

Висновок. Незважаючи на зниження загальних тягових характеристик у культиваторів з пружними стійками, необхідне проведення подальших досліджень по визначенню зносостійкості указаних робочих органів з метою розробки ефективних зміцнюючих технологій при їх відновленні та виготовленні.

Список літератури

1. Гудзь В.П. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії [Текст] / В.П. Гудзь, А.П. Лісовол, В.О. Андрієнко, М.Ф. Рибак; за редакцією В.П. Гудзя. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 408 с.
2. Ткачєв В.Н. Износ и повышение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин [Текст] / В.Н. Ткачєв. – М.: Машиностроение, 1984. – 327 с.
3. Пасюта А.Г. Оценка эксплуатационной надёжности рабочих органов почвообрабатывающих машин [Текст] / А.Г. Пасюта, А.И. Беловод, А.А. Келемеш, А.А. Дудников // Інженерія природовикористання. – Харків: 2014. – №2(2). – С. 114-115.

Anatoly Dudnikov, Prof., PhD tech. sci., Anton Kelemesh, PhD tech. sci., Andriy Pasyuta, PhD tech. sci.
Poltava state agrarian academy, Poltava, Ukraine

Soil effect on the blade of working bodies of tillage machines

The article describes the main aspects of uneven wear of the blade working bodies of tillage machines. The main goal of the research is to outline the reasons that affect a higher intensity of top wear of the cutting element.

Their analysis revealed the formation of compacted soil volume and its impact on the character wear top and bottom faces of the blade cultivating working body plows, cultivators, harrows difficult. Presented justification uneven wear of the front and rear faces of the blade, it is shown that under the back edge of ground friction on steel largely replaced by friction against the ground soil, which causes an increase in the coefficient of friction.

The research results can be used to improve the quality of tillage, to reduce the traction effort, to increase operational stability of working bodies of tillage machines.

compacted volume, working body, blunt blade, cutting angle, wear options

Одержано 07.10.15

УДК 629.083

В.В. Аулін, проф., д-р техн. наук, В.М. Каліч, проф., канд. техн. наук, А.В. Гриньків, асп., Д.В. Голуб, доц., канд. техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград, Україна, grinkivav@mail.ru

Прогнозування залишкового ресурсу агрегатів та систем транспортних засобів сільськогосподарського виробництва за їх технічним станом

В статті проаналізовано математичні моделі прогнозування ресурсу агрегатів, систем та транспортного засобу в цілому різних авторів, які працювали в напрямку удосконалення різних стратегій технічної експлуатації транспортних засобів. Дано математичну модель визначення ймовірності знаходження агрегату, систем та транспортного засобу в цілому, в працездатному стані, на основі інтенсивності відмов та відновлення агрегатів і систем транспортного засобу. Запропоновано уточнення розрахунку коефіцієнта технічної готовності та використання парку машин.

ресурс, дослідження зносу, прогноз, напрацювання, значення параметру

© В.В. Аулін, В.М. Каліч, Д.В. Голуб, А.В. Гриньків, 2015

В.В. Аулін, проф., д-р техн. наук, В.М. Калич, проф., канд. техн. наук, А.В. Грыньків, асп. Д.В. Голуб, доц., канд. техн. наук

Кировоградский национальный технический университет, г. Кировоград, Украина

Прогнозирование остаточного ресурса агрегатов и систем транспортных средств сельскохозяйственного производства за их техническим состоянием

В статье проанализированы математические модели прогнозирования ресурса агрегатов и систем и транспортного средства в целом различных авторов, работавших в направлении усовершенствования различных стратегий технической эксплуатации транспортных средств. Дана математическая модель определения вероятности нахождения агрегата, систем и транспортного средства в целом, в работоспособном состоянии на основе интенсивности отказов и восстановления агрегатов и систем транспортного средства. Предложено уточнение расчета коэффициента технической готовности и использования парка машин.

