

підшви та інші показники взуття.

2) Окреслені умови, в яких операцію ГФСВ доцільно застосовувати; дані рекомендації з вибору обладнання та прес-форм для виконання операції.

3) Наведений опис машин для ГФСВ фірм Тайваню та Китаю дозволяє краще зрозуміти цільове призначення цієї операції у формування якості готового взуття клейових методів кріплення, створює передумови для розробки конструкцій власних взуттєвих машин для ГФСВ.

Література

1. Набалов Т.А. Оборудование обувного производства. Учебник для средних специальных заведений. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 464 с.
2. Карагезян Ю.А., Разумовская Б.В., Григорьев Б.П. Новое отечественное оборудование обувного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 168 с.
3. Современные способы и оборудование для формования верха обуви. Обувная промышленность. Обзор. информация / Сост. И.В. Вайнруб. – Вып.3. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1990. – 58 с.
4. Стронгин Б.М., Зуев В.Т. Оснастка обувного производства. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 148 с.
5. Тонковид Л.А. Автоматизация сборочных процессов в обувном производстве. – К.: Тэхника, 1984. – 247 с.
6. Замарашкин Н.В. Стабилизация следа затынутой обуви формованием. – М.: Легкая индустрия, 1973. – 143 с.
7. Технологическое оборудование для легкой промышленности, агропромышленного комплекса, торговли и общественного питания. Ч.1. НИИТ. – 1991. – С. 59-60.
8. Каспар З., Александров А.Г. Обувное машиностроение Чехословакии // КОП, 1992. – № 10. – С. 31-34.
9. Технология производства обуви. Часть IV. Сборка и отделка обуви. Раздел 1. Клеевые методы крепления (типовая технология). – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1978. – 79 с.
10. Технология производства обуви. Часть VI. Сборка и отделка обуви. Раздел 4. Гвоздевой метод крепления (типовая технология). – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1987. – 49 с.
11. Присяжний Л.В., Кузьма Л.М. Моделирование чистовой обработки рабочего профиля пуансона для горячего формования следа взуття // Зб. наукових праць ФПМКТ. – Хмельницький: ХНУ, 2008. – № 1. – С. 42-48.
12. Раяцкас В.Л., Нестеров В.П. Технология изделий из кожи. В 2 ч. Ч.2 – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 320 с.

Надійшла 17.12.2009 р.

УДК 621.332.3

Д.М. БАРАНОВСЬКИЙ

Кременчуцький державний університет імені Михайла Остроградського

МАТЕМАТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ТЕРМІНІВ ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТІВ ДИЗЕЛІВ

На основі регенеруючих, марківських та напівмарківських процесів виведено залежності ймовірності безвідмовної роботи, коефіцієнту готовності та ймовірності виконання задач для вибору стратегії проведення технічного обслуговування та ремонту дизелів.

On the basis of regenerating, marcov's and polomarcov's processes it is shown out to dependence of probability of faultless work, coefficient of readiness and probability of implementation of tasks for the choice of strategy of servicing and repair of diesels.

Ключові слова: технічне обслуговування та ремонт, ймовірність безвідмовної роботи, процеси.

Вступ. При вирішенні проблеми підвищення довговічності і ефективності функціонування дизелів самохідного рухомого складу залізничного, сільськогосподарського та автомобільного господарства потрібно розробити оптимальні стратегії проведення технічного обслуговування та ремонту (ТОР) у процесі їх експлуатації.

Стратегія проведення ТОР дизелів у процесі їх експлуатації повинна будуватися на наступних принципах інформації [1]:

- наявність об'єктивних даних про системи дизелів у цілому та їх складових вирішальних трибосистем (ТС) окремо. Така інформація може подаватися у вигляді характеристик безвідмовності та ремонтпридатності;
- наявність специфічних особливостей систем дизелів, а саме інформація про їх структуру, характеристику індикації відмов, наявність вбудованого контролю працездатності;
- наявність даних про умови експлуатації техніки відповідного господарства.

Стратегія проведення ТОР дизелів повинна володіти оптимальними показниками, що характеризують якість функціонування і експлуатації систем у цілому та вирішальних ТС окремо.

Вибір оптимальної стратегії ТОР дизелів самохідного рухомого складу залізничного, сільськогосподарського та автомобільного господарства дозволить досягнути високої економічної ефективності за рахунок реорганізації структури системи ТОР та правил експлуатації без залучення додаткових сил і засобів.

