

## 6. Выводы

В данной статье рассмотрен класс задач, касающихся вопроса оптимального управления сменой стационарных состояний режима транспорта газа в магистральных газопроводах. Задача многокритериальной оптимизации приведена в общей постановке с добавлением ограничения на доступный резервный

объем газа; указана формула вычисления необходимого дополнительного объема газа. Дальнейшее решение предложенной оптимизационной задачи, после её конкретизации с учётом определенного набора исходных данных, может сэкономить время либо затраты на смену режимов, обеспечивая при этом технологичность перехода.

## Литература

1. А.Д.Тевяшев, И.Г.Гусарова, А.В.Чуркина Эффективный метод и алгоритм расчета нестационарных неизотермических режимов транспорта газа в газотранспортной сети произвольной структуры. //Восточно-европейский журнал передовых технологий – 2006. – 2/3(20) – с. 45-52.
2. Трубопроводные системы энергетики. Управление развитием и функционированием.//Под общей ред. А.Д.Тевяшева – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2004. – с 322-330.

УДК 629.4.083:629.45/46

# КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ МОНІТОРИНГ- ТЕХНОЛОГІЇ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВАГОНІВ

**І. Д. Борзилов**

Професор кафедри «Вагони»  
Українська державна академія залізничного транспорту  
пр. Фейєрбаха 7, м. Харків, Україна 61050.  
Електронна адреса: borzilov07@rambler.ru

*Запропоновано наукове обґрунтування алгоритмів побудови оптимальних програм моделювання моніторингу-технології на шляху прямування та при проведенні технічного обслуговування вагонів. Рішення завдання полягає в побудові умовної програми проведення перевірок, яка забезпечує виявлення відмови будь-якого вузла вагона при мінімумі максимально можливих витрат на моніторингу-технологію*

## 1. Постановка проблеми.

В існуючій планово-попереджувальній технології технічного утримання вагонів на залізницях України час від часу виникають організаційно-технічні проблеми, які негативно впливають на функціонування експлуатаційної роботи. Доцільно створити бар'єр для запобігання аварій та катастроф, який представляє собою оперативне керування безпекою кожного вагона.

За допомогою автоматизованих систем відбувається безперервний контроль за поточним технічним

станом кожного вагона, аналізується накопичена інформація про якість технічного обслуговування та ремонту, числа відчеплень, обороту вагона і в підсумку виробляється оперативне рішення щодо попередження транспортних пригод.

Подібні технології називають моніторинг – технології.

Таким чином існує гостра проблема створення багато важливого та відповідального напрямку щодо повної або майже повної автоматизації процесу встановлення технічного стану вагонів.

**2. Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

За останні роки виконано достатньо досліджень, присвячених підвищенню експлуатаційної надійності вагонів шляхом впровадження бортових та колійних пристроїв щодо моніторинг-технології [1-4]. В той же час, досліджень, що спрямовані на наукове обґрунтування алгоритмів побудови оптимальних програм моделювання моніторинг-технології технічного стану вагонів, проводиться надто мало.

**3. Постановка завдання**

Для реалізації моніторинг-технології технічного стану вагонів необхідні вбудовані в конструкцію деталей та вузлів вагона радіотехнічні інтелектуальні кодові бортові датчики (КБД), що спроможні фіксувати мить переходу тієї або іншої деталі у граничний стан та наявність на вагоні бортової діагностичної станції (БДС) для автоматичної передачі показань цих датчиків (рисунок 1), у автоматизовану систему керування під час руху поїзда (рисунок 2).

З цього постає завдання щодо наукового обґрунтування алгоритмів побудови оптимальних програм моделювання моніторинг-технології на шляху прямування та при проведенні технічного обслуговування вагонів.

**4. Виклад основного матеріалу дослідження.**

Представимо вагон його функціонально-логічною моделлю, кожний з  $n$  вузлів якого (які складають множини  $\Omega$ ) може знаходитися в одному з двох можливих станів – працездатному або непрацездатному, і відомо, що один з вузлів непрацездатний.