ресурс, исследования износа, прогноз, наработка, значения параметра

Постановка проблеми. Для повного використання ресурсу транспортних засобів (ТЗ) та оптимального визначення терміну експлуатації їх у сільськогосподарському виробництві (СГВ) до наступного технічного обслуговування (ТО) або ремонту (Р) необхідно розробити методи прогнозування, що ґрунтуються на результатах вимірювання раціональної кількості діагностичних параметрів та вносять необхідну інформацію про технічний стан базових агрегатів, систем та ресурсовизначальних спряжень деталей. Найбільш зручно для цього використовувати дані діагностики, які проводяться при ТО-2 та при діагностуванні (Д-1, Д-2). Точність прогнозування технічного стану залежить від рівня відповідності теоретичних та розрахункових залежностей дійсним умовам та режимам роботи ТЗ, закономірностям зношування спряжень деталей та точності виміру відповідних діагностичних параметрів, що використовуються в якості вихідних.

Необхідно також обґрунтовано підібрати або розробити математичний апарат для розрахунку зміни структурних та діагностичних параметрів агрегатів і систем ТЗ, на основі яких можливо дати прогноз зміни технічного стану ТЗ, щоб запобігти технічних несправностей та відмов.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні застосовуються конструктивні, технологічні та експлуатаційні методи підвищення надійності ТЗ. Серед експлуатаційних методів на увагу заслуговують методи технічної діагностики (в області технічного обслуговування). В той час остаточно не розроблені методи прогнозування стану машин з оптимізацією експлуатаційних показників. В даному напрямку розробляється теорія прогнозування, в якій розглядаються плани визначення стану технічних систем ТЗ з виявленням можливості оптимізації пробігів між ТО та вибору стратегій ТО і Р. Реалізацію прогнозування залишкових ресурсів різних агрегатів ТЗ розглянуто в роботах Міхліна В.М. [1], Кірси В.І. [2], Татарковського І.Б. [3], Лабурова В.Г., Авдонькіна Ф.Н. [4], Ждановського Н.С. [5], Черновола М.І., Ауліна В.В. [6], але недостатньо обґрунтовано прогнозування та визначення залишкового ресурсу агрегатів та систем транспортних засобів СГВ за діагностичними параметрами їх технічного стану.

Метою даної роботи є обґрунтування способів прогнозування та визначення залишкового ресурсу агрегатів та систем ТЗ на основі діагностичної інформації про їх технічний стан.

Виклад основного матеріалу. Оскільки процес зміни технічного стану ТЗ має стохастичну природу, то при прогнозуванні залишкового ресурсу наявні два основні підходи його визначення [7, 8]:

- конкретних спряжень деталей агрегату, системи;
- для агрегату, системи та ТЗ в цілому.

В першому випадку по результатам оцінки величини параметру конкретного спряження деталей або елемента проводиться прогнозування залишкового ресурсу ТЗ.

В другому випадку ТО та заміна досліджуваного агрегату та його деталей, визначаються за допомогою допустимих в момент діагнозу значень параметрів технічного стану. Як правило, при діагностуванні оцінюють залишковий ресурс основних елементів агрегатів та систем ТЗ (циліндро-поршневої групи, колінчастого валу двигуна, шестерень та валів агрегатів трансмісії).

В теперішній час математичні основи прогнозування базуються на чисельному аналізі або теорії випадкових функцій [8]. Незважаючи на випадковий характер процесу спрацювання основних спряжень деталей двигуна і трансмісії, зміну діагностичних параметрів можна відобразити деякою функцією від напрацювання й на цій основі прогнозувати їх значення. В зв'язку з цим, відомо декілька способів визначення та прогнозування залишкового ресурсу агрегатів і систем ТЗ. Найбільшого поширення отримали способи прогнозування ресурсу, у яких для апроксимації використовується степенева функція [7,8]:

$$D(L) = D_0 + V_D L^\alpha, \quad (1)$$

де D_0 , $D(L)$ – початкове та поточні значення параметру;

V_D – швидкість (інтенсивність) зміни параметру;

L – пробіг ТЗ з початку експлуатації або термін служби;

α – показник степеня, що визначає характер зміни параметру $D(L)$: при $\alpha=1$ – лінійна залежність (пряма лінія), при $\alpha>1$ – степенева або експоненціальна (опуклістю ввєрх), при $\alpha<1$ – степенева або експоненціальна (опуклістю вниз).

