

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Топчів Микола Петрович

УДК 656.212.4

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ
СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ НА ОСНОВІ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

ХАРКІВ – 2004

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі „Управління експлуатаційною роботою та міжнародними перевезеннями” Української державної академії залізничного транспорту Міністерства 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

Негрей Віктор Яковлевич
Білоруський державний університет транспорту, перший
проректор;

доктор технічних наук, доцент

Бобровський Володимир Ілліч
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,
кафедра “Залізничні станції та вузли”, завідувач кафедри.

Провідна установа – Київський університет економіки і технологій транспорту,
кафедра “Організація перевезень і управління на
транспорті”,

Міністерство транспорту і зв’язку України, м. Київ

Захист відбудеться „11” листопада 2004р. о 13.30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 в Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

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

Автореферат розісланий „8” жовтня 2004р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Фалендиш А.П.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Вступ. Укрзалізниця є одним із основних споживачів паливно – енергетичних ресурсів на теренах України, основна доля яких припадає на перевізний процес. Для забезпечення конкурентноздатності залізниць в умовах транспортного ринку і інтеграції до Європейського союзу необхідним є розробка і впровадження ресурсозберігаючих технологій в усі ланки перевізного процесу. В теперішній час важливим є відношення до витрат паливно – енергетичних ресурсів на залізничних станціях. Зменшення витрат лінійних підрозділів при дотриманні виконання всіх технологічних операцій є однією з основних задач управління експлуатаційною роботою, що повністю відповідає Концепції та Програмі реструктуризації на залізничному транспорті України і директивним документам Укрзалізниці (УЗ).

Актуальність теми. Скорочення експлуатаційних витрат залізничних станцій, як одних із основних ланок перевізного процесу, повинно досягатися насамперед за рахунок удосконалення і впровадження ресурсозберігаючих технологій. На основі проведеного аналізу було виявлено, що витрати палива на проведення маневрових операцій на сортувальних станціях УЗ складають біля 28% від витрат на перевезення тепловозами. Динаміка показників роботи сортувальних станцій України свідчить про те, що транзитний вагонопотік (з переробкою і без переробки) має тенденцію до підвищення в середньому на 15%, що сприяє загальному зростанню витрат палива, і як наслідок, витрат на перевізний процес залізниць України.

Виходячи з цього, необхідним є виявлення множини технологічних та конструктивних факторів маневрової роботи сортувальних станцій, що впливають на величину витрат палива. На основі цього аналізу шляхом розробки комплексу математичних моделей можливо удосконалювати і впроваджувати ресурсозберігаючі технології маневрової роботи та надавати рекомендації щодо вибору раціональних конструктивних параметрів сортувальних гірок за критерієм ресурсозбереження.

Інструментом для реалізації цих напрямків є використання сучасних інформаційних технологій, що дозволяють створити моделюючі програми роботи маневрового диспетчера для підтримки прийняття оперативних рішень в умовах обмежень на витрати палива.

Ці напрямки удосконалення маневрової роботи дозволяють кваліфікувати тему дисертації як актуальну.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась відповідно Концепції та Програми реструктуризації на залізничному транспорті України (1997р.), закону України “Про енергозбереження” (74/94– ВР), постанови Кабінету Міністрів України “Про порядок нормування питомих витрат паливно – енергетичних ресурсів у суспільному виробництві” (2002р.), а також науково– дослідної роботи “Дослідження та розробка методики нормування маневрової роботи зі зниженням витрат паливно – енергетичних ресурсів на залізницях України” (держреєстрація №0104U003709).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є удосконалення технології роботи і конструктивних параметрів сортувальної станції на основі зменшення витрат паливно–енергетичних ресурсів при проведенні маневрових операцій. Поставлена мета визначила наступні основні задачі досліджень:

- аналіз множини технологічних і конструктивних факторів експлуатаційної роботи, що впливають на витрати палива при проведенні маневрових операцій на технічних станціях;
- розробка математичної моделі для визначення залежності витрат палива від факторів експлуатаційної роботи та конструктивних параметрів при проведенні маневрів на станціях;
- дослідження впливу основних технологічних та конструктивних факторів на стійкість функціонування сортувальної станції з позиції ресурсозбереження;
- удосконалення технології маневрової роботи на сортувальній станції в умовах ресурсозбереження;
- розробка математичної моделі для оцінки впливу конструктивних параметрів поздовжнього профілю насувної частини гірок на витрати палива при розформуванні составів;
- дослідження впливу композиції та довжини составу, що розформується, і конструкції поздовжнього профілю насувної частини сортувальних гірок на витрати паливно–енергетичних ресурсів;
- визначення техніко–економічної ефективності впровадження запропонованої технології маневрової роботи на основі зниження витрат паливно–енергетичних ресурсів на сортувальних станціях.

Об'єкт дослідження. Технологія маневрової роботи і визначення конструктивних параметрів насувної частини сортувальної гірки

Предмет дослідження. Сортувальна станція.

Методи дослідження. Проведені дослідження базуються на процедурі обліку величини витрати палива маневровими локомотивами паралельно із множиною величин експлуатаційних факторів. Аналіз впливу технологічних та конструктивних факторів маневрової роботи на витрати палива проведено з використанням теорії імовірностей, математичної статистики та методів множинної логарифмічної кореляції. Модель процесу розформування составів базується на використанні методів динамічного програмування.

Наукова новизна отриманих результатів. В дисертаційній роботі шляхом розробки комплексу математичних моделей вирішено наукову задачу удосконалення технології маневрової роботи на сортувальній станції на основі ресурсозбереження з урахуванням впливу множини експлуатаційних і конструктивних факторів та вибору раціональних параметрів поздовжнього профілю насувної частини сортувальних гірок.

Вперше:

- запропоновано кореляційну математичну модель для визначення коефіцієнту стійкості функціонування сортувальної станції при проведенні маневрової роботи в парках приймання - відправлення і на сортувальній гірці;
- отримано номограми залежностей основних експлуатаційних і конструктивних показників в межах інтервалу довіри коефіцієнту стійкості для оперативного контролю та управління маневровою роботою в умовах раціонального використання та економії паливно – енергетичних ресурсів;
- запропонована математична модель процесу розформування составів на сортувальній гірці, як модель динамічного програмування, що дозволяє визначити раціональні конструктивні і технологічні параметри по критерію витрат паливно – енергетичних ресурсів, при цьому отримані номограми залежностей витрат палива маневровими локомотивами від довжини состава при різному розташуванні відчепів та конструктивних параметрів поздовжнього профілю насувної частини сортувальної гірки.

