

Це пов'язано з виникненням «приєднаної» маси ґрунту з правої та лівої сторони палі таврового перерізу, яку добре помітно в точці динамічного зондування № 9. В ній починаючи з 40см від поверхні йдуть майже однакові значення щільності ґрунту аж до самого вістря, після чого відбувається максимальне розуцільнення, характер виникнення якого описано вище.

За рахунок проведення даних досліджень вдалося уточнити розмір зони ущільненого ґрунту навколо бічної поверхні палі. Так для квадратної палі він становить 3.6d. Для таврової за полицю - 1.25d, перед ребром 0.75d, зліва та справа від ребра 0.95d, а приведена величина ущільненої зони становить 2.95d.

Висновки

1. Проведені дослідження підтверджують різницю в несучій здатності за рахунок різного характеру ущільнення ґрунту основи навколо квадратної та таврової палі.
2. Визначено розміри зон ущільнення ґрунту, що становлять для квадратної палі 3.6d, для таврової - 2.95d.
3. Виявлено зону «приєднаної» маси ґрунту до палі таврового перерізу, яка в плані має форму рівнобічного трикутника з катетом 20мм, що приймає участь у її роботі.
4. Проведені дослідження мають бути співставлені та уточнені натурними випробуваннями.

Література

1. ГОСТ 20522-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. Межгосударственный стандарт. М. – 1996. – 38с.

УДК 69057.7

Пиляев Р.С.¹

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ КРАНІВ

Метою збору інформації про надійність є оцінка фактичного стану кранів, вдосконалення правил експлуатації, більш точного визначення режиму технічного обслуговування й ремонту.

Для одержання інформації про надійність деталей, агрегатів і кранів у цілому використовуються наступні основні джерела: аналітичні розрахунки на довговічність, стендові й полігонні випробування на надійність, відомості про результати експлуатації, зміст ремонтних робіт [1,2,4].

Після створення дослідного зразка або випуску першої серії машин інформація про надійність може бути отримана в результаті випробувань на спеціальних стендах. Испитові стенди обладнаються приводами, що навантажують обладнаннями, необхідними контрольно-вимірювальними й записуючими приладами. На сучасних стендах передбачаються програмуючі обладнання. Такі обладнання, часто на базі ЕОМ, забезпечують автоматичне навантаження випробовуваного виробу в режимі, близькому до експлуатаційного. При наявності математичного

опису взаємодії системи "привід - агрегат - виконавчий орган" ЕОМ дозволяє використовувати метод математичного моделювання при керуванні випробуваннями з урахуванням імовірного характеру реальних навантажень в кранах.

Стеновим випробуванням звичайно зазнають тільки окремі вузли й агрегати вантажопідіймальних машин: гальма, редуктори, коробки передач, двигуни й т.п. Випробування на надійність машин у зборі, наприклад автомобільних кранів, часто проводяться на полігонах, що обладнані спеціальними треками. Поверхні треків мають складну конфігурацію, що викликає значні динамічні навантаження при русі машини. Керування рухом машини по треківі звичайно дистанційне або програмне. Такі випробування забезпечують досить висока якість інформації про надійність несучих конструкцій і елементів ходової частини машини.

Найбільш достовірним джерелом інформації про надійність машини є результати експлуатації при типових режимах і умовах використан-

¹ Пиляев Р.С., провідний спеціаліст ТОВ «САПРАН УКРАЇНА»

ня. Розрізняють дослідну, підконтрольну й реальну експлуатацію. Експериментальна експлуатація проводиться проектною організацією або заводом виготовлювачем в умовах, максимально наближених до натурних. У ряді випадків експериментальна експлуатація проводиться на базових експлуатаційних підприємствах. На сучасних кранах закордонного виробництва ведеться регулярний контроль і облік роботи машини, для чого встановлюються додаткові обладнання й прилади: лічильники частоти обертання, годин роботи, числа робочих циклів, вага вантажу[1].

Підконтрольна експлуатація проводиться відділами механізації будівельних організацій. Облік несправностей і періодичний контроль технічного стану машини здійснюються за методикою й під спостереженням представника головної організації по збору й обробці інформації.

В умовах реальної експлуатації облік несправностей і контроль технічного стану машини виконують у порядку, установленому в системі експлуатаційного підприємства[2].