Степенева функція зміни діагностичного параметру $D(L)$ є достатньо універсальною, коефіцієнти якої мають чіткий фізичний зміст через невелику кількість невідомих коефіцієнтів та широке її використання в теорії прогнозування [6].

Для визначення залишкового ресурсу при використанні зазначеного підходу необхідно знати початкове значення вимірювального параметру, пробіг з початку експлуатації, значення вимірювального параметру в даний момент часу, а також граничне значення даного параметру:

$$t_{зал.} = t \left[\sqrt[\alpha]{\frac{D_{lim} - D_0}{D - D_0}} - 1 \right], \quad (2)$$

де D_0 , D_{lim} , D – початкове, граничне та фактичне значення параметру;

t – термін напрацювання параметру.

Оцінка значень залишкового ресурсу, за формулою (2), свідчить, що вони, як правило, є завищеними в 1,3...1,5 рази. Це можна пояснити значним розсіюванням початкового значення параметру і трудомісткістю вибору значень показника степеня α . Щоб визначити характер зміни кривої параметру, що виражається показником степеня α , необхідне вимірювання зміни параметру стану досліджуваних деталей, спряжень та вузлів декілька разів. При прогнозуванні залишкового ресурсу конкретного елемента пропонується умова, за якою показник степеня α для одного типу елементів відомий завчасно і визначений на основі обробки статистичної, діагностичної інформації та прийнятий постійним для досліджуваних елементів.

Наступним є спосіб, що ґрунтується на врахуванні дійсної закономірності спрацювання та вимірювання конкретних діагностичних параметрів ТЗ в попередньому періоді експлуатації. При цьому пропонується незмінність умов експлуатації ТЗ на прогнозований період. Сутність даного способу полягає в тому, що по трьом значенням параметру (номінальному та двом вимірюваним при діагностуванні) та відомому напрацюванню з початку експлуатації до кожного діагностичного контролю технічного стану, встановлюють характер закономірності спрацювання, що апроксимує його в часі.

Спосіб може бути використаний при наявності двох послідовних діагностичних контролів та відомому напрацюванню з початку експлуатації. Розрахунок залишкового ресурсу проводиться за рівнянням [5]:

$$t_{зал} = t_1 \left(\frac{1}{m}\right)^{1/\alpha} - t_2, \quad (3)$$

де $m = \frac{1-R}{t^\alpha}$ – коефіцієнт пропорційності;

R – коефіцієнт технічного ресурсу, який визначається із співвідношення параметрів $R = \frac{D_{lim} - D}{D_{lim} - D_0}$;

t_1 та t_2 – напрацювання ТЗ від початку експлуатації нового спряження деталей до першого та другого діагностувань;

D_0, D_{lim}, D – початкове, граничне та фактичне значення параметру; α – показник степеня функції напрацювання.

Допустиму зміну параметра при прогнозуванні по середньостатистичному значенні параметру визначають, використовуючи цільову функцію мінімуму питомих витрат, за допомогою якої встановлюють оптимальні допустимі спрацювання деталей [1]:

$$C(D) = \min_{0 \leq D_{dop} \leq D_{lim}} \left\{ \frac{S_B Q(D_{dop})}{t(D_{dop})} + \frac{S_{TO} C[1 - Q(D_{dop})]}{t(D_{dop})} \right\}, \quad (4)$$

де D_{dop} та D_{lim} – допустиме та граничне значення зміни параметру D , які необхідно контролювати при профілактичному обслуговуванні або заміні;

S_B і S_{TO} – середні витрати, пов'язані з відновленням елемента після відмови протягом періоду експлуатації та профілактичною заміною елемента при ТО;

$Q(D_{dop})$ – ймовірність відмови в експлуатації;

$t(D_{dop})$ – середній ресурс елемента, в залежності від напрацювання.