Мета роботи. Обґрунтування оптимальних термінів проведення технічного обслуговування та ремонтів дизелів при наявності або відсутності інформації про їх технічний стан.

Результати досліджень. У роботах [2-4], показано, що основними вирішальними ТС дизелів самохідного рухомого складу залізничного, сільськогосподарського та автомобільного господарства, за якими потрібно визначати довговічність дизелів є циліндро-поршнева група та кривошипно-шатунний механізм. Тому, слід багато уваги приділити саме цим вирішальним ТС при визначенні термінів проведення ТОР.

У роботі пропонується математична модель, що описує еволюцію вирішальних ТС дизелів у часі. При цьому, використовується регенеруючі, марківські та напівмарківські випадкові процеси залежно від часу $x(t)$.

При визначенні термінів виконання технічного обслуговування розглянемо наступні показники якості функціонування систем дизелів при тривалій експлуатації:

- коефіцієнт готовності K ;
- ймовірність виконання задачі при ТОР $R(z)$;
- ймовірність безвідмовної роботи P .

Для регенеруючого процесу у часі $x(t)$ можна записати:

$$K = \frac{MX^{(0)}}{M\tilde{X}}; \quad R(z) = \frac{MX^{(z)}}{M\tilde{X}}; \quad P = \frac{MP^{(z)}}{M\tilde{X}}, \quad (1)$$

де $X^{(0)}$ – час справного функціонування вирішальних ТС дизелів в період регенерації;

$X^{(z)}$ – час перебування процесу $x(t)$ в стані e_z – система працездатна і у справному стані пропрацює час, більше за z ;

$P^{(z)}$ – ймовірність безвідмовної роботи вирішальних ТС дизелів до часу більше за z ;

\tilde{X} – тривалість періоду регенерації.

Для марківських і напівмарківських процесів $x(t)$ з кінцевою множиною станів, згідно [5]:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^N Mt_i^{(0)} \cdot p_i}{\sum_{i=1}^N M\tilde{t}_i \cdot p_i}; \quad R(z) = \frac{\sum_{i=1}^N Mt_i^{(z)} \cdot p_i}{\sum_{i=1}^N M\tilde{t}_i \cdot p_i}; \quad P = \frac{\sum_{i=1}^N M\tilde{P}_i \cdot p_i}{\sum_{i=1}^N M\tilde{t}_i \cdot p_i}, \quad (2)$$

де p_i p_i – стаціонарна ймовірність вкладеного ланцюга Маркова, $1 \leq i \leq N$;

$t_i^{(0)}$ – час справного функціонування систем дизелів за період, на якому $x(t) = e_i$;

\tilde{t}_i – тривалість періоду, на якому $x(t) = e_i$;

\tilde{P}_i – ймовірність безвідмовної роботи за період, на якому $x(t) = e_i$.

У випадку обмеженої інформації, коли характеристики надійності точно не відомі, припустимо, що функції розподілу роботи дизелів належать деякому класу. Опишемо деякі випадки:

- якщо існує функція розподілу часу безвідмовної роботи $P(y)$ з окремими значеннями $y = (y_0 = 0, y_1, \mathbf{K}, y_n)$, тобто $P(y_i) = p_i, i = 0, \mathbf{K}, n$, то клас таких функцій позначимо як $\Omega(n, y, p)$.

- при заданих моментах розподілу процесу експлуатації у вигляді:

$$P(y) \Leftrightarrow m_k = \int_0^{\infty} x^k dF(x), k = 1, 2, \mathbf{L}, m, \quad (3)$$

то клас таких функцій позначимо через $\Omega_m = \Omega(m_1, m_2, \mathbf{K}, m_m)$.

Для визначення оптимальної стратегії у вищеперелічених випадках, тобто їх вирішення, можна використати метод мінімакса [6], що полягає в наступному. Спочатку серед всіх функцій розподілу, які характеризують функціонування системи, знаходяться найгірші, а потім – визначається оптимальне управління.

Для регенеруючого процесу, функціонал якості роботи дизеля якого позначимо через $\tilde{J}(P, G, \Phi)$ необхідно визначити функції $P \in \Omega(n, y, p)$; $\Phi \in \Omega$; $G \in \Omega$, при яких досягається:

$$\tilde{J} = \max_{G \in \Omega} \min_{\Phi \in \Omega} \min_{P \in \Omega(n, y, p)} \tilde{J}(P, G, \Phi), \quad (4)$$

де $\Omega = \Omega(0, y, p)$; $\Phi(x)$ – функція розподілу часу самостійного прояву відмови.

