работы локомотивов и локомотивных бригад. / Жуковицький І.В., В.В.Скалзуб, О.Л.Зіненко, А.В.Ветрова. // Проблеми математичного моделювання : міждержавна науково-методична конференція. Дніпродзержинськ 25-27.05.2005. - С.59-60.

16. Жуковицький І.В. Моделювання процесу оперативного планування роботи локомотивного парку і локомотивних бригад. / Жуковицький І.В., Скалозуб В.В., Зіненко О.Л., Ветрова О.В. // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту : LXVI Міжнародна науково-практична конференція, Дніпропетровськ 11-12.05.2006. –Д.:ДПТ, 2006. - С.336-337.

17. Жуковицький І.В. Метод інтерактивної динамічної оптимізації розподілення локомотивів для роботи з поїздами при використанні оцінки ризиків. / Жуковицький І.В., Устенко А.Б., Зіненко О.Л. // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту : LXVI Міжнародна науково-практична конференція, Дніпропетровськ 11-12.05.2006. –Д.:ДПТ, 2006. - С.346-347.

18. О.Л.Зіненко. Математичне та програмне забезпечення систем підтримки прийняття рішень при управлінні локомотивним парком. / О.Л.Зіненко, О.В.Ветрова. // Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем : Третя міжнародна науково-практична конференція Дніпропетровськ 16-18 листопада 2005 року. – Д.:ДНУ, 2005. - С.56-57.

19. Сергиєнко Н.И. Эффективность управления локомотивным парком на базе АСУ грузовыми перевозками Украины. / Сергиєнко Н.И., Землянов В.Б., Жуковицький І.В., Зіненко О.Л. // Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті : міжнародна науково-практична конференція Судак 20-22 червня 2006. – К.:КУЕТТ, 2006. - С.255-256.

АНОТАЦІЯ

Зіненко О.Л. Підвищення ефективності використання локомотивного парку шляхом вдосконалення управління експлуатаційною роботою. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпропетровськ – 2010

Дисертація присвячена розробці математичних моделей та методів підвищення ефективності використання локомотивного парку для забезпечення вантажних перевезень шляхом удосконалення оперативного управління експлуатацією локомотивів.

В роботі обґрунтовано вибір актуальних задач оптимізації оперативного управління експлуатацією локомотивів (ОУЕЛ), досліджено існуючі показники реалізації технології підготовки локомотивів до роботи у вантажних поїздах з позицій статистичного підходу. Розроблено математичні моделі оптимізації процесу ОУЕЛ з урахуванням невизначеності динаміки технологічних процесів вантажних перевезень, відому модель «задачі про призначення» доповнено показником статистичного ризику втрат від несинхронності готовності локомотива і состава потягу. Запропоновано алгоритм оптимізації прив'язки готових поїздів до ниток графіка за критерієм мінімуму ризику простоїв. Розроблено та обґрунтувати метод ефективної інформаційної підтримки рішень оперативно-

диспетчерського персоналу з оперативного та поточного планування експлуатації локомотивів.

Одержані результати впроваджені у виробництво.

Ключові слова: залізничний транспорт, локомотив, оперативне і поточне планування, математичне моделювання, задача про призначення, статистичний ризик, сервер, інтерактивний, програмне забезпечення.

АННОТАЦІЯ

Зиненко О.Л. Повышение эффективности использования локомотивного парка путем усовершенствования управления эксплуатационной работой.- Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. – Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени ак.В.Лазаряна, Днепропетровск, 2010.

Диссертация посвящена разработке математических моделей и методов повышения эффективности использования локомотивного парка для обеспечения грузовых перевозок путем усовершенствования оперативного управления эксплуатационной работой. При этом в работе обоснован выбор актуальных задач оптимизации оперативного управления эксплуатацией локомотивов (ОУЕЛ), исследованы существующие показатели реализации технологии подготовки локомотивов к работе в грузовых поездах с позиций статистического подхода.

По результатам исследований на полигоне Приднепровской железной дороги и с использованием средств АСК грузовыми перевозками обоснованы подходы к учету в процессе оптимизации случайных составляющих длительности подготовки локомотивов. В частности, установлено, что распределения длительности основных стадий подготовки и их типичных последовательностей отвечают закону Вейбулла и экспоненциальному закону. Параметры таких законов могут существенно отличаться для разных станций и депо, при этом они по большей части остаются постоянными во времени.