Оптимізацію допустимої величини параметру на основі використання метода прогнозування по середньостатистичному його значенні, коли відсутня інформація про його характер зміни для конкретного елемента в попередньому напрацюванні, проводять за допомогою номограм.

Таратковський И.Б. [3] запропонував логарифмічне рівняння для визначення залишкового ресурсу, отримане на основі досліджень спрацювання циліндро-поршневої групи та підшипників колінчастого валу:

$$t_{зал} = A \lg \frac{D_{lim} + \zeta}{D_0 + \zeta} - t_2, \quad (5)$$

де A та ζ – коефіцієнти, які враховують конкретні умови експлуатації;

t_2 – напрацювання ТЗ від 1-го до 2-го діагностування.

Алгоритмічна залежність для оцінки залишкового ресурсу отримана Ф.М. Авдонькіним [4] у вигляді:

$$t_{зал} = \frac{1}{b} \frac{(D_{lim} - D) + I_{2-3}}{I_{2-3}} - t_3, \quad (6)$$

де $b = \frac{\Delta I_n}{\Delta S}$ – коефіцієнт, що враховує умови експлуатації;

I_{2-3} – інтенсивність спрацювання між 2-м та 3-м діагностуванням;

t_3 – напрацювання транспортного засобу до 3-го діагностування.

М.Л. Брайніним [11] за основу для прогнозування була прийнята наступна модель:

$$D(t) = D_{zni} \frac{t}{T-t}, \quad (7)$$

де $D(t)$ – значення параметру до моменту t ;

t – час експлуатації;

T – константа, що характеризує інтенсивність проектування процесу циклу;

D_{zni} – константа, що характеризує ступінь затухання процесів спрацювання.

Перевагою останньої прогнозної моделі є її універсальність, тобто придатність як для статично, так і для динамічно навантажених спряжень в агрегатах ТЗ. Для рішення задач прогнозування необхідна наявність експериментальних значень контрольованого параметру D , що відповідають напрацюванню та відносяться до конкретної реалізації спрацьовуваного спряження деталей. На основі даної інформації здійснюється розрахунок оптимальних постійних D_{opt} та T_{opt} , після чого відбувається прогноз величини D для заданої тривалості експлуатації або вирішується обернена задача, тобто знаходиться напрацювання, що необхідне для досягнення заданої величини параметру, наприклад, граничного значення.

В даний час рекомендовано застосувати функціональний спосіб визначення ресурсу [8]. Ресурс при цьому визначають за фактичною швидкістю (інтенсивністю) зміни параметру в момент перевірки з урахуванням загальної закономірності його зміни. У загальному випадку ресурс безвідмовної роботи спряжень, деталей механізмів, агрегатів та систем, діагностичні параметри яких змінюються по прямолінійним та криволінійним залежностям з спадною та зростаючою швидкістю зміни параметру, визначається по формулі:

$$t = \frac{D_{lim} - D}{D - D_0} \cdot \frac{t_0}{\alpha} K_D, \quad (8)$$

де D_0 , D_{lim} , D – початкове, граничне та фактичне значення параметра;

t_0 – напрацювання ТЗ з початку експлуатації;

K_D – коефіцієнт запасу величини параметру;

α – показник степеня. Граничні та початкові значення параметру беруться з технічних умов на діагностування ТЗ, а напрацювання з початку експлуатації – з експлуатаційної документації. При цьому коефіцієнт запасу величини параметру приймається:

$K_D=1$ при умові $\alpha \leq 1$, $D_{lim} \geq D_0$;

$K_D=D_0/D_{lim}$ при умові $\alpha > 1$, $D_{lim} > D_0$;

$K_D=(D_0+D_{lim}-D_n)/D_0$ при умові $\alpha > 1$, $D_{lim} < D_0$.