Задана матриця  $T$  тестів  $t_i, i=1, m$ , застосування кожного з яких дозволяє судити про належність вузла який відмовив, деякій підмножині  $\Omega_i$ , і вектор-стовпчик  $\tau = \{\tau_1, \dots, \tau_m\}$  затрат, пов'язаних з застосуванням кожного тесту.

Підмножини  $\Omega_i, i=1, m$  у загальному випадку самовільним чином пересікаються, а сукупність тестів, яка є, передбачається достатньою для виявлення будь-якого вузла, що відмовив.

При пошуку єдиної відмови існує очевидна ознака достатності  $T$ : усі рядки матриці повинні бути попарно різноманітні.

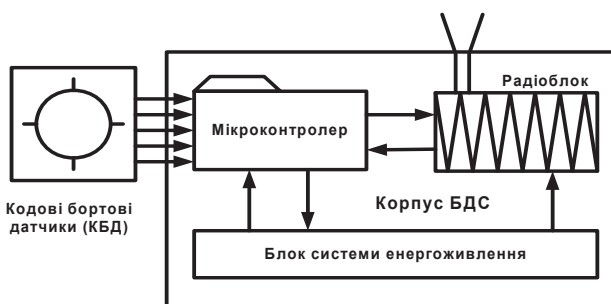


Рисунок 1 - Функціональна схема бортової діагностичної станції (БДС)

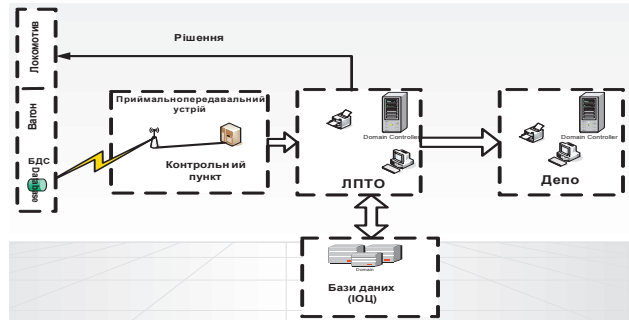


Рисунок 2 - Схема інформаційних потоків моніторинг-технології технічного стану пасажирських вагонів

При моніторинг-технології пошук вузла, який відмовив виконується поступовим застосуванням тестів матриці  $T$  за умовною схемою, тобто аналізується кінець застосування кожного тесту і вибір тесту для застосування на наступному кроці, який здійснюється за результатами аналізу. Задача полягає в побудові умовної програми моніторинг-технології, яка забезпечує виявлення відмови будь-якого вузла вагона при мінімумі максимально можливих витрат на моніторинг-технологію.

Визначимо стратегію  $\sigma(\Omega)$  пошуку відмови як умовний порядок застосування деяких тестів, які проводяться до виявлення вузла, який відмовив.

Сумарні витрати пов'язані з конкретною стратегією  $\sigma(\Omega)$ , яка є, очевидно, випадковою величиною, значення якої залежать від номера вузла, який відмовив. Нехай  $R[\sigma(\Omega)]$  - максимальне значення цієї випадкової величини. Тоді задача зводиться до побудови оптимальної стратегії  $\sigma^*(\Omega)$ , для якої

$$R[\sigma^*(\Omega)] = \min_{\sigma(\Omega)} R[\sigma(\Omega)]. \tag{1}$$

В подальшому розглядаються лише максимальні значення сумарних витрат на пошук відмови. Розподіл вірогідності даної випадкової величини не використовується і не передбачається відомим, так само як і вірогідності непрацездатних станів вузлів, які визначають цей розподіл. Таким чином, мінімальний підхід до задачі не потребує знання статистики відмов і, отже, може бути використаний при відсутності такої статистики.

