

Назва роботи : «Розробка моделі і методу оптимального планування технічного обслуговування на основі діагностики як методу забезпечення експлуатаційної надійності автомобілів»

Шифр - «оптимальне планування»

ЗМІСТ

Вступ	
1. Моделювання функціонування малих автотранспортних підприємств	4
2. Оцінка основних показників надійності автомобілів	10
3. Надійність системи управління та оптимальне планування технічного обслуговування автомобілів	18
4. Основи методів діагностування електронних систем керування автомобілем	24
Висновки	31
Список посилань	32

ВСТУП

У малому автотранспортному підприємстві, що діє, представляється можливим забезпечити управління станом рухомого складу при планово-запобіжній системі технічного обслуговування. Проте, реалізація на практиці вказаної системи забезпечення надійності рухомого складу в експлуатації обходяться дуже дорого. Тут, математична модель стає ефективним засобом для управління станом рухомого складу з урахуванням особливостей еволюційного процесу. В зв'язку з цим розглядається дискретний аналог математичної моделі. Це обставина, по суті, забезпечує застосування математичної моделі до вирішення практичних завдань в експлуатації рухомого складу в малому автотранспортному підприємстві.

1. Моделювання функціонування малих автотранспортних підприємств

У малому автотранспортному підприємстві, що діє, представляється можливим забезпечити управління станом рухомого складу при планово-запобіжній системі технічного обслуговування. Математична модель стає ефективним засобом для управління станом рухомого складу з урахуванням особливостей еволюційного процесу. В зв'язку з цим розглядається дискретний аналог математичної моделі. Це обставина, по суті, забезпечує застосування математичної моделі до вирішення практичних завдань в експлуатації рухомого складу в малому автотранспортному підприємстві.

У основі побудови дискретної моделі покладені функції $a_k(t)$ і $C_k(t)$ що визначають стан i -го автомобіля A_k у довільний момент часу, при цьому $a_k(t) \in (-\beta_k a_k)$, а $C_k(t)$ приймає одне з чотирьох значень. Як додаткові умови до організації малого автотранспортного підприємства слід віднести:

- Контроль стану автомобілів ґрунтується на деякому масштабі часу, в якому всі параметри a_k і β_k - натуральні числа.

- Фіксація станів автомобілів в масштабі δ проводиться у момент часу $t_s = t_0 + S$ де t_0 - момент початку відліку $S = 0.1 \dots$

- Для кожного автомобіля A_k серед дискретного ряду значень t_s знайдеться таке $t^{(k)}$, що $a_k(t^{(k)}) = a_k$.

Траєкторії зміни станів рухомого складу в малому автотранспортному підприємстві описується дискретною моделлю [8]. Для опису зміни станів множини за допомогою дискретної моделі, доцільно використовувати деякий масштаб часу,

тоді δ і $\delta_1 = \delta / m$, де m - натуральне число. Параметри станів A_k ($k = 1, \dots, n$) у зв'язані рівністю $a_k^{(1)} = m a_k; \beta_k^{(1)} = m \beta_k \chi$. Періоди повторень станів A_k визначається $T_k^{(1)} = m T_k$. Тут, встановлюється співвідношення між періодами повторення станів і траєкторіями розвитку множини A :

$$T^{(1)} = \text{НОК}(T_1^{(1)}, \dots, T_n^{(1)}) \text{ де НОК - найменший загальний дільник;}$$

$$T^{(1)} = m T; \chi^{(1)} = m^{n-1} \chi$$

де χ - число можливих траєкторій розвитку малого автотранспортного підприємства. Початкові стани, що породжують всілякі траєкторії функціонування малого автотранспортного підприємства, розглядаються на прикладі АТП що складається з двох автомобілів.

Позначимо через $A^{(2)} = \{A_1, A_2\}$ мале автотранспортне підприємство, що складається з двох одиниць рухомого складу A_1 і A_2 а через $a^{(2)}(t) = (a_1(t), a_2(t))$ - відображається стан $A^{(2)}$ у вигляді точки двовимірного простору у момент часу (t) , і хай T_1 і T_2 - періоди функцій $a_1(t)$ і $a_2(t)$. Тоді період векторної функції $a^{(2)}(t)$ рівний $T^{(1)} = \text{НОК}(T_1^{(1)}, \dots, T_n^{(1)})$. Число $\chi^{(2)}$ різних траєкторій $A^{(2)}$ визначається з виразу $\chi^2 = T_1 \cdot T_2 / T^{(2)}$; і є загальним найбільшим дільником чисел T_1 і T_2 . Тепер звернемося до малого автотранспортного підприємства $A^{(m)}(A_1, \dots, A_m)$, що містить m одиниць рухомого складу. Хай $a^m(t) = (a_m(t), \dots, a_1(t))$ - крапка m - мірного простору, яка відповідає стану $A^{(m)}$ у момент t , T_k - ціло-чисельний період функції $a_k(t)$ ($k = 1, \dots, m$) і, $T^{(m)}$ - період векторної функції, $a^{(m)}(t)$ - період повторення станів малого автотранспортного підприємства $A^{(m)}$. Припустимо, що для $A^{(m)}$ існує безліч початкових станів, крапок m - простору, що породжують різні траєкторії, побудовано:

$$a^{(m/k)} = (a_1^{0,k}, a_2^{0,k}, \dots, a_m^{0,k}), (k = 0, 1, \dots, \chi^{(m)} - 1)$$

$$\text{де } \chi^{(m)} = T_1 \cdot T_2 \cdot \dots \cdot T_m / T^{(m)}$$

Зміна станів рухомого складу A в малому автотранспортному підприємстві відбувається по одній з χ ($\chi > 1$) різних траєкторій. Хай $a(t) = (a_1(t), \dots, a_n(t))$ - крапка n - мірного простору, що відображає положення рухомого складу в малому АТП у момент часу t . Кожен з двох станів належить одному з трьох основних етапів: $\langle S \rangle, \langle R \rangle, \langle S, R \rangle$ або з 12-и перехідних режимів. У цих ситуаціях хоч би один

автомобіль повністю використовує допустимий проміжок часу експлуатації і переходить на етап відновлення працездатності. Тут витікає, що одна з компонент вектора $a(t)$ звертається в нуль. Якщо число таких компонент рівно $K(1 \leq K \leq n)$, то перехідний режим є критичним станом малого автотранспортного підприємства порядку K . При $K = n$ має місце катастрофічний стан. Для функціонування малого автотранспортного підприємства по такій траєкторії потрібне максимальне залучення ресурсів для проведення відновних робіт зі всім рухомим складом одночасно. Існують оптимальні траєкторії функціонування малого автотранспортного підприємства. У загальному випадку таких траєкторій може бути декілька. Звернемося до малого автотранспортного підприємства, що містить чотири одиниці рухомого складу :

$$A = \{A_1, A_2, A_3, A_4\}.$$

Вони характеризуються початковими даними:

$$a_1 = 3; a_2 = 2; a_3 = 4; a_4 = 6;$$

$$\beta_1 = 3; \beta_2 = 2; \beta_3 = 1; \beta_4 = 2.$$

Тут α - пробіг автомобіля між технічними обслуговуваннями;

β - простій автомобіля в технічному обслуговуванні і поточному ремонті.

Згідно раніше приведеного алгоритму період $T=120$ і число траєкторій $\chi=8$.