Показник степеня α при прогнозуванні рекомендується приймати рівним середньостатистичному. Основні способи прогнозування залишкового ресурсу агрегатів ТЗ, що отримали найбільше поширення в розробці прогнозних моделей агрегатів, систем ТЗ представлені та зведені до табл. 1.

Залежність 1 (табл. 1) застосовується, коли залишковий ресурс наближено визначається на основі одного діагностування при напрацюванні t та коли ймовірність значення α встановлено завчасно на основі статистичних даних.

Залежності 2 і 3 (табл. 1) враховують умови експлуатації, але в такому випадку на помилку прогнозування впливають помилки двох вимірювань.

В формулах 4 і 5 (табл. 1) прийняті логарифмічні закони для опису процесів зміни параметрів. Рішення даних рівнянь представляє певні труднощі – для визначення постійних A , ζ та b необхідно провести статистичні дослідження зносу деталей, що знаходяться в експлуатації, в результаті якого отримане рівняння буде відповідати для деталей з середньою швидкістю зношування.

Таблиця 1 – Способи прогнозування залишкового ресурсу агрегатів ТЗ

№ п/п	Аналітична залежність для визначення залишкового ресурсу	Автор способу
1	$t_{зал.} = t \left[\sqrt[\alpha]{\frac{D_{lim} - D_0}{D - D_0}} - 1 \right],$	В.М. Міхлін
2	$t_{зал.} = t_1 \left(\frac{1}{m} \right)^{\frac{1}{a}} - t_2$	В.І. Кірса
3	$t_{зал.} = 10^3 \sqrt{(D_{lim} - 16) \cdot 0,112 - 10^3} \sqrt{(D_{lim} - 16) \cdot 0,112}$	В.Г. Лабуров
4	$t_{зал.} = A \lg \frac{D_{lim} + \zeta}{D_0 + \zeta} - t_2$	І.Б. Татарковський
5	$t_{зал.} = \frac{1}{b} \ln \frac{(D_{lim} - D) + I_{2-3}}{I_{2-3}} - t_3$	Ф.М. Авдонькін
6	$t_{зал.} = \frac{\Delta S_{ep}}{U}; \Delta S_{ep} = S_{ep} - S_{поч}$	Я.Л. Енсон
7	$t_{зал.} = (D_{lim} - D_2) \frac{D_2 - D_1}{t_2 - t_1}$	Н.С.Ждановський

Джерела: розроблено автором з використанням джерел [1-11]

За допомогою марківської моделі можливо визначити ймовірність знаходження агрегату, системи ТЗ у певному стані технічної експлуатації та розрахувати коефіцієнти технічної готовності та технічного використання, а також отримати вирази залишкового ресурсу після певних технічних дій. В кожному технічному стані агрегат може знаходитися з певною ймовірністю:

- P_o – ймовірність знаходження агрегату ТЗ у початковому стані;
- P_p – ймовірність знаходження агрегату ТЗ у робочому стані;
- $P_{ТО-1}$ – ймовірність необхідності проведення ТО-1;
- $P_{ТО-2}$ – ймовірність необхідності проведення ТО-2;
- $P_{ПР}$ – ймовірність необхідності проведення поточного ремонту (ПР);
- $P_{КР}$ – ймовірність необхідності проведення капітального ремонту (КР);
- $P_{зб}$ – ймовірність забезпечення працездатного стану при збереженні;
- P_n – ймовірність знаходження в працездатному стані при простой.

Потік ймовірностей станів у агрегаті, системи ТЗ дорівнює добутку інтенсивності потоку відмов та відновлення на ймовірність стану: $P_i \lambda_i$ та $P_i \mu_i$.

При неусталеному процесі зміни технічного стану агрегату, системи ТЗ, ймовірнісні характеристики стадій їх життєвого циклу залежать від напрацювання, а інтенсивності вхідних і вихідних потоків корелюють між собою з урахуванням ймовірності знаходження агрегату, системи в конкретній стадії експлуатації.

