

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ

Дніпропетровський державний технічний університет
залізничного транспорту

На правах рукопису

УДК 621.331.1

Цейтлін Семен Юлійович

АНАЛІЗ ТА ОПЕРАТИВНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ
ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ НА ТЯГУ ПОЇЗДІВ НА БАЗІ РОЗВИТКУ
ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

05.22.09 Електрифікація залізничного транспорту

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ 1999



Дисертація є рукопис

Робота виконана в Дніпропетровському державному технічному університеті залізничного транспорту

Науковий керівник : член-кореспондент академії транспорту України, доктор технічних наук, професор Доманський Валерій Тимофійович, завідувач кафедри Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту

Офіційні опоненти

академік академії транспорту Російської Федерації, доктор технічних наук, професор Жарков Юрій Іванович, завідувач кафедри Ростовського державного технічного університету шляхів сполучень, Росія,

кандидат технічних наук Бадер Михайло Петрович, завідувач кафедри Московського державного університету шляхів сполучень, Росія

Провідна організація :

Харківська державна академія залізничного транспорту, Україна

захист відбудеться " 24 " V 1999 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої ради Д 08.820.01 в Дніпропетровському державному технічному університеті залізничного транспорту за адресою :

Харків, вул. Академіка В.А. Лазаряна, 2

бібліотека Дніпропетровського державного технічного

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Перехід до енергооптимальних технологій реалізації процесів перевезень являє собою одну з найбільш важливих проблем залізничного транспорту України. Її розв'язання може бути досягнуте на основі вдосконалення організації і управління процесами перевезень з урахуванням нових умов роботи транспорту, впровадження наукових досягнень. Сьогодні особливе значення набувають комплексні науково-технічні задачі, які впливають на багато компонентів організації і управління процесами перевезень, створюють можливість для ресурсо-збереження і потребують незначного додаткового фінансування. До таких задач слід віднести раціональну реалізацію планів формування поїздів, зменшення обсягів маневрової роботи, прогнозування об'ємів перевезень і відповідної потреби в електроенергії. Вказані і ряд інших задач в значній мірі можуть бути розв'язані за рахунок вдосконалення інформаційного забезпечення процесів перевезень, урахування дислокації і характеристик вагонів і локомотивів, прогнозування прибуття поїздів, якісного урахування і аналізу даних про енергоспоживання. Поглиблення інформатизації залізничного транспорту веде до зміни концепцій побудови інформаційних систем в двох основних напрямках:

- 1) Перехід до повагонного (замість поїздного) рівня відображення технологічних процесів;
- 2) Підвищення інтелектуальності інформаційних систем, створення систем прогнозування і регулювання енергоспоживання електрифікованих ліній, функціонування яких відбувається в режимі реального часу.

Зв'язок роботи з галузевими науковими програмами. Представлена робота виконана в рамках програм енергозбереження залізничного транспорту України на 1996 – 2010 роки (схвалено Техніко – економічною Радою 24.06.96 р., Протокол №5), розділ – “Розробка і впровадження експертної системи з розподіленням інтелектом для управління процесом перевезень”.

Мета роботи. Розв'язання задачі оперативного аналізу і прогнозування потреби в електроенергії на тягу поїздів шляхом створення інформаційної системи реального часу, яка поєднує дані про електроспоживання електрифікованих ліній та дані про процеси перевезень, відображені за допомогою повагонної моделі.

Основні задачі дослідження. В дисертації розв'язуються наступні задачі :

розробка методики оперативного прогнозування енергоспоживання на електрифікованих дільницях на основі сумісного використання даних мікропроцесорних лічильників АЛЬФА та даних повагонного відображення процесів перевезень на залізницях (ВМД); розробка інформаційної моделі реального часу ВМД, яка може бути використана для аналізу і оперативного прогнозування потреби в електроенергії на тягу поїздів;

розробка алгоритмів функціонування розподілених систем регулювання витрат електроенергії на тягу поїздів з урахуванням їх багатокритеріальності та розміщення вузлів управління на кількох рівнях ієрархії;

розробка методики і алгоритмів аналізу даних моніторингу процесів енергоспоживання та функціонування моделі ВМД, які дозволяють виконувати класифікацію даних та формування інформаційної бази;

створення і практичне використання програмного забезпечення інформаційної моделі ВМД для моніторингу процесів перевезень, а також в якості бази даних експертних систем аналізу і оперативного прогнозування потреби в електроенергії (ОІПРЕ).

Наукова новизна роботи полягає в наступному :

1. Запропоновано методику для оперативного прогнозування витрат електроенергії на тягу поїздів, яка базується на інформаційній повагонній моделі процесу перевезень реального часу.
2. Виконано розробку структури, методів, алгоритмів та програм інформаційної моделі реального часу, призначеної для розв'язування технологічних та управлінських задач з аналізу та оперативного прогнозування електроспоживання на тягу поїздів, новизна якої полягає в повагонному відображенні процесів вантажних залізничних перевезень з формуванням об'єктно-орієнтованого архіву даних лобого потрібного обсягу .
3. Запропоновано методику та алгоритми автоматизованого формування баз даних і знань систем аналізу та оперативного прогнозування електроспоживання, новизна яких полягає в використанні моделі умовної класифікації для узагальнення даних моніторингу витрат електроенергії на тягу поїздів та даних функціонування моделі ВМД.
4. Одержані за допомогою мікропроцесорних лічильників АЛЬФА та досліджені нові дані вимірювань витрат електроенергії на тягу в режимі реального часу на лінії Нікополь - Марганець Придніпровської залізниці, які дозволили встановити статистичні властивості процесів енергоспоживання та їх безпосередній зв'язок з даними інформаційного повагонного моделювання процесів перевезень.
5. Розроблено моделі та алгоритми прийняття оптимальних рішень в багаторівневих і розподілених системах управління, які пристосовують схему аналізу ієрархії показників до умов, що відповідають системам регулювання витрат електроенергії.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблена і впроваджена інформаційна модель повагонного відображення процесів перевезень, яка діє в режимі реального часу і створює передумови для побудови інтелектуальних

систем прогнозування та регулювання електропостачання на залізницях. Запропоновані методика поєднання даних про електроспоживання на тягу поїздів і процеси перевезень, регресійні моделі для оперативного прогнозування витрат електроенергії на тягу поїздів, алгоритм синтезу оцінок часткових критеріїв в багаторівневих системах управління, а також модель умовної класифікації даних можуть бути використані для створення інформаційних експертних систем енергооптимальних процесів залізничних перевезень.

Особистий внесок автора. Подані на захист наукові результати, пов'язані з розробкою методики поєднання даних про електроспоживання на тягу і процеси перевезень, методики натурних вимірювань витрат електроенергії з їх аналізом, створенням інформаційної моделі процесу перевезень, одержані особисто автором. Впровадження результатів розробок виконувалось під керівництвом автора. В публікаціях дисертантові належать постановки задач, формулювання моделей і основних висновків, вибір методів досліджень, розробка структури системи ВМД, підготовка вхідних даних до оптимізаційних розрахунків.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертації доповідались і обговорювались на міжнародній науково-практичній конференції "Інформаційні технології на транспорті Стан справ та основні напрями розвитку" (1998 р., м. Київ); XXV міжнародній конференції "Нові інформаційні технології в науці, освіті, телекомунікації та бізнесі" (травень 1998 р., м. Ялта); на міжнародній науково-методичній раді за спеціальністю "Електропостачання залізничного транспорту" (1998 р., м. Дніпропетровськ); на науковому семінарі інституту кібернетики НАН України "Оптимальне керування та інформаційні системи" (1997 р., м. Дніпропетровськ); на поширених засіданнях кафедр електропостачання електричних залізниць та комп'ютерних інформаційних технологій Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту (1997, 1998 р.).