Система, що породжує, для $\{A, A, A, A_4\}$ містить 8 чотиривимірних векторів:

$$a^{(1)} = (0, 2, 4, 6); a^{(2)} = (0, 2, 4, 5)$$

$$a^{(3)} = (0, 2, 4, 4); a^{(4)} = (0, 2, 4, 3)$$

$$a^{(5)} = (0, 1, 4, 6); a^{(6)} = (0, 1, 4, 5)$$

$$a^{(7)} = (0, 1, 4, 4); a^{(8)} = (0, 1, 4, 3)$$

Вводиться лічильник часу $\tau = 0, 1, \dots$ і відносячи кожен крок до моменту $\tau = 0$, отримуємо безліч крапок, що належать траєкторіям $G\{a^{(p)}\} (p = 1, \dots, 8)$. Алгоритм для визначення оптимальної траєкторії включає наступні початкові дані до розрахунку:

- n - одиниць рухомого складу малого автотранспортного підприємства A ;
- $a_k, \beta_k (k = 1, \dots, n)$ - параметри с ціло-чисельними значеннями характеризуючи експлуатацію і відновлення працездатності i -ої одиниці рухомого складу A_k ;
- χ - число різних еволюційних траєкторій;
- T - період повторення станів малого АТП;

- $a_0^{(p)} (p = 1, \dots, \chi)$ - безліч крапок, що породжують різні траєкторії.

Алгоритм заснований на переборі всіх крапок, що входять до складу траєкторії $G\{a_0^{(p)}\}$, на визначенні $K(P, S)$ - порядку 5-го критичного стану, порядку $N(P)$ самій траєкторії і на виділенні безлічі індексів, для яких $N(P)$ мінімально. Припустимо, що траєкторія $G\{a_0^{(p)}\}$ зміни станів рухомого складу характеризується n -мірною функцією $a^{(p)}(t)$, причому $a^{(p)}(0) = a^{(p)}$. Декілька оптимальних траєкторій зміни станів рухомого складу припускає вибір, з числа яких задовольнятимуть додатковим умовам. Наприклад, служба здійснює технічну експлуатацію рухомого складу в малому автотранспортному підприємстві визначила, таку оптимальну траєкторію, уздовж якої в межах одного періоду T загальне число критичних станів було мінімальним. У загальному випадку частота проведення відновних робіт по рухомому складу - мінімальна. Організація функціонування малого автотранспортного підприємства побудована таким чином, що кожен автомобіль проходить по замкнутому циклу, в якому етапи експлуатації $\langle S \rangle$ і відновлення $\langle R \rangle$ переходять один в іншій через проміжні режими (SR) або (RS) . Етапи $\langle S \rangle$ і $\langle R \rangle$ тривають визначені інтервали часу, а перехідні режими (SR) і (RS) долаються одномоментно. Розглянуті раніше підходи в оцінці розвитку станів малого автотранспортного підприємства, алгоритми, дають можливість перейти до визначенім нормативів технічної експлуатації. Далі, здійснюється аналіз на прикладі техніко-економічного методу [8]. Останній зводиться до визначення сумарних питомих витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт рухомого складу і їх мінімізації. При цьому питомі витрати на технічне обслуговування (ТО) складають відношення $C_1 = d / 1$, де 1 -х періодичність ТО; d - вартість виконання операцій ТО. Аналогічно визначаються питомі витрати на поточний ремонт (відновлення працездатності) автомобілів. Введемо визначення функції витрат Z_k на зміст i -ої одиниці рухомого складу A_k за наступним правилом:

$$Z_k(t, t+1) = \begin{cases} C_{1,k}, & \text{якщо } C_k(t, t+1) = \langle S \rangle \\ C_{2,k}, & \text{якщо } C_k(t, t+1) = \langle R \rangle \end{cases}$$

Для обчислення витрат на інтервал і часу від t_1 до t_2 слід скористатися

формулою:

$$Z(t_1, t_2) = \sum_{\nu=0}^{t_2-t_1-1} Z_k(t_1 + \nu, t_1 + \nu + 1)$$

Функція Z_k має періодичний характер: $Z_k(t_k + T_k, t + T_k + 1) = Z_k(t, t + 1)$

Для будь-якого моменту $Z_k(t, t + T_k) = Z_k(0, T)_k$.

Якщо виникає необхідність порівняти витрати на експлуатацію двох різних автомобілів A_p і A_q то їх слід провести на інтервалі часу $[t, t + T_{pq}]$, де $T_{pq} = \text{НОК}(T_p, T_q)$.

У разі потреби порівняти між собою витрати на зміст i -го автомобіля, окремо, доцільно здійснити це на інтервалі часу $[t, t + T]$ де $T = \text{НОК}(T_1, \dots, T_n)$. Функція витрат Z на зміст всього парку автомобілів малого автотранспортного підприємства:

$$Z(t, t + 1) = \sum_{k=1}^n Z_k(t, t + 1) \quad (1)$$

Ця функція є періодичною з періодом T : $Z(t + T, t + T + 1) = Z(t, t + 1)$.

Загальні витрати на зміст малого автотранспортного підприємства визначаються на інтервалі часу від t_1 до t_2 по формулі:

$$Z(t_1, t_2) = \sum_{v=0}^{t_2-t_1-1} Z(t_1 + v, t_1 + v + 1) = \sum_{v=0}^{t_2-t_1-1} \sum_{k=1}^n Z_k(t_1 + v, t_1 + v + 1)$$

Представляється можливим порівнювати витрати на функціонування малого автотранспортного підприємства по будь-якій з траєкторій. Функція (1) характеризує інтенсивність використання ресурсів в одиницю часу. Це слід покласти в основу в частині вибору якнайкращої траєкторії для малого автотранспортного підприємства - коли інтенсивність використання ресурсів мінімальна порівняно з цим показником для інших траєкторій. У алгоритм ДЛІЯ вирішення завдання в частині дослідження функції витрат Z додатково вводяться значення $C_{1,k}$ і $C_{2,k}$ - вартість одиниці часу експлуатації. Управління станом рухомого складу в малому автотранспортному підприємстві найефективніше досягається переходом парку з однієї траєкторії на іншу, виключаючи катастрофічні стани парку. Миттєву зміну стану можливо здійснити за рахунок зменшення терміну експлуатації автомобілів, що залишився. У довільний момент часу (мале АТП може знаходитися на одному з основних етапів $\langle S \rangle$, $\langle R \rangle$, $\langle S, R \rangle$, або на одному з 12-и перехідних режимів. Зміна станів і перехід автомобілів на інші траєкторії можливий у всіх випадках, за винятком етапу $\langle R \rangle$ і перехідних режимів (SR) і (R, SR). Дійсно, якщо автомобіль у момент часу t знаходиться на відновленні працездатності, виглядає безглуздим переривати цей етап поки він не завершиться, і передавати в експлуатацію. Розглянемо загальний випадок розвитку малого автотранспортного підприємства. Хай мале автотранспортне

підприємство розвивається по деякій траєкторії $G\{a^o\}$ породжуваною крапкою a^o . Покладемо, що існує і інша траєкторія розвитку $G\{a^1\}$, яка по деяких критеріях управління станом рухомого складу переважніша. Можливо здійснити перехід у функціонуванні малого АТП з $G\{a^o\}$ на $G\{a^1\}$. Тут слід виявити крапки, в яких шляхом зменшення тривалості експлуатації певних автомобілів можна перейти до нових станів малого автотранспортного підприємства, що належать траєкторії $G\{a^1\}$. Хай $A = \{A_1, \dots, A_n\}$ мале автотранспортне підприємство, в якому параметри β_k відновлення працездатності автомобілів задані фіксованими натуральними числами, а значення параметрів a_k вибираються серед натуральних чисел, що належать відрізьку $[\mu_k, \nu_k]$, де μ_k, ν_k - ненегативні цілі числа. Припустимо, що є деякий показник D за значенням якого ухвалюється рішення про перевагу функціонування малого автотранспортного АТП при певних значеннях a_k . Такими показниками визначаються: - T - період повторення стану парку автомобілів; - χ - число можливих траєкторій розвитку малого АТП; - $N = \min N(P) (P = 1, \dots, \chi)$, де $N(P)$ - порядок критичності траєкторій з номером P . Таким чином, можна визначити D-алгоритмом правило, по якому відбувається обчислення показника D [8].