При цьому зміни і переходи технічних станів можна описати, використовуючи розмічений граф стану агрегату, системи, ТЗ в цілому наступними диференціальними рівняннями на різних стадіях життєвого циклу:

$$\frac{dP_o(L)}{dL} = P_o(L)\mu_o; \quad (9)$$

$$\frac{dP_{обк}(L)}{dL} = P_p(L)\mu_{обк} - P_{обк}(L)\lambda_{обк}; \quad (10)$$

$$\frac{dP_{ТО-1}(L)}{dL} = P_p(L)\mu_{ТО-1} - P_{ТО-1}(L)\lambda_{ТО-1}; \quad (11)$$

$$\frac{dP_{ТО-2}(L)}{dL} = P_p(L)\mu_{ТО-2} - P_{ТО-2}(L)\lambda_{ТО-2}; \quad (12)$$

$$\frac{dP_{зб}(L)}{dL} = P_p(L)\mu_{зб} - P_{зб}(L)\lambda_{зб}; \quad (13)$$

$$\frac{dP_n(L)}{dL} = P_p(L)\mu_n - P_n(L)\lambda_n; \quad (14)$$

$$\frac{dP_{ПП}(L)}{dL} = P_p(L)\mu_{ПП} - P_{ПП}(L)\lambda_{ПП}; \quad (15)$$

$$\frac{dP_{КР}(L)}{dL} = P_p(L)\mu_{КР} + P_{обк}(L)\mu_{обк} - P_{обк}(L)\lambda_{обк}. \quad (16)$$

Використовуючи пакети прикладних програм на ПК, початкові та граничні умови, базу експериментальних даних за системою диференціальних рівнянь (9-16) оцінити ймовірність певних технічних дій для покращення технічного стану, а також отримати диференціальне рівняння ймовірності знаходження агрегату, системи і ТЗ в цілому в справному стані:

$$\begin{aligned} \frac{dP_p(L)}{dL} = & P_p(L)\mu_o + P_{обк}(L)\mu_{обк} + P_{КР}(L)(\mu_{КР} - \lambda_{КР}) + P_{ПП}(L)(\mu_{ПП} - \lambda_{ПП}) + \\ & + P_{ТО-1}(L)(\mu_{ТО-1} - \lambda_{ТО-1}) + P_{ТО-2}(L)(\mu_{ТО-2} - \lambda_{ТО-2}) + P_{зб}(L)(\mu_{зб} - \lambda_{зб}) + P_n(L)(\mu_n - \lambda_n). \end{aligned} \quad (17)$$

Розв'язуючи це рівняння, отримуємо:

$$\begin{aligned} P_p = & \frac{P_o\mu_o^2 L_o - P_{обк} L_{обк} (\mu_{обк} \lambda_{обк} - \mu_{кр} \lambda_{обк} + \lambda_{обк} \lambda_{кр} + \mu_{кр} - \lambda_{кр}) -}{2 L_p - \mu_{обк}^2 L_{обк} - \mu_{кр} L_{кр} (\mu_{кр} - \lambda_{кр}) -} \\ & - P_{нр} \lambda_{нр} L_{нр} (\mu_{нр} - \lambda_{нр}) - P_{ТО-1} \lambda_{ТО-1} L_{ТО-1} (\mu_{ТО-1} - \lambda_{ТО-1}) - \\ & - \mu_{нр} L_{нр} (\mu_{нр} - \lambda_{нр}) - \mu_{ТО-1} L_p (\mu_{ТО-1} - \lambda_{ТО-1}) - \\ & - P_{ТО-2} \lambda_{ТО-2} L_{ТО-2} (\mu_{ТО-2} - \lambda_{ТО-2}) \\ & - \mu_{ТО-2} L_p (\mu_{ТО-2} - \lambda_{ТО-2}) - \mu_{ТО-3} L_p (\mu_{ТО-3} - \lambda_{ТО-3}) - \\ & - P_{зб} \lambda_{зб} L_{зб} (\mu_{зб} - \lambda_{зб}) - P_n \lambda_n L_n (\mu_n - \lambda_n) \\ & - \mu_{зб} L_p (\mu_{зб} - \lambda_{зб}) - \mu_n L_p (\mu_n - \lambda_n). \end{aligned} \quad (18)$$