Нехай відома деяка стратегія  $\sigma(\Omega)$  разом з усіма частковими стратегіями  $\sigma(\Omega_i)$  пошуку відмов у підмножинах  $\Omega_i$ , причому порядок застосування тестів стратегії  $\sigma(\Omega)$  відповідає їх нумерації. Тоді, якщо відомі максимальні витрати на реалізацію усіх часткових стратегій  $\sigma(\Omega_i), i=1, 1$  то  $R[\sigma(\Omega)]$  можна визначити з виразу

$$R[\sigma(\Omega)] = \max \left\{ \max_{|k| \leq |j| - 1} \left[ \sum_{i=1}^j \tau_i + R[\sigma(\Omega_i)] \right], \left[ \sum_{i=1}^{j-1} \tau_i + R[\sigma(\Omega_i)] \right] \right\}. \tag{2}$$

У відповідності до ідеї рекурсивного методу буде розглядати застосування тестів для пошуку вузла, що відмовив, як послідовну розбивку  $\Omega$  до отримання одноелементних підмножин. На кожному рівні розбивки можна використовувати лише тести, значні для підмножини, яку розбивають на даному рівні. Якщо на першому рівні використаний тест  $t_i$ , то сукупності (матриці) тестів, значних для підмножин  $\Omega_i$  і  $\Omega_i$ , позначимо відповідно  $T_i$  і  $T_i$ .

Розглянемо самовільний етап пошуку відмов, на якому визначені підмножини  $\Omega_i$ , які піддаються діленню на даному кроці, і матриця  $T_i$  тестів  $t_{u(i)}^k, k=1, m_i$ , значних для цієї підмножини. Припустимо, що визначена деяка стратегія  $\sigma(\Omega_i)$ , на першому кроці якої застосовується тест  $t_{u(i)}^k \in T_i$ . Застосування цього тесту  $\Omega_i$  розбиваються на  $\Omega_{(i)}^k$  і  $\bar{\Omega}_{(i)}^k$ , причому, якщо відома стратегія  $\sigma(\Omega_i)$ , то відомі і стратегії подальших розбивань  $\Omega_{(i)}^k$  і  $\bar{\Omega}_{(i)}^k$ . Враховуючи це, наведемо стратегію  $\sigma(\Omega_i)$ :

$$\sigma(\Omega_i) = [t_{u(i)}^k, \sigma(\Omega_{(i)}^k), \sigma(\bar{\Omega}_{(i)}^k)]. \quad (3)$$

Якщо відомі максимальні витрати  $R, R[\sigma(\bar{\Omega}_{(i)}^k)]$  на пошук відмов у підмножинах  $\bar{\Omega}_{(i)}^k$  і  $\Omega_{(i)}^k$  відповідно, то їх можна подати як

$$R[(\sigma\Omega)] = \tau_{u(i)}^k + \max\{R[\sigma(\Omega_{(i)}^k)], R[\sigma(\bar{\Omega}_{(i)}^k)]\} \quad (4)$$

і максимальні витрати, відповідні будь-якій стратегії  $\sigma(\Omega_i)$ , можна обчислити рекурентним способом, починаючи з одноелементних підмножин.

Відповідно до наведеного далі алгоритму процес побудови оптимальних стратегій моніторинг-технології організовується як послідовний розгляд можливих рівнів розбиття  $\Omega$ , визначення оптимального розбиття на даному рівні і витрат на попередній рівень. На будь-якому рівні розглядається підмножина  $\Omega_i$  (включаючи, за припущенням вузол, який відмовив), визначається матриця  $T_i$  істотних тестів і по черзі формується умовно – оптимальної стратегії

$$\sigma^{k*}(\Omega_i) = [t_{(i)}^k, \sigma^*(\Omega_{(i)}^k), \sigma^*(\bar{\Omega}_{(i)}^k)], \quad (5)$$

такі, що на першому їх кроці використовується один з тестів матриці, а подальший пошук відмов у підмножи-

нах  $\bar{\Omega}_{(i)}^k$  і  $\Omega_{(i)}^k$  проводиться оптимальним чином. Якщо оптимальні стратегії подальшого розбиття  $\Omega_i$  невідомі, то процес переходить на наступний рівень для визначення бракуючих результатів. Коли такі стратегії відомі (або застосуванням тесту  $t_{u(i)}^k$  підмножина розбивається на одноелементні, подальша локалізація відмов в яких не потрібна) – то серед умовно-оптимальних стратегій вибирається краща (з мінімумом максимальних витрат на реалізацію), яка і буде оптимальною для даного рівня розбиття. Якщо  $\Omega_i = \Omega$  - процес закінчений, а якщо  $\Omega_i \subset \Omega$  - перехід на попередній рівень.

