

РЕСУРСНО-ДІАГНОСТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАШИН ДЛЯ ЛІСОТЕХНІЧНИХ РОБІТ

**О.О. Налобіна, доктор технічних наук
Національний університет водного господарства
та природокористування**

В статті розглянуті особливості аналітичних підходів до системності відновлення працездатності машин для лісотехнічних робіт.

Відновлення, працездатність, лісова машина.

Постановка проблеми. Можливість виконувати режим ρ визначається станом системи $S_r(t_\rho)$, а це означає, що $\rho = \rho(S_r(t_\rho))$, де ρ – відносна готовність системи.

Якщо задані $\Theta_\rho, t_\rho, \rho(S_r(\Theta_\rho)) > \rho(S_r(t_\rho))$, а також задані ресурси (стан ресурсів, які використовуються при керуванні готовністю) $V(\Theta_\rho)$, тоді виникають дві задачі.

1. Перевести систему $S_r(\Theta_\rho)$ у $S_r(t_\rho)$ за час $|\Theta_\rho, t_\rho|$, якщо необхідні для цього ресурси $V(S_r(\Theta_\rho); S_r(t_\rho); |\Theta_\rho, t_\rho|) \leq V(\Theta_\rho)$. При цьому ресурси повинні бути використані оптимальним чином. А поняття оптимальності визначається раніш.

2. Нехай $V(S_r(\Theta_\rho); S_r(t_\rho); |\Theta_\rho, t_\rho|) > V(\Theta_\rho)$. Тоді необхідно обрати режим, який належить до цієї ж стадії відновлення працездатності, найбільш близький по заданій мірі до режиму, що визначається.

Аналіз останніх досліджень. Незалежно від типу задачі в її розв'язку присутня умова наявності інформації про $S_r(t), t \in (0, T)$ [1]. Крім того, необхідно мати прогноз розвитку $S_r(t), \Theta; t < T$ [2], для того, щоб передбачити визначену реакцію на конкретний альтернативний варіант розвитку стану, та необхідну інформацію про $V(t)$ [3], прогноз витрат ресурсів для кожного варіанту розвитку $S_r(t)$ [4], оскільки у будь-який момент можуть виконуватися або буде необхідне виконання визначених об'ємів робіт по підтримці готовності [5].

Мета досліджень. Таким чином, готовність машини можна означити як стан, з якого система може з заданою ймовірністю перейти до будь-якого режиму. Який належить виділеній підмножині режимів при наявності визначеної кількості ресурсів.

Результати досліджень. Приймаючи таке означення мети досліджень. Можна виділити перелік проблем, які пов'язані з підтримкою готовності:

- означення достовірності ідентифікації стану $S_r(t)$;
- означення дійсного стану (ресурсу) $V(t)$;
- означення досяжності $S_r(t_{\rho}), S_r(\Theta_{\rho})$;
- розрахунок необхідних ресурсів $V(S_r(\Theta_{\rho}); S_r(t_{\rho}); |\Theta_{\rho}, t_{\rho}|)$;
- конструювання гіпотез про шляхи розвитку $S_r(t), \Theta; t < T$;
- розробка рішень про розподіл та призначення ресурсів;
- розробка технологічного процесу реалізації розв'язків та використання ресурсів;
- керування процесом переводу з $S_r(\Theta_{\rho})$ у $S_r(t_{\rho})$;
- інформування керівництва про $S_r(t)$.

Готовність таким чином, є функція часу, стану відновлення працездатності машини для лісотехнічних робіт та ресурсів. Для кожного режиму функціонування системи характерно притягнення конкретної множини технічних засобів, які при їх використанні забезпечують або вхід у новий (наступний) режим, або знаходження у поточному (заданому) режимі. Така система технічних засобів складає цілісну структуру засобів з механічними, енергетичними та інформаційними зв'язками. Тоді, готовність визначається знаннями про структури технічних засобів, їх характеристики тощо, інакше кажучи, потрібно мати моделі технічних засобів системи і мати діапазони значень усіх атрибутів. Ця інформація може бути зафіксована у даних про кваліфікацію персоналу або базі знань інформаційного забезпечення систем підтримки й прийняття рішень.