Використовуючи вирази для оцінки ймовірностей технічних станів агрегатів, систем і ТЗ в цілому, після певних технічних дій, враховуючи відповідні інтенсивності відмов λ і відновлювань μ можна отримати вирази для залишкових ресурсів:

- до КР:

$$\overline{L_p} = \frac{\sum P_{кр_i} m_i}{(P_p \mu_{кр} + P_{обк} (\mu_{обк} - \lambda_{обк})) \sum k_i}; \quad (19)$$

- після проведення ТО-1 до КР:

$$\overline{L_{ТО-1}} = \frac{\sum P_{ТО-1_i} m_i}{(P_p \mu_{ТО-1} - P_{ТО-1} \lambda_{ТО-1}) \sum k_i}; \quad (20)$$

- після проведення ТО-2 до КР:

$$\overline{L}_{TO-2} = \frac{\sum P_{TO-2i} m_i}{(P_p \mu_{TO-2} - P_{TO-2} \lambda_{TO-2}) \sum k_i}; \quad (21)$$

- після проведення ПР до КР:

$$\overline{L}_{ПР} = \frac{\sum P_{np_i} m_i}{(P_p \mu_{np} - P_{np} \lambda_{np}) \sum k_i}. \quad (22)$$

Знаючи імовірність знаходження агрегатів, системи ТЗ в цілому у робочому стані, можна уточнити коефіцієнти технічної готовності та використання парку машин:

$$K_{\Gamma} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{p_i} \cdot m_i}{m_{заг}}; \quad (23)$$

$$K_{ТВ} = K_{\Gamma} - \sum P_{TO-1}^i m_{TO-1} - \sum P_{TO-2}^i m_{TO-2} - \sum P_{ПР}^i m_{ПР}, \quad (24)$$

де m – кількість одиниць техніки у справному стані;

m_{TO-1} – кількість одиниць техніки у справному стані після проведення операцій ТО-1;

m_{TO-2} – кількість одиниць техніки у справному стані після проведення операцій ТО-2;

$m_{ПР}$ – кількість одиниць техніки у справному стані після проведення технологічних операцій ПР;

i – відповідна одиниця техніки;

$m_{заг}$ – загальна кількість одиниць техніки.

Висновки.

1. Визначено зв'язок між діагностичними параметрами та залишковим ресурсом агрегатів та систем ТЗ, а також діагностичними параметрами та пробігом.

2. Дано аналіз основних способів оцінки залишкових ресурсів за виразами, запропонованими іншими авторами.

3. Наведено модель зв'язку безвідмовної роботи від пробігу на різних стадіях життєвого циклу агрегатів, систем та ТЗ в цілому.

4. Отримано узагальнене диференціальне рівняння ймовірності знаходження ТЗ у працездатному стані та дано його розв'язок.

5. Отримано вирази для залишкових ресурсів на різних стадіях життєвого циклу агрегатів, систем і ТЗ в цілому та при певних технічних діях.

6. Враховано ймовірності знаходження агрегатів, систем, ТЗ в цілому в працездатному стані, при оцінці коефіцієнтів технічної готовності та використання парку машин.

