

Методи діагностування ресурсу роботи гідроімпульсного привода вібропресової машини

Сформовано та проаналізовано методи діагностики ресурсу роботи гідроімпульсного привода. Для реалізації методу діагностики запропоновано підходи лінійного, середньостатистичного та автоматизованого прогнозування.

Сформированы и проанализированы методы диагностики ресурса работы гидроимпульсного привода. Для реализации метода диагностики предложены подходы линейного, среднестатистического и автоматизированного прогнозирования.

Вступ. Для забезпечення надійності та ефективності використання вібропресових машин з гідроімпульсним приводом використовують методи технічного діагностування [1]. Головною задачею технічного діагностування є знаходження на початкових стадіях дефектів та відмов обладнання, що має забезпечити попередження або припинення їхнього подальшого розвитку та виключити можливість аварії та зупинки машини. При цьому використання методів діагностування надає можливість отримання, обробки та аналізу інформації при прийнятті рішення щодо технічного стану вібропресової машини з гідроімпульсним приводом.

Мета публікації: Для реалізації методу діагностування ресурсу роботи гідроімпульсного привода вібропресової машини запропонувати та розробити підходи лінійного, середньостатистичного та автоматизованого прогнозування.

Постановка задачі дослідження: Нові підходи до методів діагностування ресурсу роботи гідроімпульсного привода вібропресової машини є актуальною задачею. Зі зростанням вимог до процесу виготовлення техніки, а головне економії дорогих ресурсів, необхідно впроваджувати новітні технології технічного обслуговування. Сучасний стан технічного обслуговування вібропресових машин вважається незадовільним. Не дивлячись на систему планово-запобіжних заходів, що діють, ремонт можуть спрямувати і сповна працездатні вироби. Припинення експлуатації нормально функціонуючого пристрою означає прямі збитки, а необґрунтоване втручання може з'явитися причиною штучного неумисного введення пошкодження, яких до цього не було.

Висока надійність машин забезпечувалася перш за все шляхом підвищення надійності складових вузлів і агрегатів. Постійна обізнаність про поточний стан функціонуючого пристрою, раннє виявлення і систематичне спостереження за розвитком несправності дозволяють виявити тенденції їх розвитку і тим самим виключити чинник раптовості виникнення відмов [2].

Викладення основного результату публікації. Послідовність діагностування передбачає поступову багатокрокову перевірку обладнання та встановлення причин відмови а саме: нехарактерні стуки, появи стороннього запаху, зменшення тягового зусилля, перегрів окремих деталей, тощо [3,4].

В роботах [3,4] розглянуто, що ресурс – це час роботи гідроімпульсного привода до появи відмови. Це нестала величина і залежить від багатьох факторів, як зовнішніх, властивим умовам експлуатації, так і внутрішніх, властивим конкретним вузлам і деталям гідропривода.

Кожне спряження гідроімпульсного привода характеризується величиною зазорів, що забезпечують вільне переміщення складових елементів одних відносно інших, а також містять прошарок масла, яке сприяє зменшенню інтенсивності відмов елементів у спряженнях. Для оцінки стану спряження використаємо коефіцієнт залишкового або використаного технічного ресурсу [5]:

$$R_{\text{зал.}} = (P_{\Gamma} - P_{\Phi}) / (P_{\Gamma} - P_{\text{н}}). \quad (1)$$

де $R_{\text{зал.}}$ – коефіцієнт залишкового ресурсу, причому $0 \leq R_{\text{зал.}} \leq 1$, P_{Γ} - граничне значення зазору у спряженні, P_{Φ} – фактичне значення зазору у спряженні. $P_{\text{н}}$ – номінальне значення зазору у спряженні.

Як було зазначено у (1), коефіцієнт залишкового ресурсу за час нормальної роботи спряження змінюється від одиниці до нуля, наближено вказує частку фактичного ресурсу спряження, яка ще залишається не використаною. Коефіцієнт використаного ресурсу визначимо за формулою:

$$R_{\text{вик.}} = 1 - R_{\text{зал.}} \quad (2)$$

Він характеризує частоту фактичного ресурсу спряження, яка вже використана за час його експлуатації і змінюється у межах $0 \leq R_{\text{вик.}} \leq 1$, тобто змінюється від нуля до одиниці.

