

УДК 631.3:62-192

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН МЕТОДОМ ПРЕВЕНТИВНОЇ ЗАМІНИ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ НАЯВНОСТІ ІНКУБАЦІЙНОГО ПЕРІОДУ РОЗВИТКУ ДЕФЕКТІВ

Шевченко С.А., к.т.н.

*(Харківський національний технічний університет
сільського господарства ім. П.Василенка)*

Досліджено вплив превентивної заміни елементів машин за результатами діагностування на потік відмов при наявності інкубаційного періоду розвитку дефектів. Отримано залежності відносного зменшення параметра потоку відмов від допустимого та граничного значень діагностичного параметра та випадкової швидкості розвитку дефектів.

Постановка проблеми. Відмови тракторів, сільськогосподарських машин та автомобілів при виконанні технологічних операцій призводять до суттєвих втрат продукції рослинництва. Важливим шляхом зменшення таких втрат і зниження експлуатаційних витрат є організація технічної експлуатації машин відповідно до технічного стану. Для цього необхідно визначати вплив превентивної заміни потенційно ненадійних елементів за результатами діагностування на потік відмов машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Допустимі значення розмірів деталей та зазорів у з'єднаннях деталей і періодичність їх вимірювання визначають шляхом імовірнісного прогнозування зношування деталей [1]. Відповідні методики розроблені виходячи з допущень про те, що зміна структурного параметра з наробітком відбувається за лінійним законом (або степеневим законом - з показником ступеня від 1 до 1,6), а починається така зміна при уведенні механізму в експлуатацію [2]. Аналогічні методики застосовується і для інших самохідних машин [3-4].

Такі методики не може бути застосована до трибосистем, яким властиві такі особливості:

наявність тривалого інкубаційного періоду розвитку дефекту, по завершенні якого відбувається його подальший стрімкий розвиток;
значний коефіцієнт варіації наробітку до відмови.

Прикладами таких трибосистем машин є підшипники кочення та зубчасті передачі, що відмовляють внаслідок пітінга.

Невирішеною частиною проблеми є оцінка впливу превентивної заміни елементів за результатами діагностування на потік відмов машин, що спричиняються дефектами, яким притаманний інкубаційний період розвитку.

Метою даної роботи є дослідження впливу допустимого значення розміру дефекту (діагностичного параметра) на потік відмов машин внаслідок дефектів, розвитку яких притаманний тривалий інкубаційний період.

Виклад результатів дослідження. Використаємо наступну модель виникнення відмови під час міжконтрольного інтервалу. Момент завершення інкубаційного періоду і початок стрімкого розвитку дефекту називатимемо, для стислості, моментом виникненням дефекту. Отже, дефект може виникнути як піл час міжконтрольного інтервалу, так і перед його початком. В момент виникнення дефект матиме випадковий розмір.

Якщо в момент діагностування, яке здійснюється на початку міжконтрольного інтервалу, розмір дефекту (отже, і діагностичний параметр) перевищує допустиме значення, елемент замінують. Відмова настає, якщо розмір дефекту досягає відповідного значення на міжконтрольному інтервалі.

Прийmemo, що тривалість міжконтрольного інтервалу є істотно меншою, ніж середній наробіток до відмови – це дає змогу розглядати параметр потоку виникаючих дефектів як постійну величину. Будемо використовувати лінійну апроксимацію зростання розміру дефекту і відповідного діагностичного параметра у часі (оскільки можуть використовуватись, зокрема, логарифмічні одиниці вимірювання, то це не є суттєвим обмеженням). Для спрощення розрахунків прийmemo, що діагностування відбувається на початку відліку часу ($t = 0$).

Залежність параметру потоку відмов від часу визначається формулою [2]:

$$w(t) = \frac{n(t, t + \Delta t)}{n_{\Sigma} \Delta t}, \quad (1)$$

де w – параметр потоку відмов, 1/с;

n – кількість об'єктів, що відмовили;

n_{Σ} – загальна кількість об'єктів;

Δt – проміжок часу, с.

Дефект, який призводить до відмови, міг виникнути:

– після діагностування;

– до діагностування, але не перевищували допустиме значення на час діагностування.