Разработаны математические модели оптимизации процесса ОУЕЛ с учетом неопределенности динамики технологических процессов грузовых перевозок, известная модель «задачи о назначении» дополнена использованием показателя статистического риска потерь от несинхронности готовности локомотива и состава поезда. Такой подход, в отличие от известных, обеспечивает динамическую оптимизацию планирования. При этом оптимальный план назначений автоматически изменяется согласно зарегистрированным событиям в подготовке локомотивов и составов и соответствующему изменению прогнозов их готовности к перевозкам.

Получена формула для общего случая расчета статистического риска дополнительных простоев при отправлении грузовых поездов за готовностью и согласно графику. Получено аналитическое решение задачи расчета риска в предположении, что распределение времени готовности локомотивов и составов является равномерным. Правильность решения относительно получения

итоговой плотности распределения вероятности “встречи” локомотива и состава подтверждена статистическим моделированием. Предложен также алгоритм оптимизации привязки готовых поездов к графика по критерию минимума риска простоев.

Разработан и обоснован метод динамической интерактивной оптимизации планирования эксплуатации локомотивов, который включает элементы прогнозирования времени готовности локомотивов и составов к перевозкам и оптимизацию плана назначений локомотивов в поезда с учетом минимизации риска. В рамках исследования метода выполнено сравнение аналитического и численного способов расчета риска на базе статистического моделирования подтверждает, что аналитическое решение дает дополнительные погрешности, которые как правило не превышают 5-10%. С учетом экономичности его использование в практических алгоритмах управления оправдано.

Воплощено практическое решение в виде сервера ОУЕЛ (оперативного управления эксплуатацией локомотивов), в котором использованы предложенные и исследованные в работе методы и модели. Сервер ОУЕЛ обеспечивает поддержку решений поездных диспетчеров за счет реализации динамического интерактивного метода оптимизации привязки локомотивов к поездам. При этом он создает общее информационное пространство для всех участников процесса оперативного планирования и управления эксплуатацией локомотивов. Сервер интегрирован в среду АСК ВП УЗ. В настоящее время это решение внедрено в опытную эксплуатацию на железных дорогах Украины.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, локомотив, оперативное и текущее планирование, математическое моделирование, задача о назначении, статистический риск, сервер, интерактивный, программное обеспечение.

SUMMARY

Zinenko O.L. An increase of efficiency of the use of locomotive park is by perfection of management exploitation.- Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of candidate of engineering science on a speciality 05.22.20 – exploitation and repair of transport means. Dnipropetrovsk national railway transport university of the name of ak.V.Lazaryan, Dnipropetrovsk, 2010.

Dissertation is appointed development of mathematical models and methods devoted increasing of efficiency of the use of locomotive park for providing of freight transportations by the improvement of operative management exploitation of locomotives.

Thus in-process grounded choice of actual tasks of optimization of operative management exploitation of locomotives (OUEL), investigational existent indexes of realization of technology of preparation of locomotives to work in freight trains from positions of statistical approach. The mathematical models of optimization of process of OUEL are developed taking into account the vagueness of dynamics of technological processes of freight transportations, the known model of «task about

setting» is complemented the index of statistical risk of losses from unsynchronousness of locomotive and train composition readiness. The algorithm of optimization of attachment of the prepared trains is offered to the filaments of chart after the criterion of a minimum of outages risk. The method of effective informative support of decisions operatively controller's to the personnel from the operative and current planning of exploitation of locomotives is developed and grounded.

The got scientific and practical results are applied in industry.

Key words: railway transport, locomotive, operative and currant planning, mathematical simulation, task about setting, statistical risk, server, interactive, software.

Зіненко Ольга Леонідівна

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЛОКОМОТИВНОГО
ПАРКУ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ
ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЮ РОБОТОЮ**

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,0.
Тираж 100 прим. Зам. № 294.

Видавництво Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
ДК № 1315 від 31.03.2003

Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:
49010, Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2; www.ditrvv.dp.ua