За допомогою запропонованих нами коефіцієнтів стан будь-якого фізичного параметра можна охарактеризувати універсальним показником. Для цього переведемо за формулами значення зазору з конкретної фізичної розмірності у безрозмірну форму.

У загальному вигляді представлено метод діагностування ресурсу, оцінки ефективності та надійності роботи гідроімпульсного привода. Крім цього, необхідно проаналізувати важливі задачі зв'язку та взаємовпливу між діагностикою та прогнозуванням забезпечення ефективного функціонування гідроімпульсного привода вібропресової машини.

Для реалізації методу діагностики ресурсу пропонуємо розробити наступні підходи: лінійного, середньостатистичного, автоматизованого прогнозування.

Послідовно розглянемо три етапи діагностування, які тісно пов'язанні з прогнозуванням цих же процесів.

1. Лінійне прогнозування є найпростішим способом, який полягає у припущенні, що умови експлуатації залишаються незмінними, а залежність зміни параметра від часу будуть лінійними. Завдяки цим припущенням для одержання прогнозу достатньо знати лише такі величини: наробіток на відмову з початку експлуатації – $T_{\text{н}}$, номінальне – $P_{\text{н}}$, граничне – P_{Γ} та фактичне P_{Φ} значення параметрів. тоді формула лінійного прогнозування буде мати вигляд:

$$T_{\text{зал.}} = T_{\text{н}} R_{\text{зал.}} / R_{\text{вик.}}, \quad (3)$$

де $R_{\text{зал.}}$ коефіцієнт залишкового ресурсу, $R_{\text{вик.}}$ – коефіцієнт використаного ресурсу. Як приклад розглянемо: Наробіток на відмову циліндро-поршневої групи двигуна вібропресової машини становить 1000 мотогодин, витрата газів через ущільнення дорівнює 60л/хв., а для двигуна номінальне значення становить 28 л./хв., граничне – 90л./хв. Прогноз безвідмовної роботи визначимо так.

Коефіцієнт залишкового ресурсу, з використанням формули (1), становитиме:

$$R_{\text{зал.}} = \frac{90 - 60}{90 - 28} = 0,483.$$

Відповідно коефіцієнт використаного ресурсу з використанням формули (2) становитиме

$$R_{\text{вик.}} = 1 - 0,483 = 0,517.$$

Тоді прогноз на залишковий ресурс становитиме

$$T_{зал} = 100 \frac{0,483}{0,517} = 934 \text{ мотогодини.}$$

Тобто, ущільнення циліндро-поршневої групи двигуна потрібно ремонтувати через 934 мотогодини.

2. Середньостатистичне прогнозування. Важливою складовою методу є визначення залежності між зносом та тривалістю роботи різних спряжень вібропресової машини. Велика кількість спостережень дає змогу застосувати для обробки методи математичної статистики та комп'ютерні засоби. Математична статистика [6] ґрунтується на принципах теорії ймовірностей [7], у якій досліджують явища або процеси як результат впливу значної кількості випадкових факторів.

Завдяки впливу випадкових факторів закономірність зміни розмірів деталей чи інших параметрів однотипних машин має різний характер. Однак чим ретельніше буде обстежений гідроімпульсний привід, тим виразніше буде виявлятися зона, у якій щільність кривих $\Pi(t)$ значно більша, ніж в зонах по обидва боки від неї (рис.1).

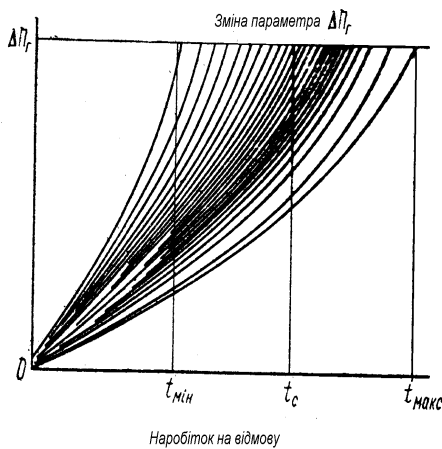


Рис 1. Статистичні криві залежності зміни параметра від наробітку на відмову.

Обробивши експериментальні дані методом найменших квадратів [6], одержимо математичний вираз залежності $\Pi(t)$, який найчастіше зустрічався в реальних умовах роботи.