Характеристика методів досліджень. Теоретичні результати дисертації одержані з використанням методів математичної статистики і регресійного аналізу, методів нелінійного програмування та оптимізації, теорії проектування баз даних і баз знань.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 7 науково-технічних статей.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, міститься на 148 сторінках друкованого тексту, має 26 рисунків, бібліографію з 105 найменувань, 5 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність теми дисертації, розкривається місце та роль задачі побудови інформаційної вагонної моделі процесів перевезень як одної із першочергових заходів по вдосконаленню інформаційної бази систем управління, призначеної в тому числі для створення

розподілених експертних систем оперативного прогнозування потреби в електроенергії та енергооптимального регулювання процесами перевезень, подані загальна характеристика та основні результати роботи.

В розділі I проведено огляд та аналіз літератури по проблемам розробки та впровадження сучасних енергозберігаючих та енергооптимальних методів регулювання перевезеннями, розкривається зміст напрямків досліджень, пов'язаних з створенням інформаційної моделі ВМД для оперативного аналізу та прогнозування потреби в електроенергії.

Проблема розробки та реалізації енергооптимальної технології перевезень є першочерговою для залізничного транспорту України, а її створення знаходиться в центрі уваги галузевої науки. Важливий вклад в розробку проблеми внесли Бикадоров О.Л., Бурков А.Т., Костів М. О., Міхеев В.П., Мірошниченко Р.І., Овласюк В.Я., Плакс О.В., Пупинін В.М. Для розвитку управління енергопостачанням значну роль мають роботи Арзамасцева Д.О., Венікова В.О., Доманського В.Т., Жаркова Ю.І., Ідельчика В.І., Ковальова І.Н., Кохановича В.С. Марквардта К.Г., Марквардта Г.Г., Почаєвця Е.С., Фігурнова Е.М., а також інших вчених.

Складність створення енергооптимальної технології перевезень пов'язана з комплексним змістом цієї проблеми, що охоплює питання використання раціональних графіків руху, проблеми обліку, аналізу та прогнозування електроспоживання електрифікованих ліній, управління електроспоживанням на тягу поїздів, постійним вдосконаленням засобів і методів управління. Підкреслимо зв'язок оперативного прогнозування з моніторингом, урахуванням реальної оперативної ситуації, потребою синтезу інформації, яка надходить до поїздного диспетчера, енергодиспетчера, диспетчера локомотивного депо, сортувальної станції. Таким чином, створення енергооптимальної технології перевезень потребує виконання інтеграції інформаційної бази залізничного транспорту.

Проведений аналіз дозволяє виділити основні складові частини витрат на передачу та розподілення електричної енергії в системах електричної тяги :

- витрати, що залежать від характеристик рухомого складу залізничного транспорту (засоби перевезень) ;
- витрати, пов'язані з режимами роботи електричної мережі (мережа);
- витрати, пов'язані :
 - 1) з методами формування та реалізації графіків руху поїздів за оперативними даними про засоби перевезень;
 - 2) із зростанням частки маневрової роботи у загальному обсязі перевезень (організація перевезень).

Значний обсяг повних і достовірних даних про умови перевезень та роботу енергосистем потребує для їх обробки використання інтелектуальних інформаційних систем (експертних,

партнерських), а також застосування імітаційних моделей при розрахунках та прийнятті рішень по регулюванню електропостачанням. Виходячи з того, що розв'язування задачі по вдосконаленню організації перевезень потребує відносно менших фінансових витрат, а створена при цьому інформаційна база може бути використана для багатьох задач управління перевезеннями та електропостачання, в дисертаційній роботі виконано розробку інформаційної моделі процесів перевезень, яка дозволяє в режимі реального часу ефективно виконувати моніторинг та накопичувати дані про вантажні перевезення за номерами вагонів, а також формувати бази даних експертних систем для прогнозування потреби та регулювання електропостачання електрифікованих ліній залізниць.

В другому розділі розв'язуються задачі вдосконалення інформаційних систем, призначених для аналізу і прогнозування споживання електроенергії при реалізації процесів перевезень. В ньому подано характеристику взаємозв'язків імітаційних і експертних методів, запропоновано структуру експертно-імітаційної інформаційної системи, виконано розрахунково-експериментальні дослідження та встановлено можливості сумісного використання даних про витрати електроенергії та інформації ВМД в системах оперативного прогнозування і регулювання споживання електроенергії, сформульовані призначення і задачі дисертації.

Особливість експертно-імітаційного моделювання полягає у взаємодії імітаційних і експертних методів. Результати імітації узагальнюються у формі правил продукцій експертних систем (ЕС), а імітаційному моделюванню передують аналіз реальних ситуацій методами ЕС. Показано, що створення цих систем потребує розробки ряду моделей, методів і алгоритмів (повагонне відображення процесів перевезень, методи прийняття оптимальних рішень в багаторівневих системах регулювання електроспоживання, методи узагальнення даних моделювання), які в сукупності формують основу інформаційного забезпечення технології енергооптимального регулювання перевезеннями.

Розроблено методику оперативного прогнозування потреби в електроенергії на тягу поїздів, яка базується на сумісному використанні даних моніторингу електроспоживання електрифікованої ділянки і відповідних даних інформаційного моделювання процесів вантажних перевезень (лінія Марганець – Нікополь Придніпровської залізниці.), яка використовує модель прогнозування слідуєчого виду: $Q(t+1) = C(E(t), V(t))(S_E(E(t), \alpha, n_E) + S_\Delta(\Delta(t), \beta, n_\Delta))$, (1)
де позначено: $\Delta(t) = E(t) - Q(t)$, ; $\alpha + \beta = 1$;

$$S_E(\cdot) = [\alpha E(t) + \alpha(1-\alpha)E(t-1) + \alpha(1-\alpha)^2 E(t-2) + \dots + (1-\alpha)^{n_E-1} E(t-n_E)]; \quad (2)$$

$$S_\Delta(\cdot) = [\beta \Delta(t) + \beta(1-\beta)\Delta(t-1) + \beta(1-\beta)^2 \Delta(t-2) + \dots + (1-\beta)^{n_\Delta-1} \Delta(t-n_\Delta)]; \quad (3)$$

$E(t)$ - витрати електроенергії за період t для вибраної лінії; $Q(t)$ - прогноз величин $E(t)$; $V(t)$ - обсяг перевезень за період t на лінії; n_E, n_Δ - число попередніх періодів, які враховуються при

прогнозах. Функція $C(E(t), V(t))$ встановлює зв'язок величин $E(t), V(t)$, одержаних з результатів моніторингу з застосуванням лічильників АЛЪФА і даних інформаційної моделі процесів вагтажних перевезень. Рівняння (1) є розширеною формою прогнозу за допомогою моделі експоненційного згладжування, яка враховує як амплітуди, так і приріст величини досліджуваних характеристик. Параметри $x = (\alpha, \beta, n_E, n_V)$ моделі (1) знаходяться з розв'язків оптимізаційних задач вигляду :

$$\text{Знайти } x^* \quad F(x^*) = \min_{x \in D_x} \{F(x) = P(Q(t, x) - E(t, x))\}. \quad (4)$$

В (4) $t \in T$ задає період спостережень, а $P(\cdot)$ - визначає міру наближення прогнозованих та фактично реалізованих значень за період T . В роботі в якості $P(\cdot)$ використані суми квадратів і суми модулів відхилень; в множині D_x параметри періодів прогнозів n_E, n_V дорівнюють $n_E, n_V \in [1; T]$. Для визначення значень n_E, n_V побудовано корелограму процесів $E(t)$ для різних періодів доби та за весь час спостережень за витратами електроенергії, які виконані мікропроцесорними лічильниками АЛЪФА.