Загальні рекомендації для складання, алгоритму, за допомогою якого аналізується можливість поліпшення функціонування малого автотранспортного підприємства за рахунок вибору значень a_k з допустимих меж наступні: розробити умови для послідовного вибору значень $a = (a_1, \dots, a_n)$ з умов визначених нормативами технічної експлуатації автомобілів: $P_n \{(a_1, \dots, a_n) : \mu_k \leq a_k \leq \nu_k, k = 1, \dots, n\}$; для конкретного D на основі D-алгоритму обчислити значення D; набуті значення D порівняти з попередніми; зафіксувати новий показник D_u разі поліпшення і йому відповідний вектор a . Після повного перебору значень з P_n буде отримано яке відповідає якнайкращому D.

2. Оцінка основних показників надійності автомобілів

Ефективність і якість транспортного процесу значною мірою залежить від надійності експлуатації автомобілів. Це обумовлює збільшені вимоги до довговічності вузлів, агрегатів автомобіля.

Використання гамма-процентного ресурсу R_V можливо в якості основи для вибору гарантійного напрацювання виробів на відмову. Оцінка довговічності виробів в машинобудуванні переважно заснована на використанні середнього ресурсу R_{CP} . При введенні в практику R_V необхідно визначити співвідношення між R_V та R_{CP} .

При незавершених випробуваннях інформація про ці співвідношення для натурних виробів необхідна для попередньої оцінки R_V і R_{CP} .

Збільшені вимоги до надійності вузлів, агрегатів, автомобіля обумовлюють необхідність мати чисельні значення середнього ресурсу всіх виробів генеральної сукупності, а також довговічності виробів, що не досягають середнього ресурсу, зокрема викликають ранні відмови.

Мінімальною вимогою слід вважати інформацію про ресурс вибраної долі виробів (γ , %), тобто напрацювання в кілометрах пробігу, при якій вірогідність того, що вироби не досягнуть граничного стану, з деякою мірою достовірності складає γ , %. Саме цю інформацію дає гамма-процентний ресурс — характеристика вірогідності не руйнування.

Деяка інформація про ранні руйнування міститься і в R_{CP} у поєднанні з величиною середнього квадратичного відхилення. Величина R_V у відмінності від R_{CP} визначається при незавершених випробуваннях, коли частина випробовуваних вузлів, агрегатів не доведена до руйнування.

Розглядається проблема, чому не можна обмежитися оцінкою довговічності по середньому ресурсу R_{CP} (рис. 1), а необхідно використовувати гамма-процентний ресурс.

В якості критерію відмови несучих систем, рами сходового типа, розглядається поява і розвиток тріщин втоми [8].

Коефіцієнт, що характеризує відносне напрацювання з тріщиною:

$$C = N_2 / N_{np} \quad (2)$$

де N_2 — напрацювання після появи тріщини до її граничної довжини l_{np} ;

N_{np} — напрацювання при граничній довжині тріщини.

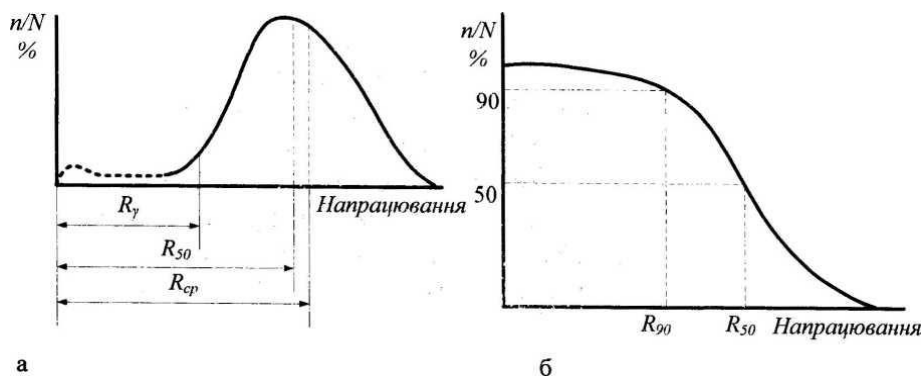


Рисунок 1 – Криві розподіли ресурсів (а) і спаду виробництва (б):

R_{50} – 50%-ий (медіанний) ресурс; n – число виробів, що відмовили; N – число випробувальних або експлуатованих виробів

До основних статистичних показників довговічності деталей машин, відноситься, гамма-процентний R_γ і середній R_{CP} ресурси. Для середнього ресурсу коефіцієнт переходу K_n визначається відношенням оцінки середнього ресурсу, визначеного при прискорених випробуваннях, до середнього ресурсу експлуатації. Значення K_{ny} визначається аналогічно, де замість оцінок R_{CP} беруть відношення R_γ відповідно:

$$K_n = R_{cpr} / R_{cpэ} \quad (3)$$

де $R_{cpr}, R_{cpэ}$ - середній ресурс по прискорених випробуваннях і в експлуатації відповідно.

$$K_{ny} = R_{y\gamma} / R_{yэ} \quad (4)$$

де $R_{y\gamma}, R_{yэ}$ - гамма-процентний ресурс по прискорених випробуваннях і експлуатації відповідно.

У механіці руйнувань, в якості параметру, що характеризує зростання тріщин, використовують коефіцієнт інтенсивності напруги у вершині тріщини:

$$K = \sigma \cdot \sqrt{\pi \cdot l} \quad (5)$$

де σ — номінальна нормальна напруга; l — напівдовжина тріщини.

Тут, ресурс конструкції визначається для випадку лінійних залежностей зростання тріщин:

$$R = \frac{l_{np} - \bar{a}}{l_j} \quad (6)$$

де a — середнє значення коефіцієнтів рівнянь виду $l_j = a + b \cdot N$; l_{np} - приріст довжини тріщини, визначуваний з використанням принципу лінійного підсумовування пошкоджень і залежності швидкості росту тріщин від рівня напруги.

За результатами прискорених випробувань оцінка ресурсу в експлуатації:

$$R_y = \frac{N_1}{(1-C) \cdot K_n} \quad (7)$$

де K_n — коефіцієнт переходу від показників довговічності при прискорених випробуваннях до показників довговічності в експлуатації; N_1 — напрацювання до появи тріщини, визначається експериментально на основі гіпотези лінійного підсумовування пошкоджень.

Величина R_y є однією з найбільш зручних кількісних характеристик раннього руйнування випробовуваного агрегату, що полегшує нормування і стандартизацію показників, а також зіставлення різних моделей і результатів випробувань різних партій виробів. Одночасно, змінюючи величину y представляється можливим використовувати R_y для різних варіантів розрахунків, випробувань до оцінки довговічності деталей, вузлів, агрегатів автомобілів.

Вибір величини y залежить від особливостей випробовуваного вузла, агрегату і ряду техніко-економічних міркувань, найважливішими з яких є наслідки відмови.

Як норма довговічності основних агрегатів автомобілів приймаємо 80 % -ний ресурс. Використання гамма-процентного ресурсу як основи для вибору гарантійного напрацювання в машинобудуванні агрегату, вузла, підтверджує значущість цього показника і доцільність його вживання. Оскільки накопичений досвід оцінки довговічності виробів машинобудування заснований переважно на використанні R_{CP} , то при введенні в практику показника R_y , необхідно визначити співвідношення R_y і R_{CP} для даного виробу.

Крім того, при незавершених випробуваннях інформація про ці співвідношення по аналогічних виробках виявляється корисною для попередньої оцінки R_{CP} по R_y .

При величинах y (80...99,9 %) співвідношення між гамма-процентним і середнім або медіанним ресурсом вагається в широких межах залежно від типу розподілу ресурсів, його параметрів, коефіцієнта варіації ресурсів і вибраної величини y .

Тут, слід розрізняти агрегати, вузли, що замінюються після першої відмови, і які відновлюються в процесі експлуатації. Граничний стан після відновлення залежить від об'єму, числа і якості ремонтів, в зв'язку з цим зростає кількість чинників, що впливають на ресурси агрегатів, вузлів і на співвідношення між R_y і R_{CP} (див. таблицю).