Таким чином технічна готовність машини визначає можливість досягнення мети, для якої створювалась система, тобто для досягнення визначеного ефекту. Пониження рівня готовності понижує ефективність ефективність машини або призводить, у деяких випадках, до втрат, які перевищують не тільки вартість засобів підтримки готовності або самої системи, але й вартості об'єкту, на якому така система встановлюється.

Рівень технічної готовності можна характеризувати залишковим призначенням ресурсом технічних складових об'єкту, які представляють собою установки, агрегати, механізми та інше обладнання, що забезпечує працездатність машини для лісотехнічних робіт у відповідності з призначенням. Важливою умовою достовірності оцінки технічної готовності є виявлення закономірностей інтенсивності витрат ресурсу від умов і режимів експлуатації шляхом спеціальної

організації ресурсних випробувань, цілеспрямованого збору і обробці дослідних даних про результати діагностичних операцій.

В цьому випадку загальну формалізовану постановку задачі оцінки та проектування технічної готовності можна здійснити на основі ресурсно-діагностичної моделі технічного стану (РДМ ТС) наступним чином.

Нехай існує функція зміни ТС об'єкту, або дискретного параметру t , яка характеризується набором, або вектором ознак w , які належать деякому діагностичному простору ознак W . Припустимо, що існує деяке розв'язуюче правило екстраполяції результатів виміру $w_1 \dots w_x$ у моменти $t_1 \dots t_x$, які утворюють множини $T_k = (t_1 \dots t_n)$, $W(T_k) = (w_1 \dots w_x)$.

Позначимо через $w(t/T_k)$ процес, який можна спрогнозувати на відрізку (t_x, t_{x+1}) , отриманий за допомогою правила екстраполяції. Тоді при умові існування області Ω_x у просторі, яка відповідає працездатним станам об'єкту, для всіх $t \in (t_x, t_{x+1})$, при всіх $w(t/T_k) \in \Omega_x$, ТС буде також відповідати працездатності об'єкту. Для оцінки впливу умов експлуатації позначимо вектор зовнішніх впливів $g(t)$, а вектор параметрів об'єкту позначимо через a .

Домовимось також, що при оцінці вектора ознак w стає відомим вектор помилок вимірів $n(t)$. Крім того, нехай існує вектор системи вимірів W та об'єкту b , який забезпечує формування деякого вектору технічного стану об'єкту $u(t)$ за допомогою функції $w = G(u, n, b)$.

Тоді зміни технічної готовності будуть характеризуватися диференціальним рівнянням: $du/dt = f(u, g, a)$, яке розглядається у просторі $TC-U$. Внаслідок цього існує область допустимих станів у просторі U , яка відповідає Ω_x .

Таким чином можна знайти і $U(T_k)$, яке відповідає $w(T_k)$, та провести екстраполяцію процесу $u(t)$ на відрізку (t_x, t_{x+1}) . Аналогічно можна стверджувати, що ТС на відрізку (t_x, t_{x+1}) не досягне граничного стану (ГС), якщо $u(t) \in \Omega_x$ при всіх $t \in (t_x, t_{x+1})$.

Апостеріорна ймовірність досягнення об'єктом граничного стану (ГС) буде дорівнювати $P(t/T_k) = P(u(t)) \in \Omega_x; t \in (t_x, t)/w(T_k)$. Оскільки задача розглядається стосовно до прогнозування ТС, межа Ω_x повинна відповідати граничним станам.

Апостеріорна функція розподілу ймовірності досягнення граничного стану, яка відповідає фіксованим значенням процесу $U(T_k)$ на множині (T_k) буде дорівнювати $P\{(t/u(T_k)) = P(u(t)) \in \Omega_x; t \in (t_x, t)/u(T_k)\}$. Тоді можна записати:

$$P(t/T_k) = \int_{\Omega_x^x} P[t/u(T_k)]P[u(T_k)/w(T_k)]dw(T_k), \quad (1)$$

де: x – число моментів часу t_1, \dots, t_x , в яких відбувалися вимірювання процесу $w(t)$.

При значенні допустимої ймовірності досягнення об'єктом граничного стану – $P_{дон}$ індивідуальний або залишковий ресурс $t_{зал}$ буде визначатися нерівністю $P(t_k + t_{зал})/\Gamma \geq P_{дон}$. Гранично допустимий фактично залишковий ресурс можна знайти з рівності $P(t_k + t_{зал})/\Gamma = P_{дон}$.