Удосконалені:

- методи розрахунку витрат палива при проведенні маневрових операцій за рахунок обліку множини експлуатаційних і конструктивних факторів;
- структура локальної інформаційної мережі сортувальної станції, що інтегрована до комплексної системи електронного обміну даними (КСЕОД) і

забезпечує виконання маневрової роботи в умовах ресурсозбереження на АРМ маневрового диспетчера.

Практичне значення отриманих результатів. Сформовано коефіцієнт стійкості функціонування сортувальної станції, що дозволяє з позиції ресурсозбереження оперативно корегувати технологію маневрової роботи в парках приймання – відправлення і на сортувальних гірках. Розроблена для цього математична модель представлена у вигляді програмного продукту, що встановлений на АРМ маневрового диспетчера. Реалізацію ресурсозберігаючої технології маневрової роботи веде безпосередньо маневровий диспетчер при знаходженні коефіцієнта стійкості в межах 1,0 - 1,05.

Розроблений програмний продукт для визначення витрат палива маневровим локомотивом при виконанні сортувального процесу, в основу якого покладена запропонована математична модель насуву та розпуску составів, дає можливість отримати раціональні конструктивні параметри поздовжнього профілю насувної частини при проектуванні нових гірок, реконструкції існуючих та виправленні профілю, що згідно з Правилами технічної експлуатації залізниць України повинно виконуватись не рідше одного разу на три роки. Отримані результати досліджень щодо конструкції поздовжнього профілю насувної частини гірок рекомендується враховувати при розробці нових Правил і норм проектування сортувальних пристроїв.

Основні результати і розроблені моделі по реалізації ресурсозберігаючої технології маневрової роботи і рекомендації щодо вибору раціональних конструктивних параметрів сортувальних гірок використані при розробці методики "Оцінки впливу технології роботи технічної станції на нормування витрат палива маневровими засобами", що затверджена Головним управлінням перевезень УЗ для впровадження на сортувальних станціях, а також у навчальний процес УкрДАЗТ при вивченні дисципліни "Управління експлуатаційною роботою і якістю перевезень", у дипломному проектуванні, при виконанні учбово-дослідних робіт студентів, на ІПК при УкрДАЗТ при підготовці магістрів. Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними актами впровадження, що наведені у додатках до роботи.

Особистий внесок здобувача. У співавторстві опубліковано 3 статті.

В статті [1] – автором проаналізовано існуючий розрахунково-аналітичний і розрахунково-статистичний методи для визначення витрат палива при проведенні

маневрових операцій на сортувальних станціях, а також запропоновано множину факторів, що впливають на процес ресурсозбереження при їх виконанні.

В статті [2] – автором виконана розробка підходів при формуванні математичної моделі насуву та розпуску составів на сортувальній гірці та обґрунтування параметрів цієї моделі.

В статті [3] – автором проведено вибір елементів профілю сортувальної гірки з позиції ресурсозбереження і розрахунки величини витрат палива маневровими локомотивами від маси і композиції составів.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертаційної роботи доповідались, обговорювались та були схвалені на: 64-66-й міжнародних науково-технічних конференціях кафедр УкрДАЗТ та спеціалістів залізничного транспорту (м. Харків 2002-2004 рр.); І науково - практичній конференції “Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління” (м. Київ, грудень 2003 р.); Міжнародній науково-практичній конференції “Сталий розвиток міст. Міські й регіональні проблеми транспортних систем і логістики” Харківської національна академії міського господарства (м. Харків 2004 р.); Міжнародних науково-технічних конференціях, “Якість, стандартизація, сертифікація” (м. Ялта, 2003 р., 2004 р.).

Повністю результати дисертаційної роботи було докладено та схвалено на розширеному засіданні кафедри “Управління експлуатаційною роботою та міжнародними перевезеннями” УкрДАЗТ в 2004 р. з участю членів спеціалізованої вченої ради.

Публікації. Відповідно до теми дисертації опубліковано 5 наукових робіт у виданнях, що затвердженні ВАК України як фахові (дві з них без співавторів).

Структура й обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Повний обсяг роботи містить 246 сторінку, з них об’єм основного тексту 121 сторінки, додатків, списку використаних джерел, рисунків та таблиць 125 сторінок. Робота ілюстрована 49 рисунками, наведено 30 таблиць. Список використаних джерел складається з 153 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульована мета і задачі дослідження, наукова новизна і практичне значення отриманих результатів.

Наведено особистий внесок автора, інформацію про апробації і публікації результатів досліджень.

У першому розділі, виходячи із мети дисертаційної роботи, проведено аналіз теоретичних та методичних розробок щодо технології і нормування часу на виконання маневрових операцій, сучасних методів нормування витрат палива при виконанні маневрової роботи на станції, а також аналіз існуючих конструкцій і методик вибору раціональних параметрів сортувальних гірок і значень його окремих елементів.

Теорією і нормуванням часу на маневрову роботу займалися такі вчені країн СНД і дальнього зарубіжжя, як Є.В.Архангельський, О.М. Бабичков, В.А. Буянов, І.І. Васильєв, М.Ю. Гончаров, П.С. Грунтов, М.І. Данько, М.Л. Забелло, Ю.І. Єфіменко, М. Д. Іловайський, Б.А. Калери, В.М. Кулешов, Месарож Пал (Угорщина), В.Я. Негрей, Потгофф (Німеччина), О.М. Толстошей, Є.М. Шафіт та інші.

Результати наукових досліджень та передової практики маневрової роботи на станціях були відображені в офіційному документі МШС СРСР щодо нормування часу на виконання маневрових робіт, а на Україні в офіційному виданні “Методичні рекомендації з визначення норм часу на маневрову роботу” (2001р.). Однак, ні в теоретичних дослідженнях, ні в офіційних виданнях, в тому числі в Типовому технологічному процесі роботи сортувальних станцій (1998р.) і в Типовому технологічному процесі роботи дільничних станцій (1998р.) не визначались одночасно з нормуванням часу маневрів і витрати палива або електроенергії та ресурсозберігаючі технології маневрових операцій.