Зв'язок між величинами $E(t), V(t)$ і оцінка функції $C(E(t), V(t))$ визначається за допомогою безрозмірних коефіцієнтів нерівномірності витрат електроенергії $k_E(t) = E(t) / \bar{E}$ і обсягів перевезень - $k_V(t) = V(t) / \bar{V}$, де \bar{E} - середньодобові витрати енергії, а \bar{V} - обсяги перевезень. На рис. 1 зображені графіки функцій нерівномірності та їх відношення (вісь OY), побудовані за період з 05.10 по 11.10.98 г. (вісь OX) для дільниці Марганець - Нікополь. Аналіз показав, що в усьому діапазоні вимірів величини $E(t), V(t)$ є узгодженими, причому нерівномірність відношення менша, ніж у компонентів з похибкою до 12%. Відношення величини $k_E(t) / k_V(t)$ можливо вважати постійним, або роздлукувати у вигляді $(k_E(t) / k_V(t))^r$, розширюючи вектор параметрів x задачі (4) додатковою змінною r . Варіації $k_E(t) / k_V(t)$ становлять відмінні від маси поїздів характеристики, що впливають на витрати електроенергії через не враховані фактори при $k_V(t) > 1$ виконуються співвідношення $k_E(t) / k_V(t) > 1$. Графіки функцій, побудовані з використанням (1) - (4), зображені на рис. 2, де вісь OX вказує час (доба), а OY - значення прогнозу споживання електроенергії $(Q(t+1) - 10000)$ Графік "Лічильник" подає виміряні витрати електроенергії; ' - прогноз при двох членах моделі (1), що залежить тільки від α ; P(3,a) - так само при трьох членах; P(2,a,b) - прогноз за параметрам (α, β) для двох членів в рядах (1). Модель виду P(3,a) практично точно відновлює $E(t)$ з запізненням на один період. Для використання рекомендовано залежність P(2,a) як найпростішу з показником адекватності на рівні 10% .

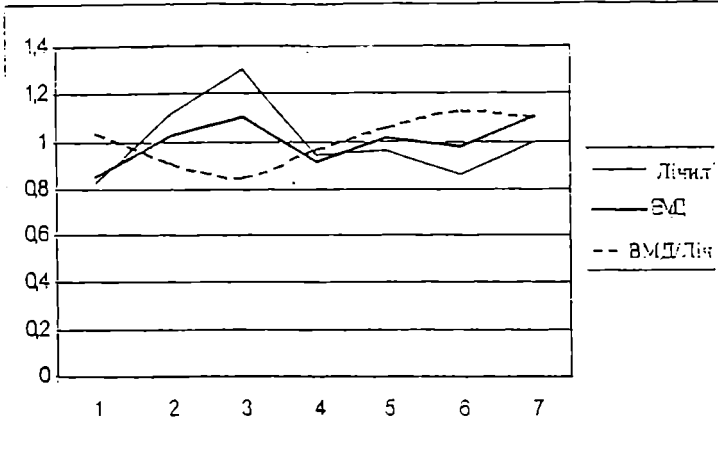


Рис.1 Функції нерівномірності витрат електроенергії

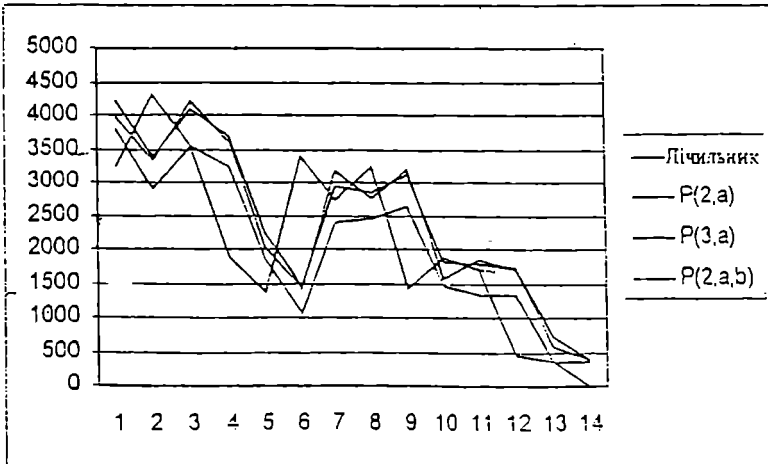


Рис.2 Прогноз витрат електроенергії на тягу поїздів

У випадку, коли прогноз обсягів перевезень $V_{i(t+1)}$ на період $(t+1)$ вважається відомим, за даними ВМД функція прогнозу об'ємів вантажних перевезень має вигляд:

$$Q(t+1) = \alpha * E(t) + \beta * E(t-1) + E_{\text{прогн}}(t+1) * (1 - \alpha - \beta), \quad (5)$$

де величина $E_{\text{прогн}}(t+1) = E(t+1)[1 + h(1 - 2 * \zeta)]$ являє собою імітаційну модель наступного обсягу перевезень. В (5) h – виражена у відсотках похибка прогнозу, а ζ – імовірна величина рівномірно розподілена в інтервалі $\zeta \in [0;1]$. Параметри моделі (5) задачі (4) і оцінки похибок представлені в табл. 1., де стовбець \bar{E} містить виміряні лічильниками середньодобові витрати електроенергії, яка йде на тягу поїздів, а нижче подані результати розрахунків за моделями P(2,a), P(3,a), P(2,a,b), відповідно.

Таблиця 1. Параметри рівнянь прогнозів електроспоживання з використанням даних інформаційної моделі .

Неп/п	h(%)	α	β	$1-\alpha-\beta$	$P_{\text{випн}}$	$\bar{E} = 12463$
1	10	0,415	0,098	0,487	0,063	12457
2	15	0,411	0,059	0,530	0,068	12388
3	20	0,402	0,025	0,573	0,066	12178

За результатами моніторингу процесів витрат електроенергії на тягу поїздів і їх моделювання з використанням (1) – (4) може бути запропонована методика оперативного прогнозування енергоспоживання відповідно до (5), яка одночасно враховує виміри лічильників АЛЬФА та дані інформаційної моделі ВМД. Реалізація такої методики потребує створення систем реального виміру часу для моніторингу процесів перевезень і споживання електроенергії.

В третьому розділі дисертації побудовано інформаційну модель реального виміру часу, призначену для повагонного відображення процесів перевезень (ВМД) і обґрунтовано її застосування для оперативного прогнозування потреб в електроенергії. Запропоновані функціональна структура ВМД, об'єктна модель інформаційної бази, відповідні математичні моделі та алгоритми, які забезпечують, по-перше, більш ефективне використання вагонного парку України, по-друге, дають змогу знизити споживання електроенергії при реалізації процесів перевезень.