Горизонтальна лінія, проведена з точки граничного значення параметра, перетинається з середньою лінією залежності у точці, яка відповідає середньому ресурсу даного спряження.

Деякі лінії перетинають вказану горизонталь по обидва боки середнього значення, створюючи розсіювання фактичних ресурсів окремих об'єктів відносно середнього ресурсу. Це розсіювання ми оцінювали показниками коефіцієнта варіації, стандартного відхилення, дисперсії, які характеризують ступінь невизначення процесу.

У [5] підкреслено, що незалежно від розміщення на графіку кривої даного реального об'єкта, її визначають за такою ж формулою з однаковими значеннями показника α , але з так званим коефіцієнтом a , власним лише даному конкретному об'єкту. Отже, коефіцієнт a визначає масштаб залежності або швидкість зміни параметра. Величина показника α є спільною для усіх однотипних об'єктів.

Таким чином, під час прогнозування за середньостатистичними даними визначають ймовірність того, що протягом заданого часу t_m даний параметр не вийде за межі граничного значення і відмова у спряженні не настане.

Величина t_m являє собою заделегідь передбачену періодичність технічного обслуговування або ремонту.

Якщо під час перевірки зношення деталі менше за допустиме, то гарантується безвідмовна її робота до наступного кроку діагностування.

Між кількістю діагностувань, для яких гарантується відсутність відмови та припустимими значеннями існує така залежність:

$$n = \frac{1}{1 - \alpha \sqrt{\Pi_d / \Pi_r}}, \quad (4)$$

де n – кількість перевірок; $\Pi_{Г}$ – граничне значення параметра, Π_{δ} – допустиме значення параметра, α - показник степеня залежності $\Pi(t)$.

Найменша ймовірність відмови спостерігається при $n=2$. У цьому випадку допустима величина параметра становитиме:

$$\Pi_{Д} = 0,5^{\alpha} \Pi_{Г} \quad (5)$$

При $\alpha = 1$, $\Pi_{Д} = 0,5\Pi_{Г}$, тобто дорівнює половині граничної зміни параметра.

Виходячи з величини $\Pi_{Д}$ або n та враховуючи задану періодичність $t_{М}$, визначимо найбільш ймовірний стан залишкового ресурсу $t_{р}$ досліджуваного спряження:

$$t_{р} = \sqrt[n]{\Pi_{Г} / \Pi_{Д}} (n - 1)t_{М} \quad (6)$$

Якщо $\alpha = 1, n = 2, \Pi_{Д} = 0,5\Pi_{Г}$, то залишковий ресурс спряження становитиме: $t_{р} = 2t_{М}$.

Зазначенні допустимі значення параметрів запропонованих нами для вібропресової машини надає можливість звести до мінімуму витрати на їх технічне обслуговування.

З вище розглянутим визначимо оптимальні допустимі значення плинун параметрів:

$$\Pi_{Д.О.}^{ОПТ} = \sqrt[n]{\frac{m}{(d - m)(N - 1)}}, \quad (7)$$

де N – відношення середніх витрат на усунення відмови до середніх витрат на технічне обслуговування. У формулі (6) допустима зміна параметра виражена не в абсолютних одиницях, а в частинах від граничної зміни, тобто від значення допуску ($\Pi_{Г} - \Pi_{Н}$). Величина d та m – це показники степеня залежностей ймовірності відмови:

$$Q(\Pi_{Д.О.}) = \Pi_{Д.О.}^d, \quad (8)$$

та фактичного залишкового ресурсу

$$t_{\phi}^0(\Pi_{Д.О.}) = t^0 \Pi_{Д.О.}^m, \quad (9)$$

де t^0 – відносний міжконтрольний наробіток на відмову $t^0 = t_{ср} / t_{М}$

Величини показників d та m визначимо методом найменших квадратів. Запропонований підхід прогнозування потребує 200-500 спостережень за аналогічними об'єктами та застосування комп'ютерної техніки.

Ймовірність відмови зменшується зі зменшенням допустимої величини зміни параметра до величини $0,5^{\alpha}$, а потім залишається незмінною; при $\Pi_{Д.О.} = 1$ ймовірність відмови дорівнює одиниці; зі зменшенням проміжків діагностування $t_{М}$ ймовірність відмови зменшується; зі зменшенням допустимої величини $\Pi_{Д.О.}$ також зменшується.