Як показав аналіз, існуючі методи визначення витрат палива локомотивами в основному спрямовані на умови роботи магістрального транспорту, тобто на тягу поїздів, і в значно меншому ступені адаптовані до маневрового процесу на сортувальних станціях. Ці методи, що базуються на фізичній сутності процесу руху поїзда, відповідно до яких отримані математичні вирази, можуть бути класифіковані за наступною схемою: розрахунково – аналітичні, розрахунково – статистичні і експлуатаційні.

Аналіз вищезазначених методів показав, що найбільш близькою до специфіки маневрової роботи є модель, розроблена в УкрДАЗТ. Вона враховує вплив множини таких факторів, як - маса поїзду, час руху, кількість відчепів у составі, кількість вагонів у составі при розформуванні, номер позиції контролера машиніста при роботі локомотива у парках приймання і відправлення та на

сортувальній гірці, температура навколишнього середовища. Доопрацювання цієї моделі за рахунок обліку впливу додаткової множини технологічних і конструктивних факторів маневрової роботи надасть можливість повністю адаптувати її до умов проведення маневрових операцій, що в свою чергу може бути основою для створення ресурсозберігаючої технології.

Питаннями удосконалення значень конструктивних параметрів сортувальних гірок займалися такі вчені як К.С. Ахвердієв, І.В. Берестов, С.О. Бессоненко, В.І. Бобровський, М.П. Божко, Е.О. Гібшман, М.М. Дашков, В.П. Жуков, І.В. Жуковицький, Б.О. Кривошей, Ю.А. Муха, Є.В. Нагорний, Н.Н. Новгородов, О.М. Огар, В.Є Павлов, В.І. Смірнов, Л.Б. Тішков, О.П. Шипулін та інші.

Розроблені вищезазначеними авторами наукові підходи щодо оптимізації повздовжнього профілю сортувальних гірок і значень його окремих елементів в основному були спрямовані на підвищення переробної спроможності, що було обумовлено інтенсивним зростанням розмірів сортувальної роботи. Загальним недоліком більшості розробок є відсутність ресурсозберігаючого підходу при виборі раціональних параметрів повздовжнього профілю, зокрема насувної частини сортувальний гірок.

В умовах ринкової економіки зазначені питання набувають особливу актуальність і вказують на необхідність удосконалення технології роботи технічних засобів сортувальних станцій на основі ресурсозбереження.

Другий розділ присвячено розробці математичної моделі, що дозволяє реалізувати підходи для створення ресурсозберігаючих технологій маневрової роботи. Для цього, з метою формування множини технологічних і конструктивних факторів, що впливають на витрати палива при проведенні маневрових операцій, було проведено детальний аналіз операцій по обробці транзитних поїздів, поїздів, що надійшли у розформування, поїздів свого формування в гірковому районі, в районі формування, в пунктах місцевої роботи, в приймально – відправних парках для транзитних поїздів.

Відповідно до цього аналізу сформовано множину наступних факторів, що впливають на витрати палива: Q - маса составу брутто, т; N_e - ефективна потужність локомотива, кВт; $t_{рг}$ - час розпуску на гірці та при перестановці составів, хв; $K_{ваг}$ - кількість вагонів у составі; $K_{від}$ - кількість відцепів у составі; K_m - позиція контролера машиніста; $T_{нс}$ - температура навколишнього середовища, $^{\circ}C$; Ψ_k - коефіцієнт зчеплення “колесо-рейка”; $\omega_{ск}$ - додатковий опір від стрілок та

кривих, Н/кН; $\omega_{св}$ - додатковий опір від навколишнього середовища та вітру, Н/кН; H_{Γ} - висота гірки, м; H_e - енергетична висота, кДж/кН; V_p - розрахункова швидкість розпуску, м/с; I_{cp} - середня крутість підйому насувної частини, ‰; $F_{кт}$ - сила тяги локомотива при зрушенні з місця, кН; S_{Γ} – довжина насувної частини, м.

Для обліку ступеню впливу вище зазначених факторів на реалізацію ресурсозберігаючої технології маневрової роботи запропоновано коефіцієнт стійкості функціонування (Кст) у вигляді

$$K_{CT} = \frac{G_F}{G_I} \in [1,0 \div 1,05],$$

де G_F – фактичні витрати палива при роботі на сортувальній гірці та в парках приймання - відправлення при проведенні маневрових операцій за напіврейс;

G_I – мінімально можливі витрати палива маневровим локомотивом при роботі на сортувальній станції на аналогічних операціях за напіврейс.

Для аналітичного опису залежності поточних витрат палива у даний момент G_{Fi} від множини технологічних та конструктивних факторів використана множинна логарифмічна кореляційна модель:

$$G_{Fi} = f(Q, N_e, K_{ваг}, K_{від}, K_M, \Psi_K, \omega_{ск}, \omega_{св}, H_{\Gamma}, H_e, V_p, I_{cp}, F_{кт}, S_{\Gamma}) = e^{\alpha_0} \cdot z_1^{\alpha_1} \cdot z_2^{\alpha_2} \cdot z_4^{\alpha_4} \cdot z_5^{\alpha_5} \cdot z_6^{\alpha_6} \cdot z_7^{\alpha_7} \cdot z_8^{\alpha_8} \cdot z_9^{\alpha_9} \cdot z_{10}^{\alpha_{10}} \cdot z_{11}^{\alpha_{11}} \cdot z_{12}^{\alpha_{12}} \cdot z_{13}^{\alpha_{13}} \cdot z_{14}^{\alpha_{14}},$$

$$\text{де } z_1 = \frac{Q_i}{Q}; z_2 = \frac{N_{ei}}{N}; z_3 = \frac{K_{ваг i}}{K_{ваг}}; z_4 = \frac{K_{від i}}{K_{від}}; z_5 = \frac{K_{M i}}{K_M}; z_6 = \frac{\Psi_{K i}}{\Psi_K};$$

$$z_7 = \frac{\omega_{ск i}}{\omega_{ск}}; z_8 = \frac{\omega_{св i}}{\omega_{св}}; z_9 = \frac{H_{\Gamma i}}{H_{\Gamma}}; z_{10} = \frac{H_{ei}}{H_e}; z_{11} = \frac{V_{pi}}{V_p}; z_{12} = \frac{I_{cpi}}{I_{cp}};$$

$$z_{13} = \frac{F_{kti}}{F_{кт}}; z_{14} = \frac{S_{\Gamma i}}{S_{\Gamma}};$$

i – номер поточних значень факторів;

e – основа натурального логарифму;

