УДК 629.113

Погорєлов М.Г.[1], Ларін О.М., д.т.н.[2], Субочев О.І., к.т.н.[3]

**1 — СДПУ, м. Слов'янськ; 2 — НУЦЗУ, м. Харків;
3 — АДІ ДВНЗ ДонНТУ, м. Горлівка.**

УЗАГАЛЬНЕНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Проаналізовано систему технічного обслуговування і ремонту транспортних засобів, яка є однією із найбільш складних реальних систем. Запропоновано узагальнену модель процесів технічного обслуговування і ремонту автомобілів, яка визначає склад і вид вихідних даних, забезпечує опис об'єкта в обсязі, достатньому для побудови імітаційної моделі та визначення операційних характеристик. Виявлено, що автомобілі мають не абсолютну надійність, а відносну, до того ж у більшості випадків заздалегідь невідому.

Вступ

Система технічного обслуговування й ремонту є однією із найбільш складних систем. Масовість транспортних засобів, численні зв'язки, постійна взаємодія їх із зовнішнім середовищем накладають ряд істотних обмежень і вимагають їхнього обліку під час планування та управління.

Характер розподілу робіт технічних впливів у виробничих підрозділах, витрат часу на виявлення і усунення відмов і несправностей як регламентних, так і не регламентних носять випадковий характер.

Оптимізація виробничих процесів в умовах випадкового характеру складових є, по суті, пошуком оптимального управління стохастичним процесом. Завдання ускладнюється наявністю накладення випадкових процесів і це робить систему ще більш невизначеною й складною.

Метою даного дослідження є розробка математичної моделі процесів технічного обслуговування та ремонту автотранспортних засобів.

Обґрунтування методів управління реальними виробничими процесами

На сучасному етапі прискореного розвитку техніки та зростання ролі прийняття рішень в умовах невизначеності з'явилася об'єктивна потреба у більш ефективних методах планування і управління на автомобільному транспорті, що базуються на виборі оптимального варіанта в процесі попереднього математичного дослідження. Визнання цих фактів привело до розробки і широкого практичного застосування ймовірно статистичних методів. Серед імовірних методів визначне місце займають методи теорії масового обслуговування.

Математична модель процесів технічного обслуговування та ремонту автотранспортних засобів

Під час роботи автомобіль може перебувати в одному з можливих станів: виконувати транспортну роботу за межами підприємства, перебувати в технічному обслуговуванні або в поточному ремонті, зберігатися в справному стані, крім того, автомобіль може бути направлений на капітальний ремонт або може бути списаний. Одиночний автомобіль являє собою технічну систему багаторазового використання, призначену для виконання корисної роботи з перевезення вантажів і пасажирів. Як показали численні дослідження [1, 2], автомобілі мають не абсолютну надійність, а відносну, до того ж у більшості випадків заздалегідь невідому. Через випадковий характер впливу великої кількості факторів зміни технічного стану вона також носить випадковий характер.

У силу цього в довільний момент часу t автомобіль може перебувати в кожному з наведених станів. Позначимо можливі стани автомобіля через $E_i (i = 0, n)$. Перехід зі стану в стан відбувається дискретно, однак, у випадкові моменти часу. Тому функціонування автомобіля в часі можна розглядати як систему з безперервним часом і дискретними станами (рис. 1). Подія, яка полягає в тому, що в момент часу автомобіль перебуває в стані E_i позначимо через