Для підвищення ефективності скороченого перебору допустимих варіантів стратегій пошуку на кожному рівні розбиття  $\Omega$  проводиться побудова не всіх умовно – оптимальних стратегій, а лише деяких з них, так званих перспективних, неперспективні варіанти (які явно не містять оптимального) відкидаються до їх побудови.

Загальна схема алгоритму пошуку має наступний вигляд:

$$AA_g = \left\{ \begin{array}{l} 1 \quad 2 \quad P_3^{13} \quad 4 \quad 5 \quad 4 \quad 6 \quad 15 \quad A_7 \quad 8 \quad A_{9 \& 18} \quad A_{10} \quad P_{11 \& 21} \quad P_{12 \& 24} \quad P_{12}^{25} \quad A_{13} \quad A_{14} \quad A_{15} \\ A_{16 \& 2} \quad A_{17 \& 16} \quad A_{18} \quad A_{19} \quad P_{20 \& 8}^{16} \quad A_{21} \quad P_{22}^{16} \quad A_{23} \quad A_{24}^{15} \quad Z_{25} \end{array} \right\}, \quad (6)$$

де  $A_1$  - формування масиву початкових даних матриця  $T$ , вектор – стовпець  $\tau$ , вводяться початкові значення змінних:  $i = 1, w = 0$ ;

$A_2$  - визначення підмножини  $\Omega_i$  для побудови оптимальної стратегії  $S_{tr}^*(\Omega_i)$  на поточному циклі обчислень (виконується припущення, що перевірка-

ми, проведені на попередніх етапах, відмова локалізована до  $\Omega_i$ . Вводяться початкові значення змінних циклу:  $k=1, \beta=0$ . Формується матриця істотних тестів  $T_i$ . Процес починається з розгляду  $\Omega_i = \Omega_i$ );

$P_3$  - контроль потужності підмножини  $\Omega_i$ ;

$A_4$  - фіксування чергового тесту матриці  $T_i$ , починаючи з  $t_{(i)}^1$ , для розбиття підмножини  $\Omega_i$ ;

$A_5$  - контроль наявності оптимальної стратегії подальшого розбиття  $\Omega_i$ ;

$P_6$  - контроль наявності оптимальної стратегії  $S_{tr}^*(\bar{\Omega}_{(i)}^k)$ ;

$A_7$  - формування умовно-оптимальної стратегії  $S_{tr}^{k*}(\Omega_i)$  обчислення максимальних витрат на її реалізацію і визначення базової стратегії  $S_{tr}^{v*}(\Omega_i)$ ;

$A_8$  - визначення змінної  $z$  як різниці між числом тестів матриці  $T_i$  і поточним значенням  $k$ ;

$A_9, A_{10}, A_{18}, A_{19}$  - перевірка перспективності умовно-оптимальної стратегії;

$P_{11}$  - фіксування закінчення поточного циклу обчислень і проведення його ідентифікації;

$P_{12}$  - перевірка закінчення обчислень;

$A_{13}$  - при  $|\Omega_i|=1$  пошук вузла, що відмовив, закінчений  $S_{tr}^*(\Omega_i)=[-]$ ,  $R[S_{tr}^*(\Omega_i)]=0$ , якщо  $|\Omega_i|=2$ , то оптимальна стратегія пошуку відмови на  $\Omega_i$  очевидна:  $S_{tr}^*(\Omega_i)=[t_{(i)}^1]$ ,  $R[S_{tr}^*(\Omega_i)]=\tau_{(i)}^1$ ;

$A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, P_{20}, A_{21}, P_{22}, A_{23}$ , - блоки присвоєнь значень;

$A_{24}$  - перехід до наступного зовнішнього циклу;

$Z_{25}$  - кінець.