$Q_i, \bar{Q}, N_{ei}, \bar{N}_e, K_{ваг i}, \bar{K}_{ваг}, K_{від i}, \bar{K}_{від}, K_{M i}, \bar{K}_M, \Psi_{K i}, \bar{\Psi}_K, \omega_{ск i}, \bar{\omega}_{ск}, \omega_{св i}, \bar{\omega}_{св}, H_{\Gamma i}, \bar{H}_{\Gamma}, H_{ei}, \bar{H}_e, V_{pi}, \bar{V}_p, I_{cpi}, \bar{I}_{cp}, F_{kti}, \bar{F}_{кт}, S_{\Gamma i}, \bar{S}_{\Gamma}$ - відповідно поточні значення i математичне очікування випадкової величини вищенаведених експлуатаційних факторів;

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{14}$ - показники ступеню кореляційної моделі.

За фізичною сутністю величина e^{α_0} представляє існуючу норму витрат дизельного палива, а множники $z_k^{\alpha_k}$ ($k = \overline{1,14}$) відповідають за ступінь впливу технологічних і конструктивних факторів на витрати палива при проведенні маневрової роботи.

Для визначення показників ступеню α_k шляхом попереднього логарифмування методом найменших квадратів отримана система нормальних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_0 n + a_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} + a_2 \sum_{i=1}^n x_{2i} + \dots + a_k \sum_{i=1}^n x_{ki} = \sum_{i=1}^n y_i; \\ a_0 \sum_{i=1}^n x_{1i} + a_1 \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 + a_2 \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i} + \dots + a_k \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{ki} = \sum_{i=1}^n x_{1i} y_i; \\ a_0 \sum_{i=1}^n x_{2i} + a_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i} + a_2 \sum_{i=1}^n x_{2i}^2 + \dots + a_k \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{ki} = \sum_{i=1}^n x_{2i} y_i; \\ \dots \\ a_0 \sum_{i=1}^n x_{ki} + a_1 \sum_{i=1}^n x_{ki} x_{1i} + a_2 \sum_{i=1}^n x_{ki} x_{2i} + \dots + a_k \sum_{i=1}^n x_{ki}^2 = \sum_{i=1}^n x_{ki} y_i, \end{array} \right.$$

де n - кількість спостережень (маневрових операцій);

k - кількість факторів ($k = 14$);

$$y = \ln G_{Fi}; \quad x_k = \ln z_k.$$

Чисельні значення показників α_k отримані на основі емпіричних даних, що були зібрані на станціях Південної, Донецької, Одеської та Львівської залізницях із використанням пакету MathCAD. Отримані чисельні значення показників α_k наведені в табл. 1:

Таблиця 1

Чисельні значення показників кореляції

| α_0 | α_1 | α_2 | α_3 | α_4 | α_5 | α_6 | α_7 | α_8 | α_9 | α_{10} | α_{11} | α_{12} | α_{13} | α_{14} |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 2.33 | 0.48 | 0.14 | 0.57 | 1.122 | 0.19 | 0.12 | 0.009 | 0.014 | 0.14 | 0.09 | 0.35 | 0.12 | 0.13 | 0.11 |

Для перевірки адекватності запропонованої математичної моделі визначення витрат палива G_F проведено експериментальні дослідження в умовах станції Красний Лиман Донецької залізниці. Шляхом порівняння витрат палива, отриманих на основі математичної моделі, з витратами палива, що вимірювались

автоматизованим комплексом АКДТ – 05 (свідоцтво про метрологічну атестацію № 05-642 від 17 жовтня 2003р. видане Харківським державним центром стандартизації, метрології та сертифікації) встановлено, що відносне відхилення з урахуванням похибки вимірювання не перевищує 1,42 %. Розроблена математична модель, апробована в умовах сортувальних станцій Південної, Донецької, Львівської і Одеської залізниць.

Чисельні величини α_k є основою для визначення суттєвих факторів, що впливають на витрати палива при проведенні маневрових операцій і тих, що можуть оперативно корегуватися маневровим диспетчером. До таких факторів доцільно віднести: Q , $K_{\text{ваг}}$, $K_{\text{від.}}$, K_M , V_P .

Для зазначених технологічних факторів у процесі розпуску составів на сортувальній гірці були отримані номограми залежностей кореляційних коефіцієнтів від експлуатаційних факторів. Вони є основою для створення системи підтримки прийняття оперативних рішень маневровим диспетчером по корегуванню технологічних показників, значення яких забезпечує знаходження коефіцієнта стійкості $K_{\text{ст}}$ в межах $[1,0; 1,05]$, тобто реалізувати ресурсозберігаючу технологію.

У третьому розділі для дослідження впливу конструктивних параметрів сортувальних гірок з позиції економії паливно-енергетичних ресурсів розроблена математична модель, що враховує залежність сумарної витрати палива G_n від характеру поздовжнього профілю насувної частини. При формуванні моделі состав розглядається не як матеріальна точка, а у вигляді протяжного об'єкта зі змінною довжиною і масою. Поздовжній профіль насувної частини у моделі представлено двохелементним, як найбільш розповсюджений на території України, що підтверджується відповідними дослідженнями автора.