Якщо випадковий процес $x(t)$, що описує еволюцію ТС дизелів, є регенеруючим, то функціонал $\tilde{J}(P, \Phi, G)$ – дробово-лінійний, і тоді екстремум функціонала $\tilde{J}(P, \Phi, G)$ по функціях $P \in \Omega(n, y, p)$ досягається на одній із східчастих функцій $P \in \Omega^*(n, y, p)$, на якій $\Omega^*(n, y, p)$ – безліч функцій розподілу східчастого вигляду, що мають на кожному з напівінтервалів $(-\infty, y_1), [y_1, y_2), \mathbf{K}, [y_n, \infty)$ рівно один стрибок величини $\Delta p_i = p_{i+1} - p_i$.

Якщо припустити, що існують функції чисельника A і знаменника B функціонала $\tilde{J}(P, \Phi, G)$ та їх екстремуми, то «якнайгіршою функцією» розподілу в класі $\Omega(n, y, p)$ по відношенню до функціонала $\tilde{J}(P, \Phi, G)$ буде функція:

$$F^*(y) = \begin{cases} 0 & \text{при } -\infty < y \leq 0, \\ p_{k+1} & \text{при } y_k < y \leq y_{k+1}, k = \overline{0, \mathbf{K}, n-1}, \\ 1 & \text{при } y > y_n. \end{cases} \quad (5)$$

У разі коли періоди профілактики призначаються детерміновано $G(x) \in \Omega^*$ (Ω^* – клас вироджених розподілів), мінімуму функціоналу $\tilde{J}(P^*, \Phi, G)$ можна досягти при $\Phi(n) \in \Omega^*$ для будь-якого фіксованого $G(x)$, а тому:

$$\tilde{J} = \max_{G \in \Omega^*} \min_{\Phi \in \Omega^*} \tilde{J}(P^*, \Phi, G) = \max_{0 \leq x \leq \infty} \min_{0 \leq v \leq \infty} = \frac{\sum_{i=0}^n A(x, v, y_i + 0) \Delta p_i}{\sum_{i=0}^n B(x, v, y_i + 0) \Delta p_i}. \quad (6)$$

При обмеженнях $P \in \Omega_m$ екстремум $\tilde{J}(P)$ також досягається на східчастих функціях, але пошук їх складніше.

При розгляді оптимальних термінів проведення ТОР дизелів при повній інформації положимо наступне.

Розглянемо регенеруючий процес роботи дизелів під час експлуатації. Припустимо, що у момент регенерації процесу $x(t)$, що розподілений за законом $G(x)$, призначається через час z проведення поточного чи капітального ремонтів. Тоді функціонали якості функціонування визначальних ТС дизелів можна описати наступним рівнянням:

$$J(G) = \int A(x) dG(x) / \int B(x) dG(x). \quad (7)$$

При цьому, виникає необхідність визначення закону розподілу функції $G(x)$, для якого можна задати границі:

$$J(G_0) = \max_G J(G). \quad (8)$$

При розгляді марківського і напівмарківського процесів роботи дизелів під час експлуатації можна припустити, що у момент переходу процесу $x(t)$ у граничний стан вирішальних ТС дизелів e_y , $1 \leq y \leq N$, призначається через час t_y проведення поточного чи капітального ремонтів, що протікає за розподілим законом $G_y(x)$. У цьому випадку, функціонали якості можна записати у вигляді дробово-лінійного функціонала:

$$J(G_1, G_2, \dots, G_N) = \frac{\int A(x_1, x_2, \dots, x_N) dG_1(x_1) dG_2(x_2) \dots dG_N(x_N)}{\int B(x_1, x_2, \dots, x_N) dG_1(x_1) dG_2(x_2) \dots dG_N(x_N)}. \quad (9)$$

Далі, необхідно визначити межі функцій розподілу $G_i^0(x)$, $1 \leq i \leq N$, для яких:

$$J(G_1^{(0)}, G_2^{(0)}, \dots, G_N^{(0)}) = \max_{\{G_i, i=1, \dots, N\}} J(G_1, G_2, \dots, G_N). \quad (10)$$