Область інформаційного моделювання складається з даних про параметри 40 – 50 тис. вантажних вагонів, які відносяться до залізниць середніх розмірів, а також про операції з ними (10-15 тис. вагонів з цього числа беруть участь в перевезеннях). Інформацію про процеси перевезень складають повідомлення. В системі ВМД існує біля 50 видів повідомлень і на добу обробляється до 20 – 30 тис. повідомлень. Дані про операції з вагонами також неоднорідні. За добу про один вагон може надійти до 20 повідомлень довжиною 60 – 100 байт. Додаткова оперативна інформація, що

обробляється і накопичується в базах даних системи в реальному вимірі часу, складає від $3 \cdot 10^6$ до $4 \cdot 10^6$ Байт.

Функціонування ВМД базується на обміні повідомленнями в рамках Автоматизованої Системи Оперативного Управління Перевезеннями (АСОУП). Якісна різниця між моделями ВМД і моделями перевезення реалізованими в АСОУП полягає в тому, що єдиним об'єктом моделей АСОУП є поїзд. Дані про поїзд зберігались до моменту його розформування, після цього вся інформація (його склад, маса вантажів,...) анулювалась. Інших об'єктів в системі не було. Основними об'єктами моделі ВМД являються вагони. Дані про кожний з них разом з усіма операціями, що були проведені з вагонами за весь період їх використання накопичуються і зберігаються в інформаційних базах ВМД. За допомогою даних про вагони у ВМД формуються інші комбіновані об'єкти, в тому числі поїзди. Розроблений в рамках ВМД об'єктно – орієнтований Архів процесів перевезень містить дані як про елементарні (вагони і операції), так і про комбіновані об'єкти. Номерний облік вагонів у взаємозв'язку з технологічними процесами (зберігання експлуатаційних подій, характеризуючих час, дислокацію, виконану операцію і ряд інших признаков), відкриває якісно нові можливості інформаційного забезпечення процесів ОПРЕ і ЕОРП. Рис. 3 вказує місце, яке займає створена інформаційна модель в системах управління перевезеннями. При цьому дані ВМД на кожному рівні управління повинні забезпечити розв'язування наступних задач:

- збирання, аналіз, інтерпретація даних;
- моделювання, прогнозування, планування;
- інформаційна підтримка процесів прогнозування і регулювання енергоспоживання;
- аналіз узагальнення даних про результати регулюючих дій на процеси перевезень.

Реалізація ВМД ґрунтується на розв'язанні задач накопичення даних, математичного моделювання і вибору оптимальних рішень. Інформаційна база ВМД має ієрархічну будову, являє собою мережу фреймів і об'єднує дані і процедури їх обробки (об'єктна модель). Об'єкти моделі структуровані за допомогою зв'язків (part_of, is_a, it_was,...). З метою відображення в ВМД процесів експлуатації вагонів було введено специфічне відношення - it_was, яке поєднує експлуатаційні операції кожного вагону. Останні також являють собою фрейми виду: Експлуатаційна Подія (слот1 – час події: T_event; слот2 – дислокація: pos; слот3 – операція: opreg; слот4 – зв'язок з іншими об'єктами; слот5 – процедура обробки). Структура ВМД дає змогу використовувати технології об'єктно-орієнтованого програмування. При запитах до фреймової бази знань автоматично запускаються процедури, які реалізують логічний вивод в БЗ, пошук і відображення відповідних елементів даних. Для перетворення повідомлень АСОУП в елементи-події, що відображують дані про перевезення у формі структур ВМД, розроблено процедури перетворення і обслуговування архівних даних.