Як приклад для виробів, які підлягають заміні після першої відмови відносяться

підшипники кочення. При аналізі відомостей про підшипники коліс автомобілів, для шести різних груп підшипників, встановлено, що $R_{90} / R_{CP} = 0,15...0,31$.

Таблиця 1 - Коефіцієнти довговічності деяких автомобільних і тракторних деталей при $\gamma = 95$ і $99,5\%$ [1].

Деталь	B95/ B50	1*95.%/ 1*50
Колеса	0,66	0,45
Цапфи передніх коліс	0,33	0,13
Листи рессор	0,60	0,38
Вентилятори	0,57	0,35
Шестерні коробок передач	0,49	0,26
Колінчасті вали двигунів двох моделей	0,40; 0,46	0,22; 0,18
Вихлопні клапани двигунів	0,20	0,05
Гепоїдні шестерні при $\sigma = 6540$ і 7380 кг/см ²	0,33; 0,37	0,13; 0,16
Конічні шестерні при $\sigma = 5270$ і 6540 кг/см ²	0,32; 0,27	0,11; 0,08
Кулькові підшипники при $a = 21850, 23960, 28280, 31330, 33390$ кг/см ² , відповідно	0,34; 0,24; 0,34; 0,26; 0,30	0,14; 0,07; 0,13; 0,08; 0,11
Півосі легкових автомобілів при $\sigma = 1900$ і 2670 кг/см ²	0,35; 0,46	0,14; 0,24
Півосі сільськогосподарського трактора при $\sigma = 2110$ і 3790 кг/см ²	0,57; 0,52	0,34; 0,29
Роликові ланцюги при навантаженні 300 і 360 кг	0,35; 0,32	0,14; 0,12

При стендових випробуваннях різних деталей запропоновано використовувати «коефіцієнт довговічності», що характеризує відношення гамма-процентного ресурсу деталей при вибраній величині u до їх медіанного ресурсу.

Мала величина цього відношення відповідає значному розсіюванню ресурсів, навпаки, велика величина вказує на порівняно мале їх розсіювання.

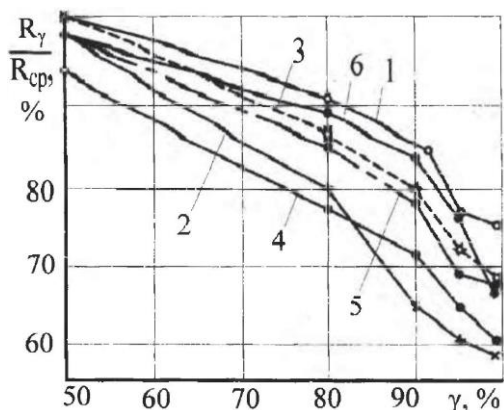


Рисунок 2 - Співвідношення між величинами гамма-процентного і середнього ресурсів агрегатів автомобілів «Волга»: 1— автомобіль (224 шт.); 2 — двигун (390 шт.); 3 — коробка передач (405 шт.); 4 — задній міст (336шт.); 5 — рульовий механізм (475 шт.); 6 — передня підвіска (389 шт.)

Оцінку співвідношень між гамма-процентним і середнім ресурсом відновлювальних вузлів і агрегатів, розглянемо на прикладі вантажних автомобілів.

При 90% ресурсі вузлів, агрегатів вантажних автомобілів до першого капітального ремонту складає в долях від середнього ресурсу: двигунів 0,50...0,70; коробок передач і передніх мостів 0,50...0,60; задніх мостів 0,06...0,65; гальмівних систем 0,45; вузлів підвіски 0,56...0,60. Розподіл ресурсів всіх перерахованих агрегатів описувалися нормальним законом, в зв'язку з цим показник R_{50} виявився близьким до

середнього ресурсу агрегатів, а R_{90} складає у відсотках від середнього ресурсу для коробок передач, рульових механізмів і передніх підвісок 0,78...0,85, двигунів і задніх мостів 0,65...0,75 (рис. 2) Величина співвідношень між гамма-процентним ресурсом і середнім ресурсом для різних вузлів, агрегатів моделей вантажних автомобілів незначно відрізняються і складають до першого капітального ремонту: $R_{50} / R_{CP} = 0,89...0,95$; $R_{90} / R_{CP} = 0,45...0,52$; $R_{95} / R_{CP} = 0,26...0,40$.

Між капітальними ремонтами:

$$R_{50} / R_{CP} = 0,71...0,78; R_{90} / R_{CP} = 0,13...0,30; R_{95} / R_{CP} = 0,06...0,14$$

Збільшення числа випадків раннього виходу з ладу агрегатів, що піддавалися знеособленому капітальному ремонту, при значному збільшенні розсіювання їх ресурсів (коефіцієнт варіації збільшився в 2 — 3 рази) привело до різкої зміни відношення R_V / R_{CP} .

Приведені відомості дають уявлення про відношення R_V / R_{CP} у декількох окремих випадках і свідчать про необхідність систематичного накопичення і узагальнення відповідних експериментальних даних.

У всіх випадках із збільшенням розсіювання ресурсів відношення R_V / R_{CP} зменшується, оскільки при великому розсіюванні число випадків раннього руйнування зростає, що наводить до зменшення гамма-процентного ресурсу. Поєднання низького гамма-процентного ресурсу з високим середнім ресурсом

свідчить про велике число випадків раннього руйнування.

При величині коефіцієнта варіації не більше 0,5 шукане відношення визначається з вираження, при цьому погрішність у визначенні не перевищує 4 %:

$$\frac{R_y}{R_{CP}} = 1 \dots 0,42 \cdot v \quad (8)$$

Спрощений метод визначення гамма-процентного ресурсу полягає в експериментальному виявленні ресурсу, якого досягли $\gamma\%$ всіх виробів, наприклад, $\gamma = 90\%$ приймають 90%-ий ресурс рівним тому напрацюванню, при якому руйнувався четвертий агрегат (чотири вироби — 10 % партій).

Цей спосіб дозволяє приблизно оцінити 50%-ий ресурс випробовуваних агрегатів по руйнуванню перших 10% з їх загального числа. Тут, точніші оцінки дає визначення гамма-процентного ресурсу по вирівняної кривої розподілу або кривої спаду випробовуваних агрегатів (рис. 2).

На графіку проводиться горизонталь від точки на осі ординат, відповідній вибраній величині γ і до пересічення можна визначити величину гамма-процентного ресурсу.

При рівній мірі достовірності оцінок гамма-процентний ресурс вимагає випробування великого числа агрегатів, чим середній ресурс. Ця обставина визначає доцільність розгляду точності і прийомів оцінки R_y .

Впровадження в практику машинобудування оцінок довговічності вузлів, агрегатів за показниками R_y і R_{CP} дозволяє сформулювати завдання машинобудування в цій області таким чином:

- необхідно збільшити середній ресурс вузлів, агрегатів, підвищуючи рівень їх довговічності, і гамма-процентний ресурс, підвищуючи напрацювання до ранніх відмов і скорочуючи їх число, понизити розсіювання ресурсів і зближувати ресурси несучих деталей, вузлів, агрегатів, автомобілів.

Для вдосконалення методів розрахунку ресурсу необхідно, ґрунтуючись на аналізі причинно-наслідкових передумов відмов, розробляти логічну модель відмов деталей, вузлів, агрегатів. Побудова структурно-слідчої моделі відмови елемента, деталі, більшою мірою знайшла вживання для випадку раптового і поступового руйнування що підкоряються експоненціальному і нормальному законам відповідно.