$$x(t) = E_i (i = 0, n). \tag{1}$$

Імовірність цієї події матиме вигляд

$$m_i(t) = P\lfloor x(t) = E_i \rfloor. \tag{2}$$

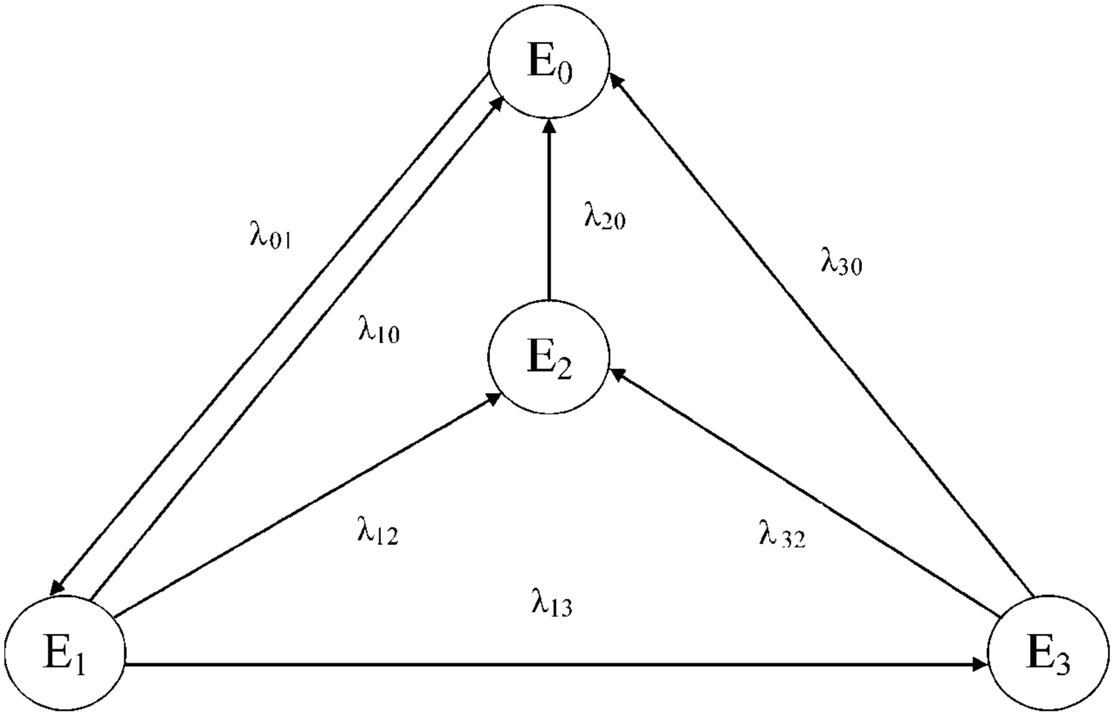

Рис. 1. Граф станів автомобіля

Формуючою умовою для будь-якого моменту часу t є

$$\sum_{i=n}^{1} P_i(t) = 1. \tag{3}$$

У нашому випадку завдання полягає у відшуканні імовірностей $P_i(t)$.

Якщо інтерпретувати перехід автомобіля з одного стану в інший як «блукання» крапки вершинами деякого графа, то безліч станів $x = \{E_0, ..., E_n\}$ можна розглядати як безліч вершин цього графа. Позначимо через $R(E_i, E_j)$ сусідні вершини графа. Тоді при $R(E_i, E_j) = 1$ вершина E_i з'єднана з вершиною E_j ребром, при $R(E_i, E_j) = 0$ безпосереднього переходу з вершин E_i у E_j не існує.

Можливі стани автомобіля можна класифікувати як початкові, коли виконується умова:

$$\left.\begin{cases}\sum_{j=0}^{n} R\left(E_i, E_j\right) > 0 \\ \sum_{j=1}^{n} R\left(E_i, E_j\right) = 0\end{cases}\right\}. \tag{4}$$

Транзитивний стан характеризується виконанням умови:

$$\left.\begin{cases}\sum_{j=0}^{n} R\left(E_i, E_j\right) > 0 \\ \sum_{j=1}^{n} R\left(E_i, E_j\right) > 0\end{cases}\right\}. \tag{5}$$

Такими станами автомобіля є:

E_0 — автомобіль справний, але перебуває в парку через неробочу зміну, відсутність водія тощо;

E_1 — автомобіль справний, перебуває на лінії;

E_2 — автомобіль перебуває на технічному обслуговуванні;

E_3 — автомобіль перебуває в поточному ремонті.

Якщо прийняти, що в автотранспортному підприємстві є А автомобілів, кожний з яких може перебувати в k+1 станах, то E_i^n становить і-тий стан, в якому перебуває n-ий автомобіль, а стан А автомобілів у кожний момент часу t буде описаний сімейством векторів:

$$V(t) = \lfloor E_1(t), E_2(t), ..., E_n(t) \rfloor, t \geq 0 . \tag{6}$$

Кількість можливих станів сукупності автомобілів буде дорівнювати $\prod_{n=1}^{A}\left(K_n + 1\right)$.