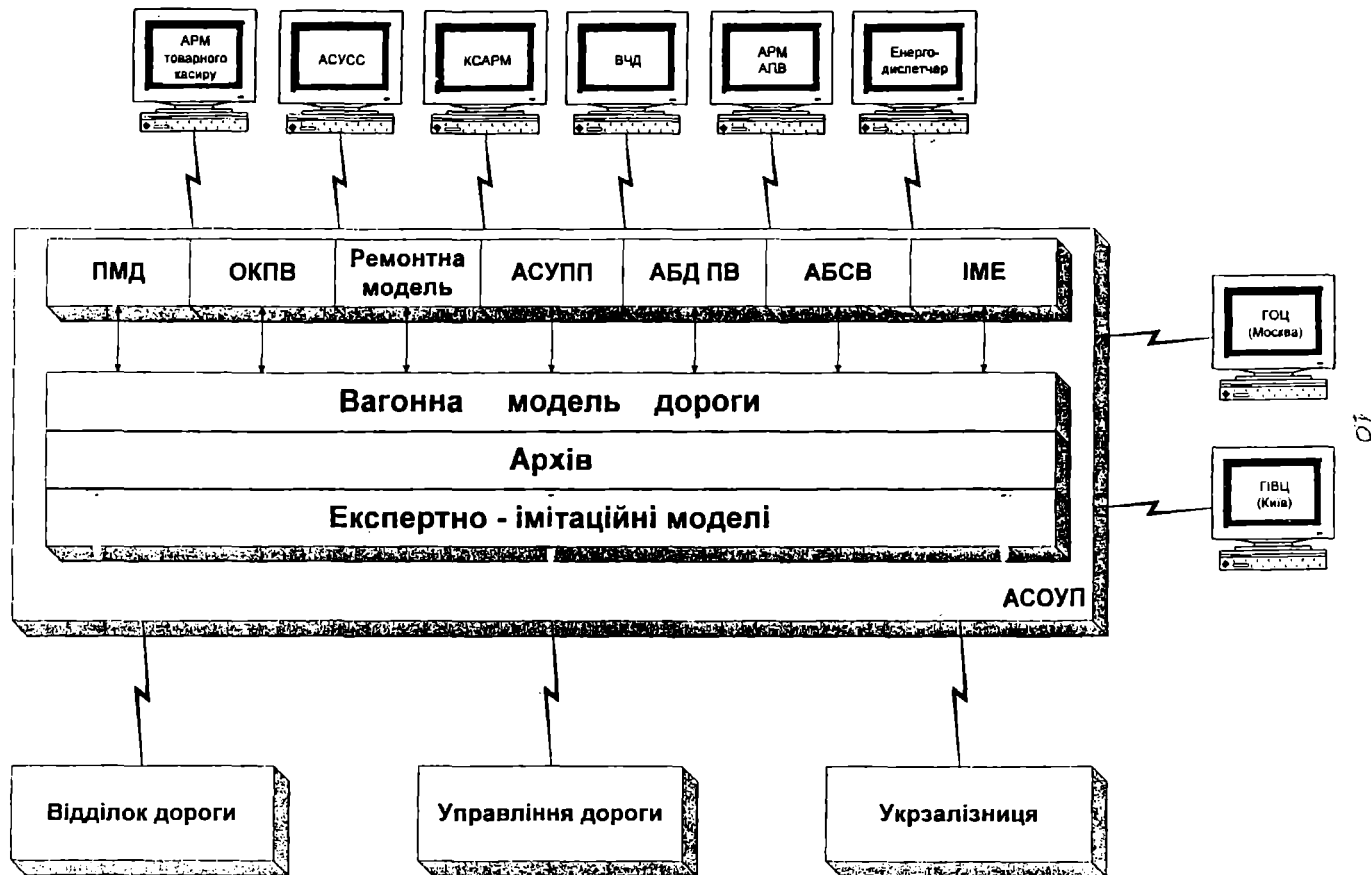


Рис.3 Інформаційна модель у складі систем управління перевезеннями

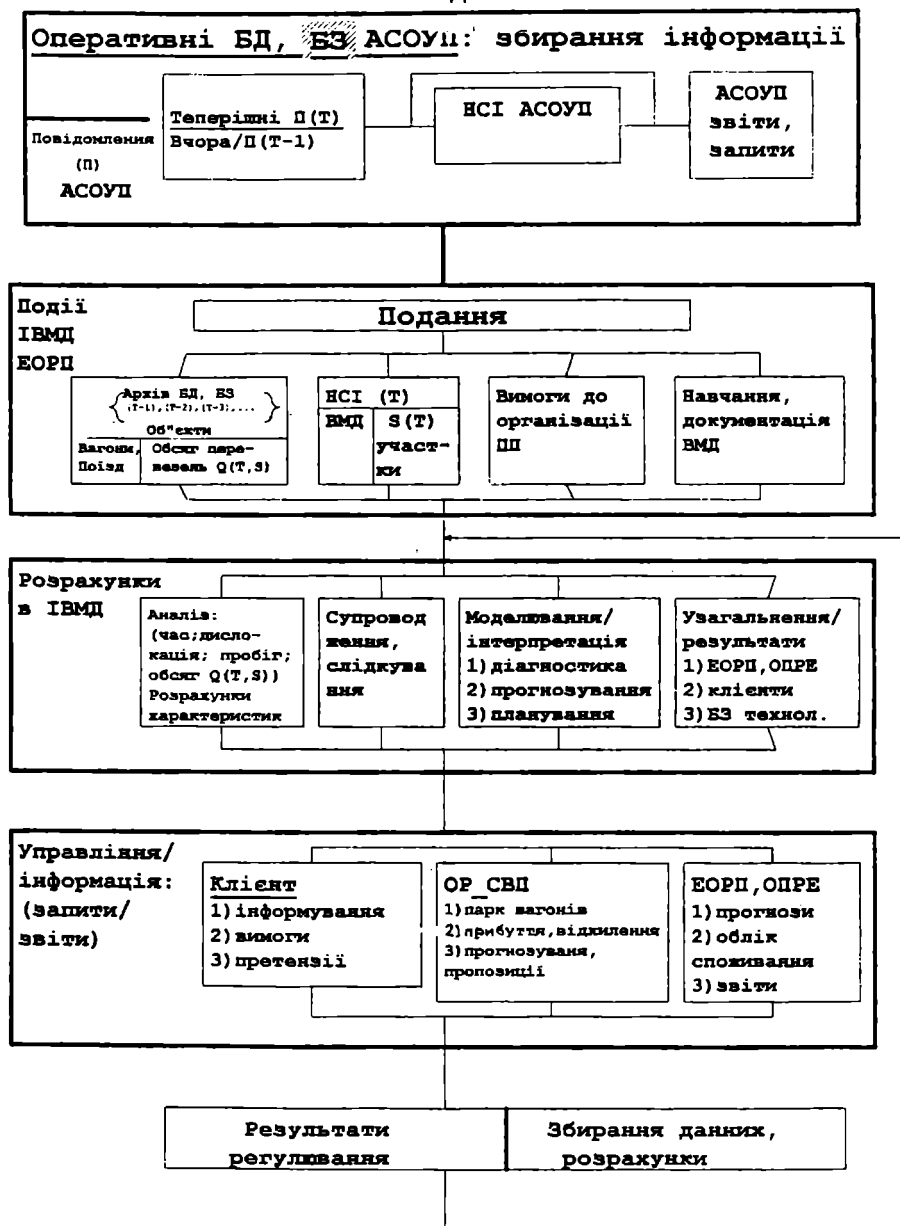


Рис 4. Структура інформаційної вагонної моделі для використання в системах ЕОРП.

Основні компоненти функціональної структури ВМД та їх характеристики подані на рис. 4, де зображені блоки збору інформації, розрахунків і моделювання, а також узагальпелія даних. Важливою компонентою є система запитів до фреймової бази знань ВМД. Рис. 4 показує, що повідомлення АСОУП фсрмують дві інформаційні моделі оперативну, для періоду "Т", а також "модель (Т-1)", яка використовується для "відкатів" і підвищення швидкості роботи ВМД. Нормативно-довідкова інформація (НДП) враховує модифікації за період функціонування (Т). Постійний розвиток комплексу ВМД зробив необхідним створення спеціальних засобів навчання користувачів і документування, побудованих як гіпертекст. Блоки розрахунків і моделювання дозволяють сформувати інформаційну базу для розв'язування задач ОПРЕ і ЕОРП. На рис. 4 подані основні види задач ВМД (розрахунки основних характеристик процесів перевезень, слідкування за переміщенням вагонів з контролем строків перевезень, оперативне прогнозування потреби в електроенергії, формування параметрів математичних моделей, що відбивають процеси перевезень, аналіз результатів регулювання процесів перевезень та підготовка даних для різних систем управління), які розв'язуються вже сьогодні або передбачені для реалізації при найближчому розвитку інформаційної системи ВМД.

В розділі 4 розробляється процедура прийняття оптимальних рішень в багаторівневих системах регулювання електропостачання ЕОРП. Указано, що для таких систем ефективним є застосування методу аналізу ієрархій (МАІ). Аналіз виявив ряд обмежень МАІ, суттєвих при розв'язуванні задач ЕОРП. Запропоновано модифікацію МАІ, яка не потребує обов'язкової ієрархії системи показників, незалежності умов переваги часткових критеріїв від існуючих величин цих показників, синтезу оцінок критеріїв за допомогою адитивних функцій.

Розглянута наступна постановка задачі. Нехай $x=(x_1, \dots, x_n)$ - вектор параметрів, які описують рішення x^* ; $x \in D_x$; D_x - допустима множина розв'язків; $K(X) = \{K_i(U_i(X), X_i)\}_m$ - часткові критерії задачі, $X = \{x_j\}_n$ а $X_i \subseteq X$ або $X_i = \emptyset$; вектор $U_i(X) = (K_{i1}(U_{i1}(x), \dots, K_{ip}(U_{ip}(x))$ або $U_i(x) = \emptyset$; індекс $i_k \in \{1..m\}$. Критерії $K(X)$ утворюють вузли графу $G[K(X)]$, призначеного для оцінки ефективності розв'язків $x \in D_x$; $G[K(X)]$ - орієнтований граф з вершинами $K_i(\bullet)$, дуги якого направлені від компонентів векторів $U_{ik}(\bullet)$ до вершин $K_k(\bullet)$. Необхідно, використовуючи інформацію про переваги критеріїв $\{K_p(\bullet), K_q(\bullet)\}$ $p, q \in \{1..m\}$, що складають граф $G[K(X)]$, визначити оцінки ефективності критеріїв $K_i(X)$ і знайти розв'язок x^* , $x \in D_x$, який задовольняє співвідношенням

$$G[K(x^*)] = \text{opt} \{G[K(X)]\}, x \in D_x \quad (6)$$

Граф $G[K(X)]$ було перетворено в ієрархію $H[K(X)] = \{H_r\}$, де $r = 0, 1, \dots, R$. - номери рівнів. Структури $H[K(X)]$ задають вектори H_r , в яких пари (j, i_j) вказують місце критеріїв в ієрархії.