Вірогідність безвідмовної роботи $P(t)$ за умови незалежності приведених відмов визначається з вираження.

$$P(t) = e^{-\lambda} \left\{ 1 - \left(1 - \sqrt{2 \cdot \pi \cdot \tau} \right)^{-1} \int_0^t \exp \left[\frac{-(t-m)}{2 \cdot \tau^2} \right] dt \right\} \quad (9)$$

де λ — параметр експоненціального закону; m, τ — параметри нормального закону.

Виконаний аналіз результатів спостереження за відмовами деталей в експлуатації показав, що в основу моделей відмов деталей, слід прийняти три типи залежності руйнівних процесів:

- $x_i(t)$ — протікають в різних перетинах деталей (одному перетині), наводять до виникнення незалежних відмов;
- $y_i(t)$ — не наводять до відмови досягти граничного стану, є причиною виникнення інших процесів $x_i(t)$ що наводять до відмов;
- $x_i(t)$ — наводять до відмов, розвиваються залежно від того, що досягають певного стану інші руйнівні процеси $y_i(t)$, що не наводять до відмови.

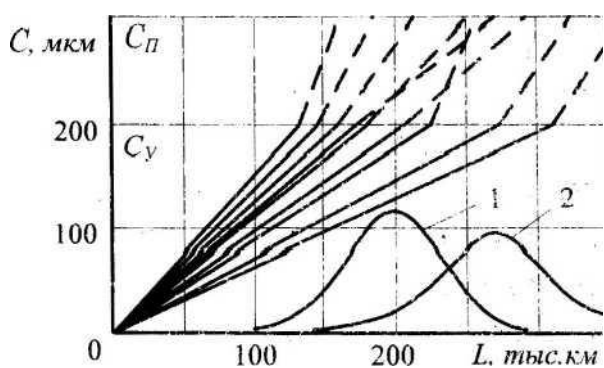


Рисунок 3 - До розрахунку ресурсу деталі по зносу за наявності зміцненого шару: 1 — розподіл напрацювання до зносу зміцненого шару $C_У$; 2 — розподіл напрацювання до відмови

Приклад. За наявності зміцненого шару товщиною $C_У$ реалізації зносу описуються функцією вигляду $S(t) = S_1(t)$, де S ; — випадкова величина швидкості зношування, що підкоряється нормальному закону розподілу з параметрами S_1 і σ_{S_2} . Коли зміцнений шар зношується, реалізація зносу також підкоряється залежності $S(t) = S_1(t)$, при цьому середня швидкість зношування $S_2 = k \cdot S_{S_1}, \sigma_{S_2} = \sigma_{S_1}$.

Гранична величина зносу, при якій настає відмова деталі, рівна $C_П$.

Для розрахунку параметрів щільності розподілу $f_1(t)if_2(t)$ тобто напрацювань до зносу зміцненого шару $C_У$ і граничного зносу $C_П$, допускаємо, що закони розподілу $f_1(t)if_2(t)$ — нормальні, а випадкові величини ресурсу T_1iT_2 — незалежні. В цьому випадку щільність розподілу ресурсу $f(t)$ підкоряється нормальному закону розподілу [1].

На рис. 2.3 приведені результати розрахунку $f_1(t)if_2(t)$ при наступних вихідних даних: $S_1 = 1,1$ мкм/тис. км; $S_2 = 1,54$ мкм/тис. км; $\sigma_{S_2} = 0,4$ кг/см²; $C_У = 200$

мкм; $C_{II} = 300$ мкм.

Проведені дослідження показали, що для деталей автомобіля такі оцінки можуть бути отримані за допомогою кореляційних рівнянь довговічності (КУД), що відображають зв'язок між вибраними критеріями A_{II} , що характеризують режим навантаження, і даними про ресурси деталей, отриманими в результаті спостережень за експлуатацією підконтрольних груп автомобілів агропромислового комплексу [2].

3. Надійність системи управління та оптимальне планування технічного обслуговування автомобілів

У загальному випадку j -ая підсистема системи управління автомобілем, що складається з n підсистем, знаходиться в m_j різних станах, які не завжди представляється віз можна звести до двох станів — працездатність або відмова.

Тоді система керування автомобілем характеризується траєкторією в просторі з числом станів

$$M = \prod_{k=1}^n m_j \quad (10)$$

Математичні моделі оптимізації надійності складних систем. У загальному випадку, технічний стан автомобіля (об'єкта) залежить від кількох векторних аргументів

$$t = f(x, y, z, w) \quad (11)$$

Залежність (11) — суть математична модель процесу прогнозування технічного стану автомобіля. Імовірнісний характер моделі визначається тим, що аргументи x, y, z, w — є випадковими функціями.

Отримати залежність (11) в явній аналітичній формі для такого складного об'єкта, як автомобіль, практично неможливо. У тій зв'язку використовують різні прийоми спрощення моделі і процедури обробки.

Сукупність принципів, методів і засобів виявлення і пошуку дефектів у процесі експлуатації складає основу діагностичного аспекту надійності рухомого складу.

У загальному вигляді задача прогнозування технічного стану i -го автомобіля в автотранспортному підприємстві представлена рис. 2.4, де S_j — i -ий автомобіль; CI — засоби вимірювання;

$СП$ — засоби прогнозування: — зовнішні фактори, що впливають на технічний стан перешкоди; $\xi_l, l = 1, 2, \dots, n$ — вимірювані параметри автомобіля (вектор ξ); \bar{z} - вектор похибок вимірювання; \bar{w} - вектор похибок прогнозування.

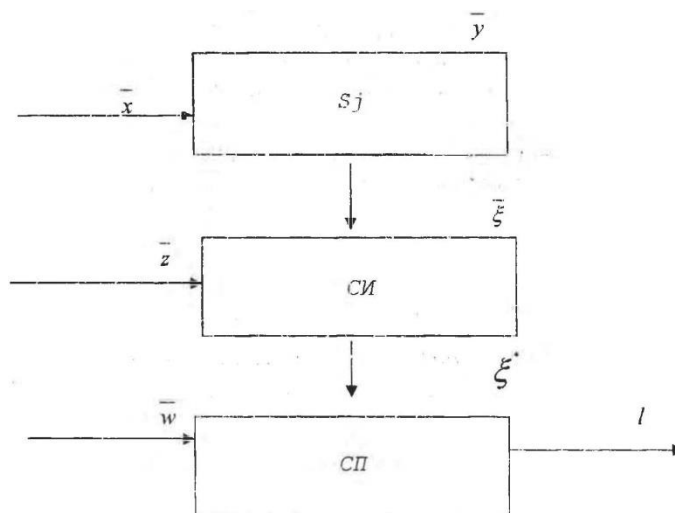


Рисунок 4 – Однолінійна схема системи прогнозування технічного стану автомобіля

Тут, слід виділити види обробки інформації з метою визначення:

$L(S_2, T_2)$ — технічного стану групи S_2 автомобілів в майбутній період часу T_2 ;

$L(S_0, T_2)$ — технічного стану i -го автомобіля S_0 в майбутній період часу T_2 , $L(S_2, T_0)$ —

технічного стану групи S_2 автомобілів в даний період часу T_0 ; $L(S_0, T_0)$ — технічного стану i -го автомобіля S_0 автомобілів в даний період часу T_0 .

Перші два види обробки інформації характеризують задачі прогнозування, решта — завдання діагностування.

У період експлуатації рухомого складу в автотранспортному підприємстві найбільш актуальним є індивідуальне прогнозування стану i -го автомобіля, яке дозволяє здійснювати технічне обслуговування за станом автомобіля.

Визначимо періоди часу, до яких відноситься інформація про технічний стан (в минулому, сьогодні і передбачати):

T_1 - минулий період часу; T_2 — майбутній період часу, S_0 — i -ий досліджуваний автомобіль, S_1 — група з k автомобілів автотранспортного підприємства, що піддаються дослідженню; S_2 — група з m автомобілів, технічний стан яких визначається за інформацією S_0 или S_1 .