Якщо знайти екстремум дробово-лінійного функціонала за допомогою класу вироджених функцій розподілу []:

$$G(x) = \begin{cases} 0, & x \leq t, \\ 1, & x > t, \end{cases} \quad (11)$$

то для регенеруючого процесу можна записати:

$$\max_G J(G) = \max_t \frac{A(t)}{B(t)} = A(t_0) / B(t_0); \quad (12)$$

а для марківського чи напівмарківського процесів:

$$\max_{\{G_i, i=1, \mathbf{K}, N\}} J(G_1, G_2, \mathbf{K}, G_N) = \max_{t_i, i=1, \mathbf{K}, N} \frac{A(t_1, t_2, \mathbf{K}, t_N)}{B(t_1, t_2, \mathbf{K}, t_N)} = A(t_1^{(0)}, t_2^{(0)}, \mathbf{K}, t_N^{(0)}) / B(t_1^{(0)}, t_2^{(0)}, \mathbf{K}, t_N^{(0)}). \quad (13)$$

Як видно (вираз (7)), величина t_0 буде визначати оптимальну періодичність проведення поточних та капітальних ремонтів дизелів при регенеруючих процесах.

Вектор $(t_1^{(0)}, t_2^{(0)}, \mathbf{K}, t_N^{(0)})$, виразу (8) визначає більш точно оптимальну періодичність проведення поточних та капітальних ремонтів при відповідному стані вирішальних ТС дизелів e_y .

Якщо припустити, що час безвідмовної роботи $x(t)$ вирішальних ТС дизелів з ймовірністю P розподілений за законом $F(x) = P\{x < x\}$, то при виявленні в них відмов через деякий випадковий час $x(t)$ – закон розподілення $\Phi(x) = P\{x < x\}$.

На початку експлуатації дизелів $t = 0$ можна запропонувати проведення ТОР через час h , який розподілений за законом $G(x) = P\{h < x\}$. Якщо до призначеного моменту h вирішальні ТС дизелів не відмовили (відбулася подія $x > h$), то у момент h починають проводити планово-попереджувальні дії, підвищуючи ймовірність безвідмовної роботи до 100%. Тривалість цих дій можна позначити як g_1 , а функцію її розподілу – $F_1(t) = P\{g_1 < t\}$.

У випадку, коли до призначеного моменту h вирішальні ТС дизелів відмовили ($x \leq h$) та не відбулося самостійного проявлення ($x + q \geq h$), то у момент h починається проведення планового ремонту, тривалість якого рівна g_2 , а закон розподілу $F(t) = P\{g_2 < t\}$.

Якщо відмови вирішальних ТС дизелів наступили до призначеного моменту ($x \leq h$) і самостійно проявилися до призначеного моменту ($x + q \geq h$), то у момент виявлення відмови $x + q$ починається позаплановий ремонт, тривалість якого рівна g_3 , а закон розподілу $F_3(t) = P\{g_3 < t\}$.

Після проведення робіт ТОР дизелів, коли підвищується безвідмовність, повинно здійснюватись перепланування термінів проведення наступних технічних дій.

Всі випадкові величини, що впливають на безвідмовність можна вважати незалежними з кінцевими першими моментами.

Оскільки час безвідмовної роботи $x(t)$ вирішальних ТС дизелів з ймовірністю P розподілений за законом $F(x)$, то для часу відмов тотожна рівність: $\bar{F}(x) = 1 - F(x)$.

Тому, інтенсивність відмов вирішальних ТС дизелів має вигляд:

$$I(x) = f(x) / \bar{F}(x), \quad (14)$$

де $f(x) = F'(x)$.

Для знаходження оптимального періоду проведення ТОР t_0 , який буде максимізувати вибрані критерії якості функціонування вирішальних ТС дизелів. Тому, для даної моделі:

ймовірність виконання задачі:

$$R_t(z) = (t - \int_0^t \int_0^x F(x-y) d\Phi(y) dx + (Mg_3 - Mg_2)) \int_0^t F(t-x) d\Phi(x) + Mg_1 + (Mg_2 - Mg_1) F(t) \int_0^t \bar{F}(x+z) dx; \quad (15)$$

коефіцієнт готовності:

$$K(t) = R_t(0); \quad (16)$$

ймовірність безвідмовної роботи:

$$P(t) = \frac{\int_0^t F(x) dx - \int_0^t \int_0^x F(x-y) d\Phi(y) dx + (Mg_3 + Mg_2) \int_0^t F(t-x) d\Phi(x) + Mg_1 + (Mg_2 - Mg_1) F(t)}{\int_0^t \bar{F}(x) dx}. \quad (17)$$

Останні рівняння (15-17) призначені для визначення оптимального періоду проведення ТОР дизелів, а оптимальні значення критеріїв якості для окремих випадків індикації відмов можуть мати стаціонарні рішення: випадок миттєвої індикації:

$$\Phi(x) = \begin{cases} 0, & x < 0, \\ 1, & x \geq 0, \end{cases} \quad (18)$$

і випадок відсутності самостійного прояву відмов: $\Phi(x) = 0$ для $x < \infty$.