Максимум елементів безлічі $\Omega = (V)$ досягається, коли за елементи Ω приймаються вектори з (7). Отже, зменшення кількості елементів безлічі Ω можливо тільки за рахунок скорочення кількості станів одиничного автомобіля. Однак і в цьому випадку кількість можливих станів A автомобілів буде занадто велика. Тоді траєкторію поведінки системи з А автомобілями у часі можна представити як випадкове блукання крапки в A -мірному просторі. Це дає підставу думати, що стан системи ТО та Р може бути описано A -мірною випадковою величиною:

$$\Omega(t) = \left\{\begin{matrix} g_1(t) \\ g_2(t) \\ \cdots\cdots \\ g_A(t) \end{matrix}\right\}. \tag{7}$$

У загальному випадку відомо, що число можливих станів і, в яких може перебувати одиничний автомобіль, є скінченною величиною. Причому ця величина визначиться прийнятою технологічною схемою та організацією виробництва обслуговування та ремонту.

Кожний з можливих станів може бути розбитий на деякий набір станів. Наприклад, ремонт автомобіля може включати: очікування ремонту, безпосередньо ремонт, контроль за виконанням ремонту та ін.

Підприємство складається з кінцевого числа автомобілів А, що робить систему замкнутою. Як видно, всі автомобілі перебувають в одному з кінцевої безлічі станів: справні, потребуючі ТО, ремонту тощо (рис. 2).

Тому введемо випадкову величину ψ_i, $i = 1, 2, ..., \theta$, яка характеризує кількість автомобілів, що перебувають у момент t в i-му стані.

Припустимо, що

$$\psi_1(t) + \psi_2(t) + ... + \psi_\theta(t) = \text{A}, \tag{8}$$

або

$$\sum_{j=1}^{\theta} \psi_i(t) = \text{A}. \tag{9}$$

Величина ψ_i для будь-яких t є випадковою функцією часу. Тому найважливішими характеристиками є математичне очікування та дисперсія

$$M_i(t) = M\left[\psi_i(t)\right];\ D_i(t) = D\left[\psi_i(t)\right]. \tag{10}$$

Математичне очікування по суті характеризує середню кількість автомобілів в i-му стані, а дисперсія — можливий розкид.

Для оцінки цих характеристик необхідно:

1 — визначити кількість можливих станів, в яких може перебувати автомобіль;

2 — визначити інтенсивність переходу автомобіля з одного стану в інший.

Для визначення імовірності станів функції часу скористаємося рівнянням Колмогорова [3]:

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda_{01}\cdot P_0(t) + \lambda_{10}\cdot P_1(t) + \lambda_{20}\cdot P_2(t) + \lambda_{30}\cdot P_3(t) \\ &\frac{dP_0(t)}{dt} = -\left(\lambda_{10} + \lambda_{12} + \lambda_{13}\right)\cdot P_1(t) + \lambda_{01}\cdot P_0(t) \\ &\frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda_{20}\cdot P_2(t) + \lambda_{12}\cdot P_1(t) + \lambda_{32}\cdot P_3(t) \\ &\frac{dP_0(t)}{dt} = -\left(\lambda_{30} + \lambda_{32}\right)\cdot P_{31}(t) + \lambda_{13}\cdot P_3(t) \end{aligned}\right\}. \tag{11}$$

При відомих λ_{ij} кожний автомобіль може переходити з одного стану в інший з можливих, незалежно один від одного.

Поставлене завдання вирішується при використанні математичного апарата теорії надійності та теорії масового обслуговування. Подамо дану систему як замкнуту систему масового обслуговування, що цілком відповідає фізичному змісту реального підприємства.

Протягом періоду регенерації потік вимог на технічне обслуговування та ремонт від кожного автомобіля утворить деякий процес часткового відновлення. Переходячи до парку, отримаємо А таких процесів відновлення.

Сумарний процес, відомий як суперпозиція процесів «часткового» відновлення будемо апроксимувати законом Пуассона з параметрів А, λ, де λ — інтенсивність одиничного процесу.

Геометричну інтерпретацію цього процесу можна представити у вигляді деякого набору крапок на тимчасовій осі (рис. 2).