Отже, параметру потоку відмов матиме дві складові, відповідні наведеним вище випадкам:

$$w(t) = w_D(t) + w_{II}(t), \quad (2)$$

де w_D – параметру потоку відмов, спричинених дефектами, що виникли до діагностування, 1/с;

w_{II} – параметру потоку відмов, спричинених дефектами, що виникли після діагностування, 1/с.

Спочатку дослідимо потік відмов, спричинених дефектами, які виникли після діагностування. Визначимо кількість дефектів, які виникли протягом малого проміжку часу та мали певні початковий розмір і швидкість розвитку:

$$dn(D_B, V) = n_{\Sigma} (w_B dt_B) \cdot (f_D(D_B) dD_B) \cdot (f_V(V) dV) , \quad (3)$$

де D_B – розмір дефекту в момент виникнення;
 V – швидкість розвитку дефекту;
 w_B – параметр потоку виникнення дефектів, 1/с;
 t_B – час виникнення дефекту, с;
 f_D – щільність імовірності розміру дефекту в момент виникнення;
 f_V – щільність імовірності швидкості розвитку дефекту.

Здійснюючи інтегрування по можливому інтервалу часу виникнення дефекту та його розміру в момент виникнення, визначимо залежність параметру потоку відмов від часу:

$$w_{\Pi}(t_H) = \int_0^{t_H} \int_0^{D_H} dw_{\Pi}(D_B, V) = \int_0^{t_H} \int_0^{D_H} \frac{dn(D_B, V)}{d\theta} , \quad (4)$$

$$= n_{\Sigma} w_B \int_0^{t_H} \int_0^{D_H} \frac{f_D(D_B) f_V\left(\frac{D_H - D_B}{t_H - t_B}\right) (D_H - D_B)}{(t_H - t_B)^2} dD_B dt_B , \quad (5)$$

де t_H – час настання відмови, с;
 D_H – розмір дефекту при настанні відмови;
 θ – напрацювання від виникнення дефекту і до настання відмови, с.
 Перейдемо до безрозмірного коефіцієнту $k_{W\Pi}$, що характеризує співвідношення параметру потоку відмов і параметру потоку дефектів:

$$k_{W\Pi}(t_H) = \frac{w_{\Pi}(t_H)}{n_{\Sigma} w_B} = \int_0^{t_H} \int_0^{D_H} \frac{f_D(D_B) f_V\left(\frac{D_H - D_B}{t_H - t_B}\right) (D_H - D_B)}{(t_H - t_B)^2} dD_B dt_B , \quad (6)$$

Тепер дослідимо потік відмов, спричинених дефектами, які виникли до діагностування. Для того, щоб відмова сталась у певний момент часу на між контрольному інтервалі, необхідно, щоб дотримувалось відповідне співвідношення між часом виникнення дефекту, швидкістю розвитку дефекту та допустимим розміром дефекту на момент діагностування. Для визначення потоку відмов можна скористатись формулою (5), змінивши межі інтегрування по часу виникнення дефекту (не пізніше моменту діагностування) та по розміру дефекту при виникненні. Перейдемо до відносного зменшення параметру потоку відмов k_{WD} :

$$k_{WD}(t_B) = \int_{-\infty}^0 \int_0^{D_{B\max}(t_H, t_B)} \frac{f_D(D_B) f_V\left(\frac{D_H - D_B}{t_H - t_B}\right) (D_H - D_B)}{(t_H - t_B)^2} dD_B dt_B, \quad (7)$$

де k_{WD} – коефіцієнт зменшення параметру потоку відмов, спричинених дефектами, що виникли до діагностування,

$D_{B\max}$ – максимальний розмір дефекту при виникненні.

Одержані залежності можна спростити, якщо швидкість розвитку дефекту та розмір дефекту на момент виникнення є незалежними випадковими величинами.

Загальне відносне зменшення параметру потоку відмов k_W становитиме:

$$k_W(t_H) = k_{WD}(t_H) + k_{W\Pi}(t_H), \quad (8)$$

Розглянемо випадок, коли швидкість розвитку дефекту розподілена за логарифмічно нормальним законом з параметром масштабу m_V і параметром форми σ_V . В цьому випадку формулу (8) можна спростити:

$$k_W(t_H) = \frac{1}{2} + \Phi_0\left(\frac{\ln\left(\frac{m_V t_H}{D_H - D_D}\right)}{\sigma_V}\right), \quad (9)$$

де D_D – допустиме значення розміру дефекту при діагностуванні.