Запропонована модель формалізована в наступному аналітичному виді:

$$G_n = \int_0^{t_k} (b_0 + b_1 \cdot V(t, i_1, i_2) + b_2 \cdot (V(t, i_1, i_2))^2) dt \rightarrow G_{n \min},$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_k(V(t, i_1, i_2)) \leq F_{k \max}, \\ 0 \leq V(t, i_1, i_2) \leq V_p \text{ при } 0 \leq t \leq t_p, \\ |V(t, i_1, i_2) - V_p| \leq 0.5 \text{ при } t_p < t \leq t_k, \\ 0 \leq Q'(t) \leq Q, \quad 0 \leq l_c'(t) \leq l_c, \\ -2.5 \leq i_k \leq 2.5, \quad 50 \leq l_2 \leq 150, \\ 0 \leq i_1 \leq 2, \quad 8 \leq i_2 \leq 16, \\ l_1 + l_2 = l_{nac}, \quad i_1 \cdot l_1 + i_2 \cdot l_2 = h_{np}, \end{array} \right.$$

$$V(0) = 0, \quad t(0) = 0, \quad S(0) = 0, \quad Q'(0) = Q, \quad l_c'(0) = l_c,$$

де t_k - момент закінчення розпуску состава, с;

b_0, b_1, b_2 - емпіричні коефіцієнти;

$V(t, i_1, i_2)$ - швидкість состава в момент часу t , м/с;

i_1, l_1, i_2, l_2 - ухил, ‰, та довжина, м, відповідно першого і другого елементів профілю насувної частини;

$F_k(V(t, i_1, i_2))$ - сила тяги локомотива, Н;

t_p - інтервал часу від початку насуву до моменту досягнення швидкості розпуску;

(V_p) , с; $Q'(t)$ - вага состава в момент часу t , кН;

$l_c'(t)$ - довжина состава в момент часу t , м;

i_k - ухил колій передгіркового парку (витяжних колій), ‰;

h_{np} , l_{nac} - відповідно профільна висота, м, та довжина насувної частини сортувальної гірки, м.

Величина миттєвої швидкості состава при його насуві та розпуску визначається з диференційного рівняння

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dV(t, i_1, i_2)}{dt} = \frac{g}{P_n + Q'(t)} (F_k(V(t, i_1, i_2)) - W_k(V(t, i_1, i_2)) - \\ - (P_n + Q'(t)) \cdot i_{cp}(i_1, i_2, S(t), l_c'(t))), \\ dS = V(t, i_1, i_2) dt, \end{array} \right.$$

де g - прискорення вільного падіння, м/с²;

P_n - вага локомотива, кН;

$W_k(V(t, i_1, i_2))$ - опір руху состава, Н;

$i_{cp}(i_1, i_2, S(t), l_c'(t))$ - середній підйом, на якому знаходиться состав, що насувається, ‰;

$S(t)$ - пройдений шлях локомотивом до моменту часу t , м.

Для визначення сили тяги $F_k(V(t, i_1, i_2))$ використані характеристики тепловоза ЧМЕ-3, що у моделі кусочноапроксимовані методом найменших квадратів для різних позицій контролера машиніста і швидкостей руху.

Знаходження оптимальних значень i_1, i_2 виконано при застосуванні релаксаційних методів, оскільки у порівнянні з іншими, дані методи дозволяють зменшити обсяг обчислень і прискорити пошук.

Запропонована математична модель для визначення витрат палива реалізована у вигляді програмного забезпечення. Вихідними даними до моделювання є: швидкість розпуску состава, крок моделювання, довжина ділянки колії перед насувною частиною, довжини першого і другого елементів насувної частини, довжина умовної площадки на вершині гірки, уклони першого і другого елементів насувної частини, маса і довжина локомотива, початкова позиція контролера машиніста, число стрілок і кривих по маршруту насуву, координати центрів стрілочних переводів та кутів повороту на них, координати вершин кривих та кутів повороту на них, число відчепів у составі, середня маса чотиривісних навантажених і порожніх та восьмивісних навантажених і порожніх вагонів, довжини чотиривісних і восьмивісних вагонів, число чотиривісних навантажених і порожніх та восьмивісних навантажених і порожніх вагонів у кожному відчепі.

На основі моделювання отримано номограми витрат палива маневровим локомотивом від довжини та композиції составів, що розформовуються на сортувальній гірці, при різних варіантах поздовжнього профілю насувної частини з використанням математичної моделі насуву та розпуску составів (рис. 1, 2).

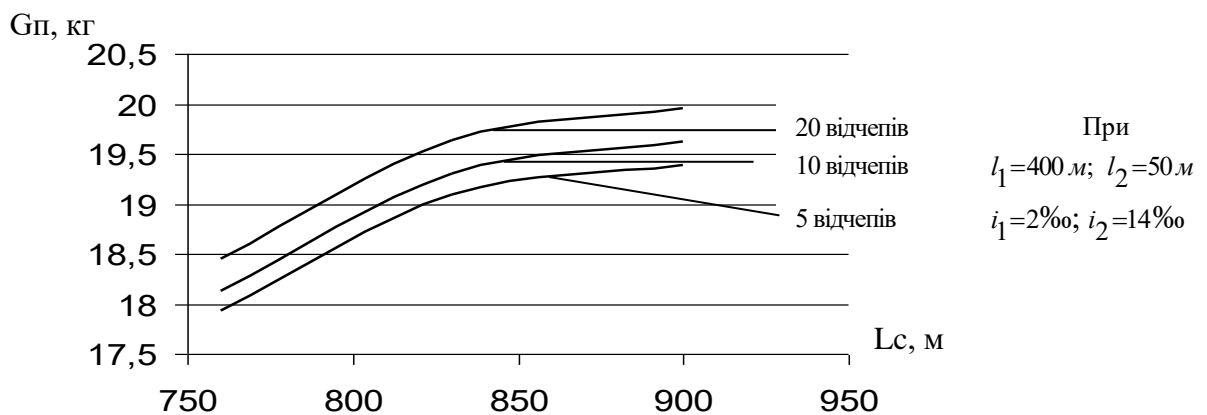


Рис. 1 – Залежність витрати палива від довжини состава при різному числі відчепів у составі.