Технічний стан i -го автомобіля або групи позначимо символом L :

$L(S_1, T_1)$ — група S_1 автомобілів яка діагностується багаторазово протягом періоду часу T_1 ; $L(S_0, T_1)$ — i -ий автомобіль діагностується багаторазово протягом періоду часу T_1 ; $L(S_1, T_0)$ — група S_1 автомобілів діагностується одномоментно в момент часу T_0 ; $L(S_0, T_0)$ — i -ий автомобіль S_0 діагностується одномоментно в момент часу T_0 .

Розглянемо класифікацію задач прогнозування та діагностування [3].

До завдань діагностування слід віднести пошук несправностей, дефектів, що порушують експлуатація автомобіля; Перевірки у працездатності і надійності функціонування агрегатів і електронних систем управління автомобілем.

Контроле-придатність забезпечується в результаті перетворення структури перевіряється агрегату, системи, для цього використовують додаткові елементи — вбудовані засоби тестового діагностування.

Оцінка надійності електронних систем управління автомобілем. Нехай складна система» складається з підсистему, $j \in J = \{1, 2, 3, 4, \dots, n\}$ Підсистеми, що входять в структуру системи керування автомобілем, можуть знаходитися в одному з двох станів — працездатному і відмова е, при цьому відмови підсистем в загальному випадку відбуваються незалежно.

Розглянемо складну систему управління, в процесі функціонування якої необхідно в певній послідовності включати окремі підсистеми для вирішення залишених завдань [3].

Для кожної підсистеми задається безліч законів управління

$$U_j = \{u_{jl}\}, l \in L_j = \{1, 2, \dots, l_j\}, j \in J = \{1, 2, \dots, n\} \quad (12)$$

дозволяють при дії на підсистеми максимальних за величиною зовнішніх збурень виконати із заданою якістю поставленої перед системою задачу. Тут індекс j характеризує вид законів управління, під яким розуміється, наприклад, само налаштовуючийся закон управління по відхиленню, помилку і т.п., j — номер підсистеми J — безліч індексів підсистем.

Тоді безліч можливих варіантів системи управління за видами законів управління в підсистемах задається як:

$$V = \left\{ v \mid v = (u_{j1}, \dots, u_{jl}, \dots, u_{jn}), u_{jl} \in U_l, j \in J \right\} \quad (13)$$

де v - довільний варіант даної системи.

У свою чергу, кожен з видів законів управління при обраної структурній схемі його реалізації може бути створений різним набором елементів технічної реалізації.

Безліч варіантів технічної реалізації системи управління визначається таким чином:

$$V = \prod_{j \in J} V_j \quad (14)$$

де $V_j = U_{i \in L}$ — варіант реалізації всіх законів управління u_{jl} , $l \in L_{jj}$ -й підсистеми.

Уявімо структурну схему закону управління u_{jl} , вигляді спрямованого графа, якому вершини відповідають типам елементів реалізації, а дуги зв'язкам між

елементами.

Таким чином, кожен із шляхів характеризується сукупністю вершин, через які він проходить. Побудуємо матрицю, в якій стовпцями є номери вершин графа, а рядками номера шляхів. Елементами матриці є нулі і одиниці, причому нуль ставиться, якщо вершина не входить у розглянутий шлях, а одиниця, якщо вершина входить у розглянутий шлях.

$$\begin{array}{c} P_{ji}^1 \\ P_{ji}^s \\ P_{ji}^{s_0} \end{array} \left| \begin{array}{ccc} 0^{r_1} & 1^{r_2} & 1^{r_0} \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{array} \right|$$

З цієї матриці будується безліч груп послідовно з'єднаних елементів

$$C_{jl} = \{c_{il}^1, \dots, c_{jl}^\chi, \dots, c_{jl}^{\chi_0}\} (\chi_0 = \chi_{jl})$$

де c_{jl}^χ - група послідовно з'єднаних вершин графа, що відображає структурну схему закону управління u_{jl} через які одночасно проходить декілька або навіть один шлях.

У свою чергу, не всі варіанти: технічної реалізації видів законів управління входять у варіанти підсистем, що утворюють варіанти системи в цілому, не порушуючи виділений для проектування системи ресурс. Тому виникають різні способи оптимального резервування при обмежених ресурсах[3].

1. Нехай резервування в підсистемах проводиться поелементно шляхом паралельного підключення резервних елементів. Елементи $e_{kv} E_{jk}$ k -го типу можуть резервуватися з кратністю резервування $\lambda_{jk} \in [a_{jk}, \beta_{jk}]$, де цілі a_{jk} і β_{jk} - відповідно мінімальна та максимальна кратність резервування.

Максимальна кратність резервування елемента k -го типу, використовуваного для побудови варіантів u_{jl} j -ї підсистеми, обчислюється за формулою [3]:

$$\beta'_{jk} = \min \left\{ \beta_k \left[\frac{d_{ij}^2}{g_y(e_w)} - 1 \right] \right\} \quad (15)$$

2. Нехай резервування в підсистемах здійснюється по група c_{jl}^χ ($\chi = 1, 2, \dots, \chi_{jl}$) шляхом паралельного підключення до них резервної групи елементів, тобто можуть резервуватися з кратністю резервування $\lambda_\chi \in [a_{j\chi\beta_k}]$.

Максимальна кратність резервування групи елементів c_{jl}^χ . Яка може реалізувати варіант j -ї підсистеми, визначається як:

$$\beta'_k = \min \left\{ \beta_{lk} \left[\max - \frac{a_i^z}{g_{ij}(c_{jl}^z)} \right] \right\} \quad (16)$$

3. Резервування складної системи здійснюється шляхом паралельного підключення до кожної j -ї підсистемі λ_j резервних підсистем.

Залежно від вибраного способу резервування після застосування процедур аналізу та відсіву отримуємо звужені безлічі елементів, груп елементів і варіантів законів управління і визначаємо верхню межу інтервалу для вибору кратності резервування відповідно.

Позначимо $V'_j, j \in J$ — безлічі варіантів законів управління, які можуть бути побудовані з урахуванням залишилися множин елементів і кордонів. Якщо безліч можливих варіантів об'ємно, то вводиться обмеження по надійності на всю систему в цілому, на основі якого визначаються вимоги на варіанти підсистем і елементів.

При проведенні технічного обслуговування і ремонту в період обслуговування обмежується число бригад обслуговуючого персоналу, а також задаються обмеження на можливість виведення певних автомобілів на обслуговування. Є обмеження на матеріальні ресурси і виконавців. Завдання ТО полягає в тому, щоб визначити перед початком кожного інтервалу планування конкретні строки проведення ТО автомобілів на яких надійшли заявки, з урахуванням тривалості обслуговування та підвищення технічної готовності автотранспортного підприємства.

1. Постановка завдання.

Розглянемо автотранспортне підприємство, що складаються з $A_{СП}$ ($A_{СП}$ — списковий склад автомобілів) автомобілів $j, j \in A = \{1, 2, \dots, n\}$, Нехай T — період обслуговування всіх автомобілів малого автотранспортного підприємства. До початку періоду обслуговування надходять заявки на обслуговування автомобілів із заданою тривалістю обслуговування x /автомобілів $j, j \in A$, і значними f_j показника якості функціонування, що характеризує коефіцієнт технічної готовності j -го автомобіля в 1-й день періоду обслуговування. Нехай x_{jl} - змінна, яка вказує на день початку обслуговування j -го автомобіля за період $T, x_{jl} \in x_j = \{x_{j1}, \dots, x_{j\tau}\}$, де x_j — безліч значень змінної x_{jl} .

У заявці задаються середні питомі витрати $g_{ij}(x_{jl}), i \in l = \{1, 2, \dots, m\}$ на обслуговування l -го елемента, якщо обслуговування починається в l - величина обмежуючих параметрів при обслуговуванні всіх автомобілів.