На рис. 1 наведено результати моделювання впливу превентивної заміни елементів на потік відмов за наступних умов: $m_V = 1$, $\sigma_V = 0,5$.

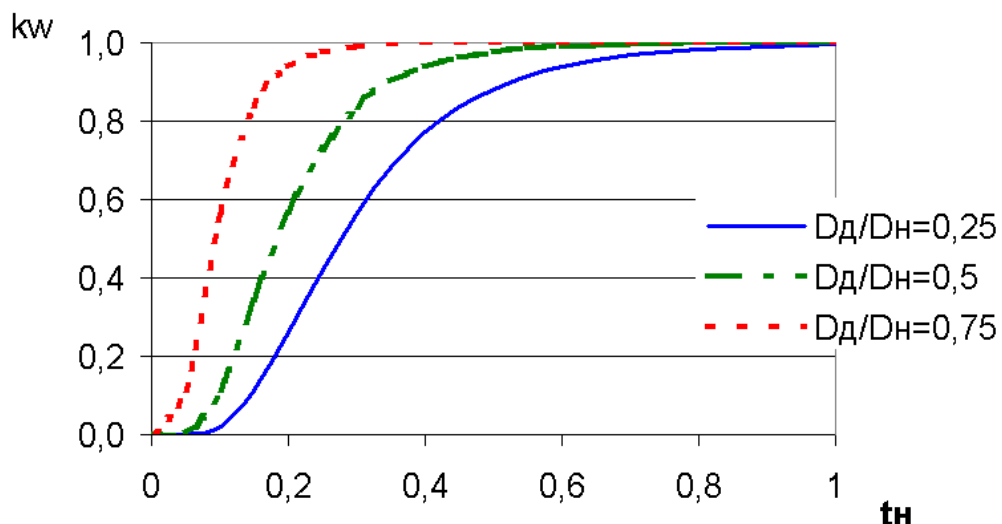


Рисунок 1 – Приклад впливу превентивної заміни елементів на потік відмов

Висновок. Одержані залежності, які характеризують зменшення потоку відмов внаслідок превентивної заміни елементів за результатами діагностування. При цьому враховується наявність інкубаційного періоду розвитку дефекти, розміри дефекту та швидкість його розвитку. Перспективним напрямком подальших досліджень є обґрунтування оптимального значення діагностичного параметра.

Список літератури

1. Диагностика и техническое обслуживание машин [Текст]: учебник / А.Д. Ананьин, В.М. Михлин, И.И. Габитов, А.В. Неговора, А.С. Иванов. – Москва: Издательский центр «Академия», 2008. – 215 с.
2. Надійність сільськогосподарської техніки [Текст]: підручник / М.І. Черновол, В.Ю. Черкун, В.В. Аулін та ін.; за заг. редакцією М.І. Черновола. – Кіровоград: КОД, 2010. – 320 с.
3. Диагностика строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин [Текст]: учеб. пособие / А.Н. Максименко, Г.Л. Антипенко, Г.С. Лягушев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 302 с.
4. Надежность машин и оборудования лесного комплекса [Текст] / В. В. Амалицкий, В. Г. Бондарь, А. М. Волобаев, А. С. Воякин – М. : МГУЛ, 2002. – 279 с.

Аннотация

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МАШИН МЕТОДОМ ПРЕВЕНТИВНОЙ ЗАМЕНЫ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ НАЛИЧИИ ИНКУБАЦИОННОГО ПЕРИОДА РАЗВИТИЯ ДЕФЕКТОВ

Шевченко С.А.

Исследовано влияние превентивной замены элементов машин по результатам диагностирования на поток отказов при наличии инкубационного периода развития дефектов. Получена зависимость относительного уменьшения параметра потока отказов от допустимого и предельного значений диагностического параметра и случайной скорости развития дефектов.

Abstract

IMPROVING THE RELIABILITY OF MACHINES BY PREVENTIVE REPLACEMENT OF ELEMENTS IN THE PRESENCE OF AN INCUBATION PERIOD OF DEVELOPMENT DEFECTS

S. Shevchenko

The influence of preventive replacement of machine elements by results of diagnosing on the failures flow in the presence of an incubation period of defect development. The dependences of the relative decrease of the flow parameter bounce to the permissible limit values and diagnostic parameter and random defects development speed.