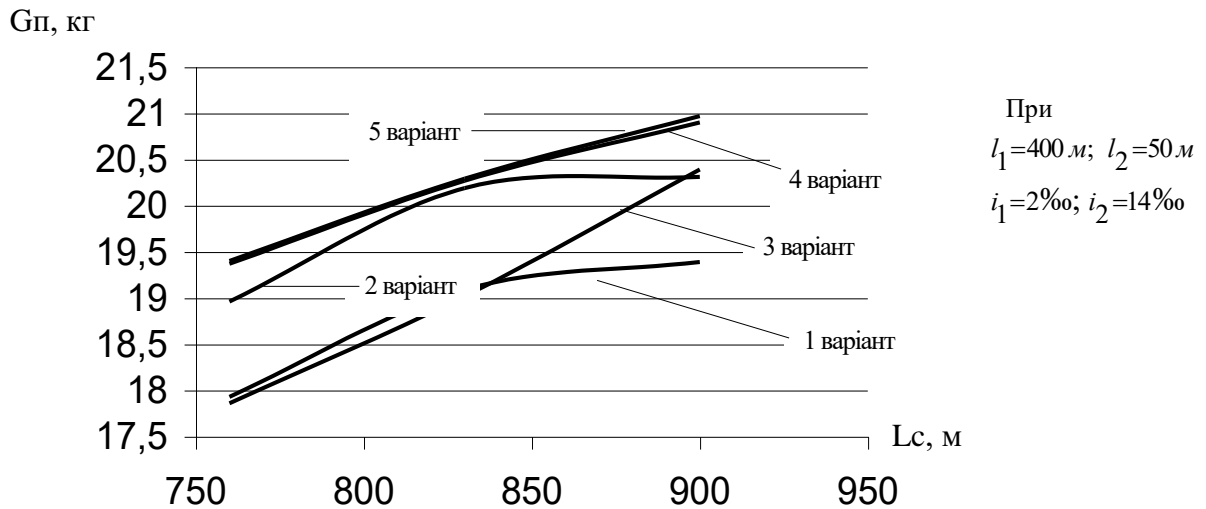


Рис. 2 – Залежність витрати палива від довжини состава при різному розташуванні відчепів у составі.

Аналіз номограм вказав на необхідність зосереджування важких відчепів у голові состава, зменшення кількості відчепів та формування повносоставних составів.

Запропонована математична модель насуву та розпуску составів дозволяє визначати раціональні конструктивні параметри поздовжнього профілю насувної частини гірки з позиції ресурсозбереження і надавати рекомендації щодо його виправлення.

В четвертому розділі вирішена задача удосконалення інформаційної системи сортувальної станції. На основі проведеного аналізу комплексу задач, що вирішуються існуючою КСЕОД, було виявлено, що вона здатна тільки зафіксувати експлуатаційні події та кількісно їх оцінювати. Запропонований комплекс моделей, що інтегрований до КСЕОД, дозволяє деталізувати технологію маневрової роботи з точністю до напіврейсу і додатково враховувати витрати палива, внаслідок чого можливо реалізувати ресурсозберігаючу технологію.

Розроблена модель, що реалізує ресурсозберігаючу технологію, встановлено на АРМ маневрового диспетчера і АРМ працівників, що з ним взаємодіють. Вона дозволяє в залежності від того, чи виконується умова $K_{ст} \in [1,0; 1,05]$ організувати систему підтримки прийняття рішень маневрового диспетчера і оперативно корегувати його рішення щодо технологічних факторів.

В роботі також запропоновано модель інформаційної взаємодії різних користувачів, що забезпечує режим сумісної експлуатаційної роботи структурних підрозділів станції та маневрових локомотивів з виходом через сервер ДЦУ на сервер інформаційно – статистичного центру УЗ.

Проведені розрахунки з техніко – економічної ефективності від впровадження ресурсозберігаючої технології маневрової роботи в умовах станції Красний Лиман довели, що при загальному відправленні 766500 вагонів за рік економія паливних ресурсів склала 145000 грн, тобто 7,6%, внаслідок чого річні експлуатаційні витрати відповідно зменшились на 1,8%, а собівартість одного відправленого вагону на 0,15 грн/ваг.

Для оцінки ефективності впровадження запропонованих конструкцій насувної частини гірок, що забезпечують ресурсозбереження, розроблена методика економічного порівняння варіантів поздовжнього профілю.

Дослідження показали, що при збільшенні швидкості розпуску зменшуються витрати палива при розформуванні составів, але поряд з цим може виникнути необхідність збільшення потужності гальмівних позицій, що розташовані на спускній частині і коліях сортувального парку, за умовою допустимої швидкості входу на них або у наслідок зміни режимів регулювання швидкості скочування відчепів з метою отримання найменших інтервалів на вершині гірки. Особливо це стосується паркових гальмівних позицій, де рядом авторів встановлена прямопропорційна залежність збільшення швидкості розпуску і потужності цієї позиції.

У зв'язку з цим для визначення ефективності застосування оптимальної конструкції поздовжнього профілю насувної частини слід враховувати капітальні вкладення в засоби регулювання швидкості скочування відчепів та експлуатаційні витрати на амортизацію, запасні частини і технічне обслуговування цих засобів, електроенергію на регулювання швидкості скочування відчепів, електроенергію на відшкодування втрат стислого повітря з гальмівних циліндрів і пневматичних вузлів уповільнювачів, відшкодування втрат від ушкодження вагонів і вантажів.

Сфери застосування оптимальної конструкції профілю насувної частини необхідно визначати зіставленням приведених витрат при різних швидкостях розпуску з діапазону швидкостей від встановленої для гірки даної потужності до максимально допустимої за умовами автоматичного розчеплення вагонів на вершині гірки. У зв'язку з цим у капітальних вкладеннях слід враховувати вкладення в обладнання гірки такими пристроями.

Застосування різних швидкостей розпуску составів впливає також на тривалість розформування составів. Цей показник в свою чергу впливає на кількість гіркових локомотивів і простій составів у парку приймання в очікуванні розформування. Таким чином, до капітальних вкладень слід додати вкладення в вантажну масу на колесах і локомотиви та вкладення на їх придбання, а в експлуатаційні витрати – додаткові витрати, пов'язані з простоєм составів у парку приймання. При порівнянні варіантів слід також враховувати капітальні вкладення в проведення земляних робіт, розбирання, укладання і баластування колій насуву та експлуатаційні витрати на дизельне паливо.