Інформація, яка необхідна для оцінки технічної готовності знаходиться, головним чином, у результатах спостережень $w(T_k)$, за значеннями яких визначаються оцінки вектору стану $\bar{u}(T_k) = (\bar{u}_1, \dots, \bar{u}_x)$, параметрів об'єкту \bar{a} та система вимірів \bar{b} . В цьому випадку ідентифікація ТС здійснюється за допомогою співвідношення $P(t/T_k) = P[t/\bar{u}(T_k)]$. Така оцінка є більш грубою в порівнянні з оцінкою. В якій використовується функція розподілу ймовірностей.

Функція розподілу залишкового ресурсу як показника ТС та технічної готовності буде мати вигляд: $F_{зал}(t_{зал}/T_k) = 1 - P(t_k + t_{зал}/T_k)$.

Розглянуті поняття та показники відображають конструктивно-технологічні особливості системи та їх елементів як ресурсоносіїв і залежать від пристосованості системи ТОР до виконання поновлювальних операцій.

Висновок. Можна зробити висновок, що розглянута загальна формалізована постановка задачі оцінки допустимого рівня технічного стану в процесі управління технічною готовністю машин для лісотехнічних робіт обумовлює можливість ефективного використання розробленої ресурсно-діагностичної моделі технічного стану об'єктів та їх елементів і підсистем при наявності кількісної оцінки впливу умов та режимів експлуатації на інтенсивність витрат назначеного ресурсу і оцінки фактичних залишкових ресурсів. Використання таких формалізованих методик та моделей опису технічного стану об'єктів зі створенням спеціальних комп'ютерно-орієнтованих програмних засобів дають можливість розробникам та експлуатаційному персоналу проводити більш достовірну оцінку про виконання об'єктом призначених йому функцій і більш ефективно керувати процесом підтримки необхідної технічної готовності об'єкта із його підсистем.

Список літератури

1. *Forestry machinery and woodworking equipment condition monitoring and fault diagnosis technology and Application* / <http://www.industrialpdf.cc/machinery-instrument-industry/7115004/forestry-machinery-and-woodworking-equipment-condition-monitoring-and-fault-diagnosis-technology-and-application.html>.

2. *Application of Random Forest Algorithm in Machine Fault Diagnosis* / http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-84628-814-2_82.html.
3. *Fault diagnostics in LOGSET forest machines Development of improved fault diagnostics in the TOC control system of LOGSET harvesters and forwarders* / https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/61034/Ronkko_Ville.pdf?sequence=1.
4. *TimberCare Service Agreement* / https://www.deere.co.uk/en_GB/services_and_support/forestry_service/timbercare/timbercare.page.
5. *ISO 11783-12:2014. Tractors and machinery for agriculture and forestry : Serial control and communications data network : Part 12: Diagnostics services* / http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=59381.

В статтє рассмотрєннє особєнностє аналитическєх подходов к системностє вєстєновлєннє трудоспособностє машин для лесотєхнических работ.

Вєстєновлєннє, тудоспособностє, лесная машина.

In paper the considered features of analytical approaches to systemacity of restoration of working capacity of mashines for forestry works.

Restoration, working capacity, forest mashine.

УДК 621.873

ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ РУХУ МОСТОВОГО КРАНУ

***В.П. Лисенко, В.С. Ловєйкін, доктори технїчних наук
В.В. Крушельницький, аспїрант ****

У роботї проведенїй динамїчний аналїз руху мостового крану з урахуванням механїчної характеристики приводного двигуна механїзму горизонтального перемїщення. Поставлене завдання вїрїшене за допомогою чисельного їнтегрування диференцїальних рївнянь руху мостового крана. Результати роботи проїлюстрованї графїками, що характеризують перехїдний процес розгону мостового крана.

Кран, вїзок, динамїчнї навантаження, динамїчна модель, математична модель, приведена маса, балка крана, оптимїзацїя.

Постановка проблеми. При роботї металоконструкцїї мостового крана пїддаютьсє значним динамїчним навантаженням.

***Науковий керївник – доктор технїчних наук В.С. Ловєйкін**

© В.П. Лисенко, В.С. Ловєйкін, В.В. Крушельницький, 2015