В якості критерію якості обслуговування розглядається показник, що виражає мінімальне відношення термінів обслуговування автомобілів від оптимальних значень $k_l(x_{jl}) = |f_{oj} - f_{lj}|$, де $f_{oj} = \max_{j \in J} f_{lj}$

При побудові плану ТО необхідно враховувати умови, коли одночасне обслуговування, наприклад в 1 - й день, деякої групи автомобілів заборонено. Можуть задаватися обмеження на весь період обслуговування, а також загального характеру, наприклад, максимально допустиму кількість автомобілів U_l , що виводяться на обслуговування в 1 - й день.

Виходячи з наявних ресурсів $b_{il} \in l$ Необхідно визначити оптимальний план обслуговування всіх автомобілів, який мінімізує витрати на обслуговування і задовольняє зазначеним вище обмеженням.

Математична модель сформульованої задачі має вигляд[3]

$$k(x) = \sum_{j \in J} k_j(x_{jl}) \rightarrow \min \quad (17)$$

При обмеженнях на ресурси

$$g_j(x) = \sum_{j \in J} g_{ij}(x_{jl}) \leq b_i, i \in l \quad (18)$$

Обмеженнях на число автомобілів, що виводяться на обслуговування в l – й день:

$$\sum_{j \in J} \delta(x_{jl}) \leq N_l, l = 1, 2, \dots, T \quad (19)$$

де $\delta(x_{jl})$ - приймає значення 1, якщо в l - й день автомобіль у виводиться на обслуговування, і 0 — в іншому випадку.

Обмеження (19) відображають умови неприпустимими і планування одночасного ТО автомобілів, число яких перевищує число бригад, що спеціалізуються на обслуговуванні даних типів автомобілів. Це відбувається при розбитті всього парку рухомого складу на зони обслуговування.

4. Основи методів діагностування електронних систем керування автомобілем

Загальний процес технічного діагностування містить: забезпечення функціонування об'єкту на заданих режимах або тестовий вплив на об'єкт; отримання та перетворення за допомогою датчиків сигналів, які виражають значення діагностичних параметрів, їх вимірювання; діагностування на підставі логічної

обробки отриманої інформації шляхом співставлення з нормативами.

Найбільш простий і природний для спеціаліста спосіб описання однонаправленої лінійної стаціонарної ланки полягає у застосуванні передавальних функцій. Одна з них має вигляд[4]:

$$W(p) = \frac{k_n(aT_1p + 1)}{(T_1p + 1)(T_2p + 1)} \exp(-\tau p)$$

де k_n — загальний коефіцієнт передач оператора;

a — середнє число відмов;

T_1 — минулий період часу;

T_2 — майбутній період часу;

σ — час чистого часового запізнювання;

p — оператор.

Як деяке «обґрунтування» цієї передавальної функції наводиться модель,

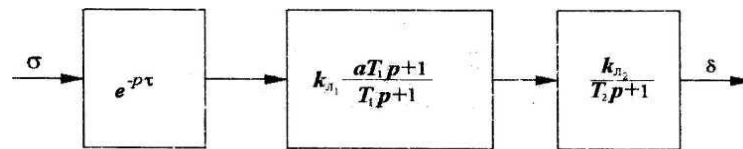


Рисунок 5 - Лінійна динамічна модель оператора

де $e = \delta$ — помилка, що є вимірюваною координатою; σ — вхід моделі.

Перша (ланка чистого запізнювання) відображає затримку в рецепторах, а також при упізнанні і оцінці вхідної інформації. Друга ланка враховує можливість фільтрації і прогнозування (попередження), властивих центральній нервовій системі. Третя — покликана відображати динаміку нервово-мускульних рухових процесів дії на органи управління. Загальний коефіцієнт передачі оператора:

$$k_n = k_{n1}k_{n2}$$

Властивості управляючої людини-оператора, залежать і від властивостей об'єкта. Так, однією з перших моделей, запропонованих для описання оператора, була модель:

$$W(p) = k_n \frac{1 + T_l p}{p} \exp(-\tau p)$$

Така модель адекватно описує дії оператора, який реагує на постійно діючі збурення, за законом управління, що не забезпечує астатизм. Чисельні значення параметрів передавальних функцій визначаються відомими методами ідентифікації, які використовують кореляційну функцію в часовій області або перетворення Фур'є,

— в частотній.

Слід згадати і про модель Макруєра:

$$W(p) = \frac{\overline{\omega}_g}{p} \exp(-\tau p) \frac{1}{W_0(p)}$$

де $W_0(p)$ — передавальна функція частини системи (виключаючи ератора); ω_g — частота зрізу розімкненої системи.

Відповідно до цього передавальна функція розімкненої системи (послідовно з'єднаних людини і об'єкта управління) представляється добутком інтегруючого кола і кола чистою запізнювання [4]:

$$W(p)W_0(p) = \frac{\omega_g}{p} \exp(-\tau p)$$

Для відносно простих об'єктів така модель дає прийнятні результати. Проте слід зазначити, що параметр ω_g (частота зрізу розімкненої системи) залежить від частоти вхідного сигналу ω_0 . Ця залежність апроксимується виразом:

$$\omega_g = \omega_{g0} + 0,18\omega_0$$

де ω_{g0} — значення при низькій частоті вхідної дії (або при відпрацювань збурень типу ненульових початкових умов). Запізнювання τ також залежить від ω_0

$$\tau = \tau_0 - 0,8\omega_0$$

Показова залежність ω_g від виду передавальної функції об'єкта $W_0(p)$ отримана експериментально (рис. 2). Як найкращий збіг — для об'єкта $W_0(p) = k/p$, (k — коефіцієнт передачі оператора) що представляє ідеальну інтегруючу ланку. Зазначимо, що у цьому випадку відповідно до моделі оператор повинен поводитися як без інерційна ланка (якщо нехтувати запізнюванням). Перехідний процес близький до експоненціального. Щодо величини чистого запізнювання τ , то воно також залежить від типу об'єкта.

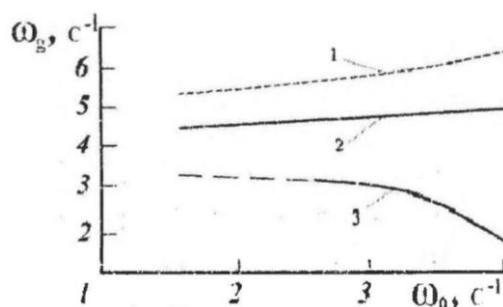


Рисунок 6 - Залежність параметра ω_g від частоти сигналу ω_0 , при $W_0(p) = k(1)$,

$$k/p(2), k/p^2(3)$$

Чисте часове запізнення на час τ відбивається передавальною функцією $W_1(p) = e^{-\tau p}$ якій після апроксимації у дробовий ряд Пада відповідає передавальна функція[4]:

$$W_1(p) = \frac{\frac{\tau^2}{12} p^2 - \frac{\tau}{2} p + 1}{\frac{\tau^2}{12} p^2 + \frac{\tau}{2} p + 1}$$

Така апроксимація правомірна, оскільки насправді чисте часове запізнення є ідеалізацією.

У цьому випадку передавальна функція оператора з урахуванням проведеної апроксимації може бути подана у вигляді[4]:

$$W_1(p) = \frac{k_n \left(\frac{\tau^2}{12} p^2 - \frac{\tau}{2} p + 1 \right)}{(T_2 p + 1) \left(\frac{\tau^2}{12} p^2 + \frac{\tau}{2} p + 1 \right)}$$

Для середніх значень $\tau_2 = 0,2cT_2 = 0,1c$. Іс побудовані логарифмічні частотні характеристики, показані на рис. 3 (коефіцієнт передачі k , прийнятий, рівним одиниці). На цьому ж графіку зображено фазову частотну характеристику $\varphi_1(\omega)$ кола чистого часового запізнення. Через зроблені допущення і наближення з цих характеристик можна робити висновки лише якісного характеру. Так, якщо смугу пропускання оператора визначати за величиною фазового зсуву, рівного -45° , то маємо значення $\omega_0 \approx 2c^{-1}$. На частоті 2 Гц запізнювання досягає 180° .