На підставі розробленої методики економічної оцінки варіантів поздовжнього профілю насувної частини визначена ефективність застосування оптимального профілю на сортувальній гірці станції Красний Лиман. Впровадження такого профілю дозволить зменшити річні приведені витрати на 6,8%.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі комплексно з єдиних методологічних позицій економії паливно – енергетичних ресурсів вирішено наукову задачу створення і реалізації ресурсозберігаючої технології маневрової роботи на сортувальних станціях і вибору раціональних конструктивних параметрів поздовжнього профілю насувної частини сортувальних гірок. При цьому отримані такі основні наукові результати, висновки і практичні рекомендації:

1 Проведений аналіз показав, що діючі на залізницях Типові технологічні процеси роботи сортувальних станцій при проведенні маневрових операцій у парках приймання – відправлення, на сортувальній гірці та витяжних коліях орієнтовані на визначення тільки норми часу і не враховують вплив множини експлуатаційних і конструктивних факторів на витрати палива маневровими локомотивами, відповідно до умов конкретних станцій.

2 Сформовано наступну множину факторів, що впливають на витрати палива при проведенні маневрових операцій: маса составу, ефективна потужність локомотива, час розпуску на гірці та при перестановці составів, кількість вагонів і відчепів у составі, позиція контролера машиніста, температура навколишнього середовища, коефіцієнт зчеплення “колесо-рейка”, додатковий опір стрілок та кривих, додатковий опір від навколишнього середовища та вітру, висота гірки, енергетична висота, розрахункова швидкість розпуску, середня крутість підйому

насувної частини, сила тяги локомотива при зрушенні з місця, профіль сортувальної гірки.

3 Шляхом удосконалення розрахунково – статистичного методу УкрДАЗТ для обліку впливу множини технологічних і конструктивних факторів на величину витрат палива при проведенні маневрової роботи запропоновано математичну модель на основі множинної логарифмічної кореляції, чисельні значення параметрів якої були отримані на основі моніторингу і інформації, що міститься у добовому плану - графіку роботи сортувальних станцій та технологічних графіках їх об'єктів на Південній, Донецькій, Одеській та Львівській залізницях.

4 Для визначення якості проведення маневрових операцій запропоновано коефіцієнт стійкості $K_{CT} = \frac{G_F}{G_I}$, приналежність якого інтервалу $[1,0 \div 1,05]$, забезпечує реалізацію ресурсозберігаючої технології маневрової роботи. Основними факторами, що впливають на величину K_{CT} і визначились відповідними чисельними значеннями коефіцієнтів α_k є маса составу, кількість відчепів і вагонів у составі, швидкість руху, час руху, позиція контролеру машиніста.

5 Удосконалено технологію маневрової роботи на сортувальних станціях в умовах одночасного нормування часу маневрів і обліку витрат палива маневровим локомотивом по напіврейсам. Реалізацію ресурсозберігаючої технології запропоновано здійснювати в єдиному інформаційному середовищі за допомогою автоматизованого інформаційно – обчислювального комплексу, що встановлений на локомотиві, через АРМ маневрового диспетчера і оперативних працівників, що з ним взаємодіють.

6 Розроблена математична модель насуву та розпуску составів несе універсальний характер і дозволяє відповідно до умов кожної станції розраховувати витрати паливно-енергетичних ресурсів. На основі моделювання було отримано, що ресурсозбереження забезпечується при застосуванні наступних нормативів до поздовжнього профілю насувної частини: уклон першого елемента насувної частини – 2 ‰; протиуклон перед вершиною гірки (другий елемент) – 10-11 ‰. Запропоновані нормативи слід застосовувати при довжині відповідних елементів, рекомендованій Правилами і нормами проектування сортувальних пристроїв. В інших випадках необхідно виконувати оптимізаційні розрахунки

поздовжнього профілю насувної частини із застосуванням розробленого програмного забезпечення.

7 Виконані дослідження впливу композиції та довжини составів, що розформовуються, на витрати паливно-енергетичних ресурсів свідчать про доцільність формування повносоставних поїздів (оптимальна довжина состава, що забезпечує мінімальні витрати паливно-енергетичних ресурсів, з урахуванням холостого пробігу, складає 63 ± 5 умовних вагона), зосереджування важких відцепів при формуванні составів у голові состава, укрупнювання відцепів шляхом підвищення частки багатогрупових составів при формуванні поїздів з вагонопотоків призначенням на прилеглі сортувальні станції при наявності резерву сортувальних колій.

8 Впровадження ресурсозберігаючої технології маневрової роботи забезпечує зниження витрат палива на 7,6% від загальних витрат палива на маневрові операції і зменшення собівартості одного відправленого вагону на 0,15 грн/ваг.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1 Зонов В.Д., Топчієв М.П. Удосконалення технічного нормування витрат палива маневровими тепловозами // Залізнич. транспорт України. – 2002. – №3. – С. 18-19.

2 Бутько Т.В., Огар О.М., Топчієв М.П. Дослідження впливу конструктивних параметрів поздовжнього профілю насувної частини гірок на витрати палива при розформуванні составів // Зб. наук. праць, УкрДАЗТ, 2003. – Вип. 53. – С. 13-19.

3 Данько М. І., Бутько Т. В., Зонов В.Д., Топчієв М.П. Математичне моделювання витрат палива маневровими локомотивами // Залізнич. транспорт України. – 2004. – №3. – С. 29 – 32.

4 Топчієв М.П. Удосконалення технології роботи технічних засобів сортувальних станцій на основі ресурсозбереження // Новини науки Придніпров'я. – 2004. – №2. – С. 44 - 47.

5 Топчієв М.П. Дослідження впливу композиції та довжини составів, що розформовуються, на витрати палива маневровим локомотивом // Новини науки Придніпров'я. – 2004. – №3. – С. 12 – 14.

АНОТАЦІЯ

Топчієв М.П. Удосконалення технології роботи технічних засобів сортувальних станцій на основі ресурсозбереження. – 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.