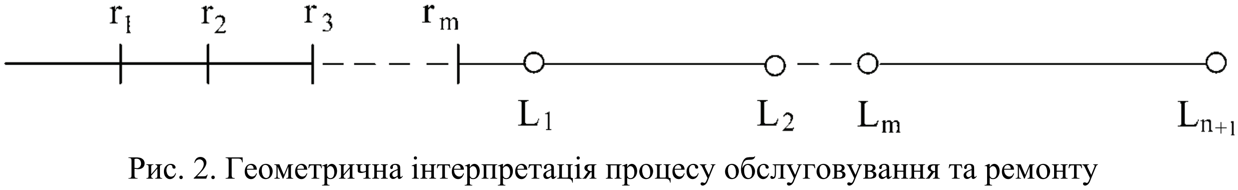

Рис. 2. Геометрична інтерпретація процесу обслуговування та ремонту

Слід зазначити, що в даній постановці завдання розглядається кожна з можливих стратегій управління надійністю автомобілів в експлуатації. Як окремі випадки в завданні можна проводити оптимізацію тільки періодичності ТО при фіксованій кількості постів технічного обслуговування і ремонту або ж оптимізувати число постів ремонту при фіксованій періодичності та кількості постів ТО.

При фіксованій періодичності ТО розглядаються завдання оптимізації кількості постів у системі ТО та Р. Нарешті, під час використання в управлінні політики примусової заміни агрегатів, що значно підвищує надійність автомобілів, завдання вироджується в завдання оптимізації кількості постів тільки для технічного обслуговування. У загальному випадку в процесі беруть участь усі компоненти поставленого завдання. На даній моделі може розглядатися широкий клас завдань спільної оптимізації технічного обслуговування та ремонту. По суті, це одне з оптимізаційних багатопараметричних завдань.

Висновки

Оптимізація виробничих процесів автосервісних підприємств в умовах випадкового характеру складових є по суті пошуком оптимального управління стохастичним процесом. Завдання ускладнюється ще тим, що має місце накладення випадкових процесів і це робить систему ще більш невизначеною та складною.

Запропонована узагальнена модель процесів технічного обслуговування і ремонту автомобілів визначає склад і вид вихідних даних, забезпечує опис об'єкта в обсязі, достатньому для побудови імітаційної моделі та визначення операційних характеристик.

В дослідженні виявлено, що автомобілі мають не абсолютну надійність, а відносну, до того ж у більшості випадків заздалегідь невідому. Через випадковий характер впливу великої кількості факторів зміни технічного стану вона також носить випадковий характер.

Кожний з можливих станів може бути розбитий на деякий набір станів. Наприклад, ремонт автомобіля може включати: очікування ремонту, безпосередньо ремонт, контроль за виконанням ремонту та ін.

Для оцінки стохастичних характеристик процесів технічного обслуговування і ремонту автомобілів необхідно:

1 — визначити кількість можливих станів, в яких може перебувати автомобіль;

2 — визначити інтенсивність переходу автомобіля з одного стану в інший.

Під час розв’язання поставленого завдання розглядається кожна з можливих стратегій управління надійністю автомобілів в експлуатації. Це дає можливість проводити оптимізацію тільки періодичності ТО при фіксованій кількості постів технічного обслуговування і ремонту або оптимізувати число постів ремонту при фіксованій періодичності та кількості постів ТО.

Список літератури

1. Кузнецов Е.С. Управление техническими системами / Е.С. Кузнецов. — М.: Транспорт, 2003. — 248 с.
2. Проектне забезпечення формування виробничо-технічної бази підприємств автомобільного транспорту: навчальний посібник / М.Я. Говорущенко, В.М. Варфоломєєв, В.П. Волков, Н.А. Волошина. — Харків: ХНАДУ, 2007. — 116 с.
3. Вентцель Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель. — М.: Изд. центр «Академия», 2003 — 432 с.
4. Основи теорії транспортних процесів і систем: навчальний посібник для ВНЗ / М.Ф. Дмитриченко, Л.Ю. Яцківський, С.В. Ширяєва, В.З. Докуніхін. — К.: Видавничий дім «Слово», 2009. — 336 с.
5. Мігаль В.Д. Технічна кібернетика транспорту: навчальний посібник / В.Д. Мігаль, В.П. Волков. — Харків: ХНАДУ, 2007. — 308 с.

Рецензент: к.т.н., доц., М.А. Мастепан, АДІ ДВНЗ «ДонНТУ»

Стаття надійшла до редакції 03.12.10