Висновки. При виборі оптимальних термінів проведення технічного обслуговування та ремонтів дизелів необхідно враховувати повноту інформації, що належить до категорії відмов вирішальних трибосистем. Тому, на основі регенеруючих, марківських та напівмарківських процесів отримано залежності ймовірності безвідмовної роботи, коефіцієнту готовності та ймовірності виконання задач залежно від часової функції для наступного вибору стратегії проведення технічного обслуговування та ремонтів дизелів.

Література

1. Биргер И.А. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение. – 1978. – 240с.
2. Барановський Д.М. Загальний підхід до оцінки та прогнозування ресурсу дизелів засобів транспорту // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 4/10 (40). – С. 49-52.
3. Барановський Д.М. Визначення залишкового ресурсу трибосистем // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2009. – № 4. – С. 127-129.
4. Барановський Д.М. Проблема довговічності дизелів засобів транспорту // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – 2009. – Вип. 5/2009 (58) ч. 1. – С. 96-99.
5. Мартынов А. А. Основы теории надёжности и диагностики / А. А. Мартынов, Г. А. Долгополов – Новосибирск, 1999. – 107 с.
6. Саркисян С.А. Теория прогнозирования и принятия решений. – М. Высш. шк., 1977. – 215 с.

Надійшла 2.12.2009 р.

УДК 621.852 (043)

О.О. ОВЧИННИКОВ

Хмельницький національний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАЧЕПЛЕННЯ ЗУБЦІВ ПАСА І ШКІВА НАПІВКОЛОВОГО ПРОФІЛЮ

В результаті проведеного теоретичного дослідження були одержані математичні залежності для визначення характеристики зачеплення зубців паса і шківа напівколового профілю які задовольняють основному закону зачеплення і надають можливість за рахунок варіювання геометричних параметрів забезпечити надійну роботу зубчасто-пасової передачі для будь-яких умов.

As a result of the carried out theoretical research the mathematical dependences for definition of the characteristic of gearing tooth of a belt and pulley of a semicircular structure were received which satisfy to the basic law of gearing and enable at the expense of a variation of geometrical parameters to ensure reliable work gear belts of transfer for any conditions.

Ключові слова: зубці, пас, шків, профіль.

В процесі роботи зубчасто-пасової передачі однойменні спряжені профілі зубців шківа і паса знаходяться в контакті. Для плавної роботи передачі цей контакт повинен бути безперервним і для площинного зачеплення він відбувається в точці торкання (контакту) профілів зубців паса і шківа. Однією з основних характеристик зачеплення зубців є лінія зачеплення, яка характеризує положення точки контакту зубців. Точка контакту в процесі роботи передачі весь час переміщується по лінії, яка має назву лінія зачеплення. Лінія зачеплення поділяється на дві ділянки: теоретична (де міг би відбуватися контакт зубців) і дійсна (де відбувається контакт зубців). Плавний характер лінії зачеплення забезпечує надійну роботу зубчасто-пасової передачі.

Дослідженню впливу характеристики зачеплення на роботу передачі присвячені роботи [1, 2, 3]. В даних роботах автори роблять спробу компенсувати недоліки зачеплення за рахунок вводу поправок на геометричні розміри шківа, але це ускладнює виготовлення шківа і, крім того, не впливає на характер зачеплення і на довговічність передачі. Крім того, всі дослідження відносяться до конкретних умов роботи передачі, що не дозволяє використовувати результати дослідження для інших умов роботи.

Таким чином, для поліпшення роботи передачі необхідно мати можливість визначити характеристику зачеплення зубців паса та шківа залежно від геометричних параметрів зубців шківа і за рахунок їх зміння впливати на характер роботи зубчасто-пасової передачі.

Для рішення поставленої задачі знайдемо рівняння лінії зачеплення напівколового профілю зубців для двох умов: коли відомий профіль зубців шківа і коли відомий профіль зубців паса. Знаходимо рівняння