Систематичне повторення описаної процедури на всіх етапах пошуку приводить до побудови оптимальної стратегії  $S_{tr}(\Omega)$ .

## 5 Висновок

Запропоновано наукове обґрунтування алгоритмів побудови оптимальних програм моделювання моніторинг-технології на шляху прямування та при проведенні технічного обслуговування вагонів. Рішення завдання полягає в побудові умовної програми проведення перевірок, яка забезпечує виявлення відмови будь-якого вузла вагона при мінімумі максимально можливих витрат на моніторинг-технологію. Розглядаються лише максимальні значення сумарних витрат на пошук відмови. Розподіл вірогідності даної випадкової величини не використовується і не передбачається відомим, так само як і вірогідності непрацездатних станів вузлів, які визначають цей розподіл. Таким чином, мінімальний підхід до задачі не потребує знання статистики відмов і, отже, може бути використаний при відсутності такої статистики.

## Література

- 1 Бабанін О.Б., Борзилов І.Д. Способи побудови алгоритмів діагностування вагонних конструкцій. Харків: Зб. наук. праць / УкрДАЗТ, 2003. -Вип. 54. –С. 77-84.
- 2 Борзилов І.Д., Петухов В.М. Выбор автоматизированных средств контроля перегрева букс вагонов в пути следования Харків: Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. № 2 2006, -С. 48-51.

- 3 Демин Р.Ю., Демін Ю.В., Дмитриев Д.В. Компьютерная система контроля состояния ходовых частей пассажирских вагонов // Залізничний транспорт України. - 2003. - № 5. - С. 4-6.
- 4 Бондаренко П.Н., Мурсаев А.Х., Ромен Ю.С., Сафьянников Н.М. Информационная технология непрерывного контроля железнодорожного транспорта в процессе эксплуатации / Вісник СХУ ім. В. Даля. –Луганськ: СХУ ім. Даля, 2003. -№9(67). Ч.2. –С.209-212.

УДК 621.316.93

# ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ОСНОВНИХ ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШУНТУЮЧОГО РЕАКТОРА ВІД КОЕФІЦІЄНТА ЗАПАСУ ЛІНІЙНОСТІ

*У статті розглянуто і проаналізовано вплив коефіцієнта запасу лінійності шунтуючого реактора на вкладення активних матеріалів та загальні втрати у реакторі. Вкладення активних матеріалів та втрати розраховувались на основі мінімізації цільової функції, яка забезпечує мінімальну вартість шунтуючого реактору при заданому запасі лінійності ШР. Показано, що збільшення коефіцієнта запасу лінійності шунтуючого реактору призводить до зростання його вартості*

**А.Р. Лучко**

Кандидат технічних наук, доцент\*

Контактний тел.: (061) 228-16-09, +380665888817

e-mail:Luchok@ukr.net

**Т.В. Попова**

Доцент\*

\*Кафедра електричних машин

Запорізький національний технічний університет  
вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, Україна, 69063

Контактний тел.: (061) 769-82-01, (061) 228-16-09,

+380505850484

e-mail:tvpopovazntu@rambler/ru

## 1. Вступ

Розробка новітніх технологій виготовлення шунтуючих реакторів (ШР) безпосередньо обумовлює значне зниження витрат, як матеріалів, так і коштів. Знизити собівартість продукції можливо за рахунок удосконалення та оптимізації розрахунків техніко-економічних характеристик з урахуванням умов експлуатації. Це пов'язано з тим, що на стадії проектування відбувається уточнювання та узгодження параметрів електричної моделі, яку обирає конкретний споживач-замовник. Для цього необхідно прове-

сти дослідження залежності основних характеристик шунтуючих реакторів від коефіцієнта запасу лінійності ШР.

В публікаціях [1-3] за даною проблемою існують тільки уривчасті відомості, які не дозволяють повністю використовувати ці дані для вирішення поставленої перед нами задачі. Виходячи з цього, проблема дослідження залежності основних характеристик шунтуючого реактора при їх оптимальному співвідношенні від коефіцієнта запасу лінійності ШР є актуальною як в теоретичному, так і в практичному плані.