В роботі запропоновано двоетапну процедуру визначення ваги критеріїв K_q (*) та обчислення ефективності варіантів розв'язків $x \in D_x$, серед яких знаходиться вектор x^* (6).

При розрахунках оцінок ваги критеріїв використано таблиці виду табл. 2. В них стовбці бінарних порівнянь доповнено стовбцями $(K_{r,i}^1, K_{r,i}^2, K_{r,i}^r)$, що задають інтервали рівної переваги часткових критеріїв $\Delta r_i = (K_{r,i}^1, d_n = K_{r,i}^2 - K_{r,i}^1)$.

Таблиця 2. Оцінки бінарних співвідношень критеріїв рівней H_r відносно рівней H_{r-1}

$K_{r-1}, i; \Delta_{r-1}, j$	$K_{r,1}$	$K_{r,2}$...	$K_{r,S}$	$K_{r,i}^1$	$K_{r,i}^2$	$K_{r,i}^r$
$K_{r,1}$	1	W_1 / W_2	...	W_1 / W_S	$K_{r,1}^1$	$K_{r,1}^2$	$K_{r,1}^r$
$K_{r,2}$	W_2 / W_1	1	...	W_2 / W_S	$K_{r,2}^1$	$K_{r,2}^2$	$K_{r,2}^r$
...
$K_{r,S}$	W_S / W_1	W_S / W_{11}	...	1	$K_{r,S}^1$	$K_{r,S}^2$	$K_{r,S}^r$

В табл. 2 $K_{r,i}^1, K_{r,i}^2$ - верхні та нижні границі діапазонів d_n , а $K_{r,i}^r = K_{r,i}(x)$, $x \in D_x$; W_p / W_q - експертні оцінки співвідношень ваги критеріїв, визначені з урахуванням d_n . При відомих значеннях $\{W_p / W_q\}$, знаходять $\alpha_i^{(j)}$ - оцінки ваги критеріїв $K_{r(i)}$ відповідно до

$$\alpha = \frac{\beta_i}{\sum_{k=1}^i \beta_k}, \beta_i = \left(\prod_{k=1}^i \frac{W_i}{W_k} \right)^{\frac{1}{i}} \quad (7)$$

Значення Δr_i розраховують поетапно в межах розробленої процедури оптимізації. При цьому запропоновано способи розрахунків величин $(K_{r,i}^{1(i+1)}, K_{r,i}^{2(i+1)})$ з використанням $K_{r,i}^{r(i)}$ та заданих інтервалів переваги критеріїв $[K_{r,i}^1, K_{r,i}^r]$.

Для знаходження компромісно-оптимальних розв'язків $x^* \in D_x$ задачі (6) з використанням функцій виду :

$$F[K(X)] = \max_{i \in m} \alpha_i K_i(x), \quad (8)$$

запропоновано наступний метод синтезу коефіцієнтів $\alpha^{(r)}$ (7) з урахуванням ієрархії критеріїв $H[K(X)]$. Зробивши позначення функцій різних рівней через

$$\varphi(f, \alpha) = \{f_i(x) \alpha_i f_i(x) \geq \alpha_k f_k(x), \forall k \in m\}, \quad (9)$$

$$\varphi^{(r)}(f^{(r)}, \alpha^{(r)}) = \varphi(\varphi^{(r+1)}(f^{(r+1)}, \alpha^{(r+1)}), \alpha^{(r)}), r = L-1, \dots, 0, \quad (10)$$

представимо задачу (6) у вигляді

$$H^x = H[K(X^x)] = \min_{x \in D_x} \varphi^{(0)}(f^{(0)}, \alpha^{(0)}), \quad (11)$$

де $\alpha^{(r)}$ – вектори коефіцієнтів ваги вузлів виду (7), причому $f^{(0)}=f_0$, $\alpha^{(0)}=(1)$. Ефективність розв'язків задачі (11), $x \in P_x$, витікає з відомого доведення (Гермейер Ю. Б.), вірного для будь-яких функцій $K(x)$ та областей D_x , в тому числі запропонованого виду (9), (10).

З використанням (6) – (11) побудовано багатоетапну процедуру оптимізації систем ЕОРП, новизна якої полягає у використанні (8), а також в урахуванні умов залежностей переваги критеріїв від їх величин. В роботі наведено приклади застосування процедури при розв'язуванні багаторівневих задач прийняття оптимальних рішень для служб електропостачання.

В розділі 5 побудовано процедуру аналізу та інтерпретації даних інформаційних систем експертно-імітаційного моделювання процесів перевезення і споживання електроенергії. Запропоновано модель умовної класифікації для агрегування даних і генетичні алгоритми, призначені для її реалізації. Розроблений підхід дозволив сформулювати і розв'язати ряд задач аналізу даних, автоматизованого формування баз знань ЕС, діагностики і прогнозування досліджуваних процесів наступного змісту.

- 1) Подати дані моделювання у формі правил експертних систем оперативного прогнозування і регулювання споживання електроенергії.
- 2) Спрогнозувати наступні обсяги перевезень у заданих напрямках, використовуючи параметри дислокації вагонів, маршрутів прямування, масу вантажів і строки перевезень, а також архівні дані ВМД, або провести "діагностику": встановити відхилення строків перевезень деяких вагонів від "еталону".

Для розв'язування задач умовної класифікації результати моделювання (дані архіву ВМД) розміщувались в таблицю даних (ТД). Строки ТД – це об'єкти $X_i = (X_{i1}, \dots, X_{in})$, $i = 1, 2, \dots, N$, які характеризуються параметрами x_{ij} , $j = 1, 2, \dots, n$. Було необхідно, одночасно вибираючи групи параметрів $G_k = \{X_{j1}^{(k)}, \dots, X_{jn}^{(k)}\}$, $k = 1, \dots, g$, і класи об'єктів T_{rk} , $r = 1, \dots, t_k$, в кожній групі G_k , знайти пару (G_k^*, T_{rk}^*) , яка мінімізує заданий критерій $F(G, T)$. При побудові критерія класифікації, коли стовбці (J) і строки (I) неоднорідні що до об'єднання в групи G_k і класи T_{rk} , зв'язки між параметрами (x_p, x_q) задавались матрицею коефіцієнтів $A = [a_{ij}]$, $ij = 1, \dots, n$, де $0 \leq a_{ij} \leq 1$. При цьому $a_{ij} = 1$, а $a_{pq} = 0$ для таких пар (x_p, x_q) , знаходження яких в одній групі G_k можливо. Подібно до A матриця $B = [b_{ij}]$, $ij = 1, \dots, n$ задає умови що до однорідності характеристик стовбців в залежності від того, які змінні увійшли в підматриці T_{rk} . Елементи T_{rk} нормовані і центровані. Інша форма завдання умов агрегування даних систем ЕІМ і ВМД має вид правил продукцій, за допомогою

яких можливо визначення будь - яких потрібних умов зв'язку між параметрами груп G_k , $\forall i \in T_{rk}$

Критерій якості класифікації T_{rk} виглядає наступним чином:

$$F_{rk} = \frac{1}{N_{rk}} \sum_{i=1}^{N_{rk}} \{e_k R(a_{ij}, x_{ij}, \bar{x}_j)\} + C_{rk}^{-1} e_k^{-1} \sum_{j \in G_k} b_j \{R(b_j, x_{pj}, x_{qj})\}. \quad (12)$$