Дисертацію присвячено питанням удосконалення технології маневрової роботи і вибору раціональних конструктивних параметрів насувної частини поздовжнього профілю сортувальної гірки на основі економії паливно – енергетичних ресурсів. Запропонована ресурсозберігаюча технологія при проведенні маневрових операцій на сортувальних станціях передбачає одночасне нормування часу маневрів і витрат палива маневровими локомотивами по напіврейсам. Для визначення витрат палива доопрацьована модель множинної логарифмічної кореляції, що враховує вплив множини технологічних і конструктивних факторів. Реалізацію ресурсозберігаючої технології запропоновано здійснювати в єдиному інформаційному середовищі за допомогою автоматизованого інформаційно – обчислювального комплексу, що встановлений на локомотиві, через АРМ маневрового диспетчера і оперативних працівників, що з ним взаємодіють. Розроблено математичну модель процесу розформування составів на сортувальній гірці, як модель динамічного програмування, що дозволяє визначити раціональні конструктивні і технологічні параметри по критерію витрат паливно – енергетичних ресурсів, при цьому отримані номограми залежностей витрат палива маневровими локомотивами від довжини состава при різному розташуванні відчепів та конструктивних параметрів поздовжнього профілю насувної частини сортувальної гірки.

Ключові слова: сортувальна станція, сортувальна гірка, маневровий локомотив, технологія маневрової роботи, ресурсозбереження.

АННОТАЦІЯ

Топчиев Н.П. Совершенствование технологии работы технических средств сортировочных станций на основании ресурсосбережения. - Рукопись.

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

Диссертация посвящена вопросам совершенствования технологии маневровой работы и выбору рациональных конструктивных параметров

надвижной части продольного профиля сортировочной горки на основе экономии топливно-энергетических ресурсов.

Основой для создания ресурсосберегающей технологии маневровой работы является необходимость одновременно с нормированием времени операций определять и расход топлива локомотивом по полурейсам. Для определения расхода топлива предложен усовершенствованный метод УкрДАЗТ, основанный на модели множественной логарифмической корреляции, которая учитывает влияние множества эксплуатационных и конструктивных факторов, соответствующих конкретным условиям работы сортировочной станции. Качество маневровой работы определяется через введенный коэффициент устойчивости, представляющий отношение фактического расхода топлива локомотивом к идеальному (паспортному). Установлены пределы изменения коэффициента устойчивости, обеспечивающие реализацию ресурсосберегающей технологии маневровой работы. Степень влияния множества факторов на величину фактического расхода топлива и, как следствие - на коэффициент устойчивости, определяется численными значениями коэффициентов корреляционной модели. Разработанную модель в виде программного продукта предложено интегрировать на автоматизированное рабочее место поездного диспетчера и взаимодействующих с ним оперативных работников станции. Для реализации ресурсосберегающей технологии маневровой работы предложена модель информационного взаимодействия структурных подразделений станции и маневровых локомотивов с выходом через сервер ДЦУ на сервер информационно – статистического центра Укрзализниці.

Для исследования влияния конструктивных параметров сортировочных горок с позиции экономии топливно-энергетических ресурсов разработана математическая модель, которая учитывает зависимость суммарного расхода топлива от характера продольного профиля надвижной части. При формировании модели состав рассматривается не как материальная точка, а в виде протяженного объекта с изменением длины и массы. Продольный профиль надвижной части в модели представляется двухэлементным, как наиболее распространенный на территории Украины, что подтверждается соответствующими исследованиями автора. Поиск оптимальных значений конструктивных параметров продольного профиля надвижной части предлагается выполнять с использованием релаксационных методов.

Предложенная математическая модель для определения затрат топлива реализована в виде программного обеспечения. Поверхность отклика, полученная по результатам моделирования, может иметь несколько значений близких к экстремуму, что свидетельствует о необходимости научного подхода к определению оптимальных параметров продольного профиля подвижной части сортировочных горок, которые обеспечивают ресурсосбережение.

Получены номограммы расхода топлива маневровым локомотивом от длины и композиции составов, расформировываемых на сортировочной горке, при различных вариантах продольного профиля подвижной части с использованием математической модели надвига и роспуска составов. Анализ номограмм указывает на необходимость сосредоточения тяжелых отцепов в голове состава, уменьшения количества отцепов и формирования полносоставных поездов.

Для оценки эффективности внедрения конструкций подвижной части горок, обеспечивающих ресурсосбережение, разработана методика экономического сравнения вариантов продольного профиля. На основе разработанной методики определена эффективность применения оптимального профиля на сортировочной горке станции Красный Лиман. Внедрение такого профиля позволит уменьшить годовые приведенные затраты на 6,8%.

Ключевые слова: сортировочная станция, сортировочная горка, маневровый локомотив, технология маневровой работы, ресурсосбережение.

THE SUMMARY

Topchiev N.P. Perfection of technology of work of means of switchyards on a basis of resource reservation. - the Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of Cand.Tech.Sci. on a speciality 05.22.20 - operation and repair of means of transport; the Ukrainian state academy of railway transport; Kharkov, 2004.

The dissertation is devoted to the questions of perfection of technology of shunting work and a choice of rational design data of the pulled part of a longitudinal structure of a hump yard on the basis of economy of fuel - power resources. The suggested technology of resource reservation while carrying out shunting operations on switchyards assumes simultaneous normalization of time of maneuvers and charges of fuel by shunting locomotives on half-runs. For definition of charges of fuel the model of multiple logarithmic correlation which takes into account the influence of plural

technological and efficiency factors is modified. Realization of the technology of resource reservation is suggested to be for carried out in uniform information - computer complex established on the locomotive, through the automated workplaces of the shunting manager and the operative workers cooperating with it. The mathematical model of the process of disbandment of structures on a hump yard as model of dynamic programming which allows to determine rational constructive and technological parameters by criterion of expenses fuel - power resources is worked out, thus are received nomograms of dependences of charges of fuel by shunting locomotives from the length of the train at a various arrangement of uncoupling and design data of a longitudinal structure of the pulled part of a hump yard is developed.

Keywords: switchyards, technology of shunting, hump yard, power resources, shunting locomotive.

ТОПЧІСВ МИКОЛА ПЕТРОВИЧ

УДК 656.212.4

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ
СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ НА ОСНОВІ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ**

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

к.т.н., ст. викладач Малахова О.А.

Підписано до друку “29” вересня 2004р.
Формат паперу 60 x 84 1/16. Папір для множних апаратів.
Ум. друк. арк. 0,9. Обл.- вид. арк. 1,0 Безкоштовно
Замовлення № 444 Тираж 100 прим.

ВИДАВНИЦТВО УКРДАЗТУ. СВДОЦТВО ДК №112 ВІД 06.07.2000 Р.

Друкарня УкрДАЗТу: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7