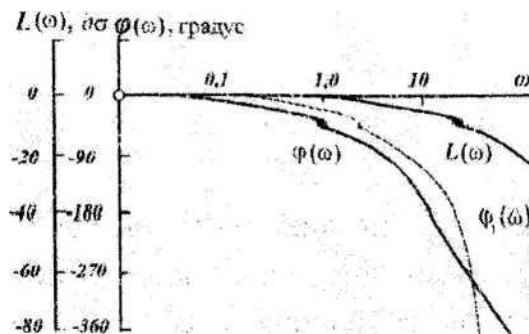


Рисунок 7 - Логарифмічні частотні характеристики з урахуванням запізнення

Найбільшу невизначеність має передавальна функція, що відноситься до блока «опрацювання інформації» (див. рисунок 2.5, друга ланка). Спроби отримати кращий

збіг з експериментальними даними призводять до ускладнення передавальної функції. Наприклад:

$$W(p) = k_n \frac{(aT_2 p + 1)(aT_3 p + 1)}{(aT_1 p + 1)(aT_4 p + 1)}$$

де T_2, T_1, T_3, T_4 — відповідні періоди часу.

Відомо, що оператор при управлінні важким літаком здійснює штурвалом досить енергійні дискретні рухи. Перший крок, мета якого врахувати ці особливості, полягає у спробах застосувати релейні моделі, або моделі з перемиканням (рис. 8). Аналіз процесів управління проводиться на фазовій площині або за допомогою гармонійної лінеаризації. Подальшим розвитком цього напрямку є використання імпульсних моделей.



Рисунок 8 - Релейна модель оператора

На рис. 9 зображено також об'єкт управління ОУ, обчислювальний пристрій ОП, командний прилад КП (коефіцієнт передачі якого у даному випадку прийнято таким що дорівнює одиниці), а також генератор шуму ГШ

Прийmemo як міру відмінності опуклу функцію $F(e)$ помилки e . Тоді для вектора коефіцієнтів c відповідно до алгоритмів адаптації отримаємо:

$$\frac{dc}{dt} = \gamma(t) \nabla_c F(e)$$

де $\nabla_c F(e)$ вектор градієнта функції; $\gamma(t)$ — вектор коефіцієнтів передачі, залежний від часу.

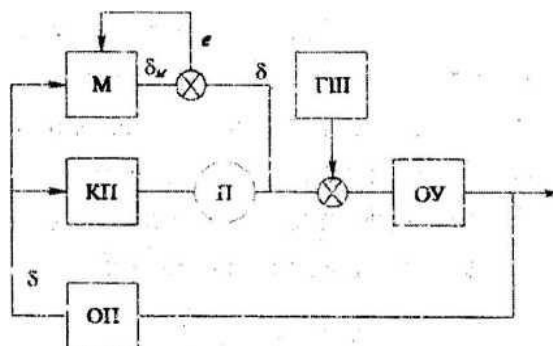


Рисунок 9 - Структурна схема самоналагоджувальної моделі оператора для

дослідження директорного управління

Як приклад наведемо завдання ідентифікації передавальної функції при $\tau = 0$.
Її зручно подати у формі:

$$W(p) = c_1 + \frac{c_2}{p}$$

де c_1 і c_2 — невідомі коефіцієнти.

Як міру відповідності узгодження моделі приймемо квадратичну функцію помилки

$$F(e) = T / 2e^2$$

де $e = \delta$ - помилка, що є вимірюваною координатою;

$$\delta_M = c_1\sigma + c_2 \int \sigma dt \text{ — вихід моделі.}$$

Часткові похідні за коефіцієнтами c_1 і c_2 відповідно:

$$\partial F / \partial c_2 = e \int \sigma dt, \partial F / \partial c_1 = e\sigma$$

Підстроювання коефіцієнтів c_1 і c_2 у цьому випадку слід проводити відповідно до співвідношень:

$$dc_1 / dt = -\gamma_1 e\sigma$$

$$dc_2 / dt = -\gamma_2 e \int \sigma dt$$

Легко показати, що похідна часу функції $F(e)$ негативна:

$$\frac{dF}{dt} = \frac{\partial F}{\partial c_1} \frac{dc_1}{dt} + \frac{\partial F}{\partial c_2} \frac{dc_2}{dt} = -e^2 \left(\gamma_1 \sigma^2 + \gamma_2 \left(\int \sigma dt \right)^2 \right) \leq 0$$

При виконанні умови:

$$\gamma_1 \sigma^2 + \gamma_2 \left(\int \sigma dt \right)^2 \neq 0$$

функція $F(e)$ убиває, отже, зменшується величина помилки e .

Для прискорення процесів самоналагодження вводиться перешкода за допомогою генератора шуму ГШ. Якщо застосовується модель у формі лінійного різницевого рівняння[4]:

$$\delta_n[n] = \sum_{m=1}^l a_m \delta[n-m] + \sum_{m=1}^r b_m \sigma[n-m]$$

де a, b — коефіцієнти ГШ;

n, m — параметри ГН.

то, вводячи вектор ситуації $z = (\delta, \sigma)$ і вектор коефіцієнтів

$c = (a_1, a_2, \dots, a_l, b_1, \dots, b_r)$ модель запишемо у вигляді скалярного добутку:

$$f(z, c) = c^T z$$

Для алгоритму адаптації отримуємо:

$$c[n] = c[n-1] + \gamma[n] F'(\delta[n] - c^T[n-1]z[n])z[n]$$

Якщо F — квадратична функція і $2\gamma[n] = \frac{1}{\|z[n]\|^2}$, тоді:

$$c[n] = c[n-1] + \frac{1}{\|z[n]\|^2} (\delta[n] - c^T[n-1]z[n])z[n]$$

Безперервна оптимізація процесу керування, яка досягається використанням алгоритмів нечітких нейронних мереж, дозволить підтримувати максимально можливі експлуатаційні характеристики, незалежно від зношення, ремонту або ж форсування двигуна, його підсистем і механізмів.

ВИСНОВКИ

В науковій роботі "Розробка моделі і методу оптимального планування технічного обслуговування на основі діагностики як методу забезпечення експлуатаційної надійності автомобілів" отримано математичну модель функціонування малого автотранспортного підприємства, що враховує експлуатаційну надійність рухомого складу.

Розроблено методику оптимального планування технічного обслуговування рухомого складу з використанням актуальної діагностичної інформації про його фактичний стан.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Максимов В.Г. Надійність систем управління та оптимальне планування технічного обслуговування автомобілів агропромислового комплексу/, В.Г. Максимов, О.Д. Ніцевич, М.О. Колесніченко, А.А. Пономаренко// Аграрний вісник Причорномор'я, 2013. Вип.67. – С. 77-83.
2. Максимов В.Г. Загальні принципи діагностування електронних систем керування автомобіля / В.Г. Максимов — О.,: Наука і техніка, 2012. — 392с.
3. Волкович, В.Л. Моделі та методи оптимізації надійності складних систем / В.Л. Волкович. — К.: Наук, думка, 1992. — 312с.
4. Лукінський, В.С. Прогнозування надійності автомобілів / В.С. Лукінський, Е.І. Зайцев -- Л.:Політехніка, 1991. — 224 с.

АНОТАЦІЯ

В науковій роботі представлені основні результати розробки математичної моделі функціонування малого автотранспортного підприємства; надані оціночні критерії основних показників надійності автомобілів. Крім того наведені принципи оптимального планування технічного обслуговування автомобілів з урахуванням надійності системи управління, а також викладені теоретичні основи сучасних методів діагностування електронних систем керування автомобілів.

Ключові слова: *автотранспортне підприємство, рухомий склад, технічне обслуговування, діагностування.*