В (12) позначено: $R(\cdot)$ - функція відстані, \bar{x}_j - центр підматриць T_{rk} , N_{rk} - число об'єктів, що увійшли до T_{rk} ; $e_k = |G_k|$ - число параметрів в групі G_k ; $C_k^{-1} = C_{G_k}^2$ - число пар в G_k ; $C_{rk} = C_{N_{rk}}^2$ - число пар строк в T_{rk} . За допомогою моделі (12), сформульована задача умовної класифікації знаходження групи змінних $G_q^* = \{G_k^*\}_q$ та класи об'єктів $T^* = \{T_{rk}\}_r$, $r = 1, \dots, r^*$, $q = 1, \dots, q^*$, які задовольняють наступним умовам:

$$\bar{F}^* = (F_1(G_q^*, T^*), F_2(G_q^*, T^*)) = \underset{(G, T)}{\text{opt}} ((F_1(G, T), F_2(G, T))); \quad (13)$$

$$F_1(G, T) \stackrel{\text{lex}}{>} F_2(G, T); \quad (14)$$

$$F_1(G, T) = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^q \sum_{r=1}^{r^*} F_{rk}(G, T) \cdot W_{rk}^{-1} \Rightarrow \min; \quad (15)$$

$$F_2(G, T) = |T_{rk}| \Rightarrow \min; \quad (16)$$

$$\forall r \forall k : |T_{rk}(r)| > 1; F_2 \ll M. \quad (17)$$

В моделі (13) - (17) позначено : $\stackrel{\text{lex}}{>}$ - знак відношення строгої переваги ; $W_{rk} = |G_r| \cdot |I_{rk}|$, де I_{rk} - множина номерів об'єктів, що увійшли до підматриці T_{rk} ; $M = n \cdot N$; $\text{opt}(\cdot)$ - оператор оптимуму векторного критерія $F(F_1, F_2)$. Для знаходження класифікацій ТД було виконано модифікацію відомих, а також розроблено нові генетичні алгоритми, які реалізують принципи еволюційних обчислень при розв'язуванні задач оптимізації.

В табл. 3 представлена оптимальна класифікація результатів щоденного моніторингу, знайдена генетичними алгоритмами. В ній : $M_{pq}(G_{pq})$ - оцінки середніх величин, а $\sigma_{pq}^2(G_{pq})$ - дисперсії споживання енергії (КвтГод) для підтаблиць "р" групи змінних "q", які мають різні показники середніх витрат активної електроенергії.

Таблиця 3. Аналіз добової нерівномірності енергоспоживання за допомогою моделі умовної класифікації

$G_1 = (1, 2, 3, 4, 7, 9, 11, 13, 14, 19, 20, 21)$		$G_2 = (5, 8, 15, 16, 17, 18)$	$G_3 = (6, 10, 12, 23)$	$G_4 = (22)$
1 – 12090	2 - 10360	5 - 16790	6 - 14720 23 - 13500	22 - 6620
3 – 12400	4 - 11010	18 - 17020		
9 – 12390	7 - 11220	8 - 18800	10 - 15500 12 - 15230	
13 – 12320	11 – 10430			
14 – 12720	21 – 10480	15 - 18730		
19 – 12330		16 - 18370		
20 – 11800		17 - 20810		

Оцінки середніх значень вказані в табл. 3, а відповідні характеристики розсіяння дорівнюють: $\sigma_1(G_1) = 880$, $\sigma_2(G_2) = 1450$, $\sigma_3(G_3) = 880$, $\sigma_4(G_4) = 110$. Побудована апроксимація результатів моніторингу дозволяє узагальнено характеризувати фактичну добову нерівномірність споживання електроенергії на ділянці в цілому.

Запропоновано алгоритм формування правил продукцій баз знань інформаційних систем ОПРЕ і ЕОРП, який використовує дані оптимальних класифікацій.

Виконані в розділі розробки дозволили створити математичне і програмне забезпечення для аналізу, узагальнення і подання в системах ОПРЕ і ЕОРП даних, одержаних при функціонуванні інформаційної моделі ВМД.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ

Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі оперативного аналізу і прогнозування потреби в електроенергії на тягу поїздів шляхом створення інформаційної системи, яка поєднує дані про електроспоживання електрифікованих ліній та повагонні дані про процеси перевезень. При цьому :

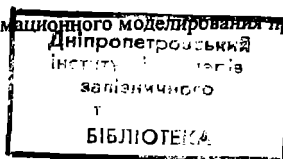
1. Аналіз складових частин витрат електроенергії в системах тяги показав зростання витрат, пов'язаних з організацією перевезень. Встановлено, що розвиток інформаційних систем залізниць потребує повагонного відображення процесу перевезень в режимі реального часу та застосування інтелектуальних засобів управління.
2. Досліджено витрати електроенергії на тягу і встановлено їх зв'язок з даними інформаційної моделі процесу перевезень; запропоновано методику оперативного прогнозування потреби в електроенергії, яка в одночас використовує дані мікропроцесорних лічильників АЛЬФА та дані повагонного інформаційного моделювання процесу перевезень.
3. Розроблено концепцію інформаційної моделі процесу перевезень з повагонним відображенням даних. Створено структуру, методи і алгоритми, які реалізовані в програмному забезпеченні

ВМД. Характеристики системи об'єм щодобових оперативних даних 20 –30 тис. повідомлень, 3 – 4 Мбайт зберігання даних про 40 – 50 тис. вагонів за 3 роки, обробка одного повідомлення з розсилкою до ВМД 1 –3 сек., пошук всіх даних для одного вагона 2 – 5 сек., для групи вагонів поїзда – до 1 хвилини.

4. Запропоновано модифікацію методу синтезу оцінок часткових показників якості, розташованих на різних рівнях систем управління енергопостачанням. Розроблено процедуру вибору оптимальних розв'язків для багаторівневих інформаційних систем управління.
5. Побудовано методику аналізу даних про витрати електроенергії на тягу поїздів та даних моделі ВМД, призначену для автоматизованого формування інформаційних баз систем оперативного прог-нозування електроспоживання, яка використовує модель умовної класифікації результатів спостережень. Розроблено генетичні алгоритми для реалізації запропонованої моделі.
6. Результати розробок впроваджені на залізницях України в інформаційних системах оперативного управління процесами перевезень, дали значний експлуатаційний та економічний ефект і можуть бути використані для створення систем енергооптимального регулювання процесами перевезень.

СПИСОК ОПУБЛКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Доманский В.Т., Землянов В.Б., Цейтлин С.Ю. Проблемы совершенствования управления перевозочным процессом на основе развития информационных технологий // Залізничний транспорт, - 1998. –№1. – С.23 – 27.
2. Скалозуб В.В., Цейтлин С.Ю. Разработка генетических алгоритмов для решения задач аппроксимации таблиц эмпирических данных. // Придніпровський науковий вісник -1998. – №5 (72), - С. 3 – 11.
3. Цейтлин С.Ю., Михайлова В.А., Мусейко О.В. Классификация параметров и диагностика грузовых железнодорожных перевозок с использованием эволюционных вычислений. // Математичне моделювання в інженерних і фінансово – економічних задачах : Дніпропетровськ, Січ, -1998. – С. 43 – 51 .
4. Скалозуб В.В., Цейтлин С.Ю. Процедура многоуровневой оптимизации при зависимых по предпочтению критериях. // Математичне моделювання в інженерних фінансово – економічних задачах : Дніпропетровськ, Січ, -1998. – С. 43 – 51.
5. Мипечкин В. Г., Землянов В.Б., Цейтлин С.Ю. Модели и алгоритмы функционирования вагонной модели в условиях работы железных дорог собственным вагонным парком. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, №2, 1998. С. 39-44.
6. Цейтлин С.Ю., Кузнецов В.Г. Модели оперативного прогнозирования расхода электроэнергии на тягу по данным мониторинга и информационного моделирования процессов грузовых железно-



дорожных перевозок //Математичне моделювання в інженерних та фінансово-економічних задачах. Дніпропетровськ : Січ, 1999, с.139 - 146.