Список літератури

1. Михлин В.М. Прогнозирование технического состояния машин: монография [Текст] / Владимир Матвеевич Михлин – М.: Колос, 1976. – 254 с.
2. Кирса В.И. Прогнозирование технического состояния машин: монография [Текст] / Владимир Иванович Кирса. – К.: Урожай, 1988. – 72 с.
3. Таратковский И.Б. Опыт статистического исследования процесса изнашивания деталей машин [Текст] / И.Б. Таратковский // Вестник машиностроения. – 1964. – № 6. – С. 54–62.
4. Авдонькин Ф.Н. Повышение срока службы автомобильных двигателей монография [Текст] / Фёдор Николаевич Авдонькин. - Саратов.: Приволжское книжное издательство, 1969. - 203 с.
5. Н.С.Ждановский Надежность и долговечность автотракторных двигателей монография [Текст] / Ждановский Н.С., Николаенко А.В. 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос. Ленингр. отделение, 1981. – 295 с.

6. Черновол М.І. Надійність сільськогосподарської техніки: Підручник. Друге видання, перероблене і доповнене [Текст] / М.І.Черновол, В.Ю.Черкун, В.В.Аулін та інш., за заг. ред. М.І.Черновола. – Кіровоград: КОД, 2010 – 320с.
7. Гаскаров Д.В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры [Текст] / Д.В. Гаскаров, Т.А. Голинкевич, А.В. Мозголевский – М.: Сов. Радио, 1974. – 157 с.
8. Говорушенко Н.Я. Диагностика технического состояния автомобилей: монография [Текст] / Н.Я. Говорушенко – М.: Транспорт, 1970. – 297 с.
9. Дидманидзе О.Н. Прогнозирование параметрической надежности двигателей автотранспортных средств в нормальном и специальном эксплуатационных режимах [Текст] / О.Н. Дидманидзе, Д.В. Варнаков// Международный технико-экономический журнал. – 2013. – №3. – С. 94–98.
10. Блауберг И.В. Становление и сущность системного подхода: [Текст] / И.В. Блауберг, Э.Г. Юдин – М.: Наука, 1973. – 272 с.
11. Брайнин М.Л. Разработка и исследование метода прогнозирования постепенных отказов на примере сопряжений цилиндр - поршневое кольцо ДВС: [Текст] / М.Л. Брайнин – М.: Труды МАДИ, 1973. – 165 с.

Viktor Aulin, Prof., DSc., Viktor Kalich, Prof., PhD tech. sci., Andriy Grinkiv, post-graduate, Dmitry Golub, Assos. Prof., PhD tech. sci.

Kirovohrad national technical university, Kirovograd, Ukraine

Forecasting the residual life of components and vehicles agriculture for their technical state

In this article the opportunity to go to the adaptive maintenance strategy, which involves forecasting resource units and vehicles. Defining resource based on diagnostic information of special importance different parameters. The aim is to study and determine remaining resources units and vehicle-based diagnostic information.

The first task of which was decided in the article is the analysis methods of forecasting technical condition of units and vehicles. Based on the analysis it was established possibility of determining the residual life of components and vehicles. The models is uptime due run at different stages of the life cycle.

Retrieved generalized differential equation of the probability of working condition and given its solution. The expressions for the remaining resources in the different stages of the life cycle of machines, systems and TK in general and with specific technical actions. Included by the probability of the units, systems, vehicle generally operable, when assessing the technical readiness coefficient park and use machines.

resources, exploration of wear, prediction, operating time, importance of parameter

Одержано 12.11.15

УДК 631.331.85

А.І. Бойко, проф., д-р техн. наук, П.С. Попик, здобувач, О.О. Банний, канд. техн. наук
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м.Київ, Україна,
sasha_bannyi@mail.ru

Вплив розрідження на ймовірність появи пропусків та двійників при дозуванні насіння пневмомеханічним висівним апаратом

В статті представлено результати експериментальних досліджень по встановленню впливу ступеня розрідження у вакуумній камері на появу пропусків та двійників при висіві насіння пневмомеханічним висівним апаратом, оснащеним комірками з направленим вектором дії.

насінина, ступінь розрідження, пропуск, двійник, пневмомеханічний апарат, комірка направленої дії

© А.І. Бойко, П.С. Попик, О.О. Банний, 2015