Заключним етапом середньостатистичного прогнозування є визначення витрат, що пов'язанні з усуненням відмов вібропресової машини. Використаємо формулу виду:

$$A = X_1 g_1 r_1 + X_2 g_2 r_2 + X_3 g_3 + X_4 + S(t), \quad (10)$$

де X_1 – трудомісткість усунення відмови (оцінка в годинах)

g_1 – середня годинна тарифна ставка працівника, зайнятого усуненням відмови (оцінка у гривнях);

r_1 – коефіцієнт, що враховує нарахування на заробітну плату та накладні витрати;

X_2 – вартість запасних частин, що витрачаються на усунення відмови (оцінка у гривнях);

g_2 – коефіцієнт, що враховує вартість ремонтних матеріалів, які будем витрачати для усунення відмови;

r_2 – коефіцієнт, що враховує націнку на запасні частини та матеріали (у середньому дорівнює 1,12);

X_3 – тривалість простою вібропресової машини під час відмови (оцінка в годинах);

g_3 – середні втрати від простою вібропресової машини 1 години (оцінка в гривнях);

X_4 – транспортні витрати, що пов’язані з доставкою запасних частин до місця усунення відмови (оцінка у гривнях)

S – втрати за рахунок погіршення якості технологічного процесу роботи вібропресової машини, зниження її економічності (оцінка у гривнях).

У свою чергу середні втрати для виконання технічного обслуговування визначили за формулою

$$S(t) = X_1 g_1 r_1 + X_2 g_2 r_2 \quad (11)$$

Отже, поставлену задачу визначення витрат, які пов’язані з усуненням відмов вібропресової машини виконано.

3. Автоматизація та комп’ютеризація процесів прогнозування роботи вібропресової машини. Дослідження та підрахунки прогнозу вручну досить складні, за винятком лінійного прогнозування, де необхідно розв’язати лише просту пропорцію з одним невідомим, оцінка точності якого досить висока. Якщо більш уважно проаналізувати матеріал середньостатистичного прогнозування, особливо математичний апарат, що виражений формулами (1) – (11), простота зникає.

Отже, без автоматизації та комп’ютеризації серйозні задачі оцінок ефективності та надійності вирішувати не можливо. Мова йде про необхідність використання сучасних пакетів прикладних програм по напрямку теорії масового обслуговування: оцінок проміжків часу поступу заявок по наявності відмов, часу обробки поступаючих сигналів, формування законів розподілу з реальних сигналів гідроімпульсного привода вібропресової машини.

Висновок: Представлені методи діагностики та підходи лінійного, середньостатистичного та автоматизованого прогнозування забезпечать високу надійність та ефективність вібропресових машин з гідроімпульсним приводом.

Література:

1. Основы технической диагностики: В 2-х книгах. Кн. I. Модели объектов, методы и алгоритмы / Под ред. П.П. Пархоменко.-М. «Энергия». – 1976.– 464с.
2. Моралевский А.В. Вопросы проектирования систем диагностирования / А.В. Моралевский, А.Н. Койда. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. Отд-ние. – 1985.–112с. (Б-ка по автоматике: Вып.648).
3. Іскович-Лотоцький, Р.Д. Вібраційні та віброударні пристрої для розвантаження транспортних засобів: Монографія / Р.Д. Іскович-Лотоцький, Я.В. Іванчук. –Вінниця: ВНТУ. – 2012.–156с.
4. Іскович-Лотоцький, Р.Д. Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій: Монографія. / Р.Д.Іскович-Лотоцький, Р.Р. Обертюх, І.В. Севастьянов.-Вінниця.:УНІВЕРСУМ – Вінниця. – 2006. –291с.
5. Технічна діагностика машин. / В.І. Кірса, І.С. Деревець, М.Х. Потапенко, О.С. Кіреєв,–Київ.:Урожай.–1986.–240с.
6. Математическая статистика: Учебник./ В.М. Иванова, В.Н. Калініна, А.А. Нешумова.-М.:Вісшая школа. –1981.–368с.
7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. / Е.С. Вентцель.–М.:Наука.–1969.–576с.

Зелінська Оксана Владиславівна – ст.викладач кафедри економічної кібернетики, Вінницький національний аграрний університет.