7. Скалозуб В.В., Цейтлин С.Ю. Процедура оптимизации по графу критериев // Новые информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе. Труды XXV международной конференции : Укр. Ялта-Гурзуф, 1998, - С. 423 - 436.

А Н О Т А Ц І Й

Цейтлін С.Ю. АНАЛІЗ ТА ОПЕРАТИВНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ НА ТЯГУ ПОЇЗДІВ НА БАЗІ ВДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ. – Рукопис .

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.09 – електрифікація залізничного транспорту. Дніпропетровський державний технічний університет залізничного транспорту, Дніпропетровськ, 1998

Розроблено концепцію та створено комплекс програмних і технічних засобів формування та обслуговування інформаційної моделі повагонного відображення процесу перевезень в режимі реального часу, призначеної для розв'язування задач оперативного аналізу і прогнозування потреби в електроенергії на тягу поїздів. Досліджено дані про витрати електроенергії на тягу, запропоновано методику оперативного прогнозування потреби в електроенергії, мінімаксну форму синтезу оцінок часткових критеріїв в багаторівневих системах управління електропостачання, модель умовної класифікації даних про перевезення та генетичні алгоритми пошуку цих класифікацій.

Ключові слова : прогнозування електропостачання, статистичний та регресійний аналіз, інформаційна система, реальний вимір часу, бази даних та знань, багаторівнева оптимізація, генетичні алгоритми.

Цейтлин С.Ю. АНАЛИЗ И ОПЕРАТИВНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ НА БАЗЕ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПЕРЕВОЗОК, - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.09 – электрификация железнодорожного транспорта, Днепропетровский государственный технический университет железнодорожного транспорта, Днепропетровск, 1998.

Разработана концепция и создан комплекс программных и технических средств формирования и обслуживания информационной модели повагонного отображения процессов перевозок в реальном масштабе времени (ВМД), предназначенной для решения задач оперативного анализа и прогнозирования потребности в электроэнергии на тягу поездов. Структура ВМД, объектная

модель информационной базы, соответствующие математические модели и алгоритмы обработки данных обеспечивают следующие характеристики системы: - ежесуточный накапливаемый объем оперативных данных о 20 – 30 тыс. сообщениях более 50 видов, 3 – 4 Мбайт; – хранение всех вводимых данных о 40 – 50 тыс. вагонах за 3 года; – обработка сообщений с рассылкой по базам от 1 до 3 сек; поиск всех данных об одном вагоне 2 – 5 сек; данные по группе вагонов – до 1 мин.

С использованием микропроцессорных счетчиков АЛЬФА выполнены расчетно-экспериментальные исследования процессов расхода электроэнергии на тягу на участке Марганец – Никополь Приднепровской ж. д. По их результатам предложена методика оперативного прогнозирования потребности в электроэнергии, основанная на совместном использовании данных мониторинга электропотребления и соответствующих данных информационного моделирования процессов грузовых перевозок. При этом получены структуры регрессионных моделей оперативного прогнозирования, которые являются расширением метода экспоненциального сглаживания и обеспечивают адекватность модели 6 – 10%.

Для принятия оптимальных решений в многоуровневых системах управления и регулирования потребления электроэнергии разработана двухэтапная процедура, модифицирующая Метод Анализа Иерархий (Саати Т.) с учетом особенностей систем энергоснабжения. Процедура не требует обязательной иерархии системы частных критериев и не использует предположений об их независимости по предпочтению, в ней для синтеза оценок критериев различных уровней построена функция минимакса специального вида. В работе приведены примеры использования процедуры при принятии оптимальных решений службами электроснабжения.

С целью анализа и обобщения данных информационных систем моделирования процессов перевозок и данных потребления электроэнергии на тягу разработана процедура, основанная на предложенных в работе модели условной классификации информации и генетических алгоритмах специального вида, предназначенных для нахождения таких классификаций. Задача классификации сведена к оптимизационной задаче с ограничениями, критерий качества которой зависит от группировок исходных данных. Требовалось, одновременно разделяя параметры, характеризующих объект на группы, а объекты - на классы в каждой группе, найти распределение данных, которое минимизирует критерий с учетом ограничений на допустимые комбинации. В рамках этой методики сформулированы и решены задачи анализа данных мониторинга расхода электроэнергии на тягу, полученных с применением счетчиков АЛЬФА, а также задачи обработки результатов информационного моделирования процессов перевозок на основе ВМД. Предложен алгоритм автоматизированного формирования информационных баз систем, используемых для решения задач диагностики и прогнозирования параметров исследуемых процессов.

Результаты исследований и разработок внедрены на железных дорогах Украины в рамках информационной системы оперативного управления процессами перевозок и дали существенный эксплуатационный и экономический эффект.

Ключевые слова прогнозирование электропотребления, статистический и регрессионный анализ, информационная система, реальный масштаб времени, базы данных и знаний, многоуровневая оптимизация, генетические алгоритмы.

Tseitlin S. Yu. THE ANALYSIS AND OPERATIVE PREDICTION OF ELECTRIC CONSUMPTION OF TRAINS' TRACTION ON THE BASE OF UPGRADING OF TRANSPORTATION PROCESS INFORMATIONAL MODEL. - Manuscript.

Dissertation for a technics candidate's degree on speciality 05.22. 09 – the electrification of railroad transport. Dnipropetrovsk state technical university of railroad transport, Dnipropetrovsk, 1998

The conception is developed and complex of software and hardware devices of forming and serving of informational model of by-the-car reflection of transportation real-time process, that is to solve operative analysis problems and predict the necessity of electric power for trains' traction, is created. Data on electric consumption on traction is researched, the methodics of operative prediction of electric consumption, the minimax form of particular criteria evaluation synthesis in multilevel control systems, and also the model of conditional classification of transportation data and genetic algorithms of finding these classifications are offered.

Key words: prediction of electric consumption, statistical and regression analysis, informational system, real-time principle, data and knowledge bases, multilevel optimization, genetic algorithms.

Цейтлін Семен Юліїнович

**АНАЛІЗ ТА ОПЕРАТИВНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ НА ТЯГУ
ПОЇЗДІВ НА БАЗІ РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

АВТОРЕФЕРАТ

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

Підписано до друку 14.04. 99 Формат 60х84 1/ 16. Папір для друку
апаратів. Ум. друк. арк. 1,1. Обл. вид. арк. 1,0. Тираж 100 прим. Зам. 194.
Безкоштовно.

Дніпропетровський державний технічний університет залізничного
транспортів.

Адреса університету та дільниці оперативної поліграфії ДДТУ: 320010,
Дніпропетровськ, 10, вул. Акад. В.А. Назаряна, 2.

Сканировала Камянская Н.А.