Планові ремонти проводять до настання відмови. Однак по їхньому змісту можна одержати інформацію про характер і ступеня ушкодження окремих деталей, прогнозувати їхній термін служби, судити про ремонтпридатність і інших показниках надійності машини.

Час, необхідний для одержання достатнього обсягу інформації, визначається не тільки способом випробувань (стендові, полігонні, експлуатаційні), але також типом плану спостережень, що в сучасний стан передбачається діагностикою машин.

Плани проведення спостережень позначаються формулою, у якій N - число кранів, що перебувають під спостереженням; r - число відмов спостережуваних кранів; T - календарна тривалість спостережень; R - ознака заміни новою або відновленою деталлю; U - ознака виключення, що відмовило виробу із числа спостережуваних. Застосовуються п'ять основних планів: $[NUN]$, $[NUR]$, $[NUT]$, $[NRr]$, $[NRT]$. Наприклад, план $[NUR]$ означає, що спостереженням підлягають N об'єктів об'єкти, що відмовили, виводять зі спостережуваної групи (не замінюють новими й не відновлюють), спостереження припиняють, коли число об'єктів, що відмовили, досягає r одиниць. При плані $[NRT]$ спостерігаються N об'єктів, що відмовили відновлюються (під спостереженням увесь час залишається N елементів), спостереження ведуться протягом календарного часу T .

Кожний план спостережень має свою область раціонального використання. Наприклад, план $[NUN]$ зручний для вивчення напрацювання на відмову, при цьому не потрібен ремонт або заміна виробів. План $[NRT]$ більш складний, тому

що вимагає проведення ремонтів. Однак інформація накопичується значно швидше. Крім того, виходять додаткові дані про ремонтпридатність виробів.

Інформація про надійність машин, що підлягає обробці, повинна бути достовірною, однорідною й досить повною. Вірогідність інформації забезпечується точністю контрольно-вимірних приладів, кваліфікацією й відповідальністю осіб, що брали участь у її підготовці. Важливе значення має простота й однозначність форм, що підлягають заповненню в процесі збору інформації. Основні види таких форм стандартизовані. Наявність єдиних форм забезпечує також повноту й однорідність інформації, крім можливості використання різних одиниць виміру для однакових показників, об'єднання показників, отриманих при різних умовах для різних машин, і т.п.

Процес збору й наступної обробки інформації значно спрощується при використанні спеціальних перфокарт із готовими варіантами відповідей, які легко піддаються машинній обробці. Однак необхідний у цей час рівень якості й регулярності інформації про роботу машин можна забезпечити тільки при впровадженні автоматизованої системи керування в систему експлуатації машин [1].

Отримана в результаті випробувань або від експлуатуючих підприємств інформація піддається сортуванню по однорідності й сумісності вихідних умов, потім аналізуються й при цьому відкидаються нехарактерні дані. Перевірену інформацію зводять в остаточні таблиці, зручні для наступної статистичної обробки вручну або за допомогою ЕОМ.

Підготовлена до використання інформація, у тому числі в графічній формі (Рис. 1), слугує для визначення теоретичного закону розподілу досліджуваної випадкової величини - основи прогнозування її значень у процесі експлуатації машини. Установлення теоретичного розподілу, відповідний до даних спостережень, проводиться методами математичної статистики [3]. Ступінь відповідності й, отже, точність наступних розрахунків залежать від кількості інформації, тобто від числа об'єктів і тривалості спостережень.

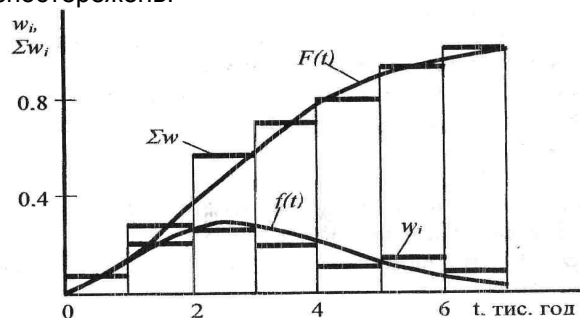


Рис. 1. Щільність $f(t)$ і функція розподілу $F(t)$ напрацювання до відмови; w_i - частота відмов; $\sum w_i$ - накопичена частота відмов.

Існують готові таблиці й розрахункові формули для визначення мінімального числа спостережень (значень випадкової величини), залежно від плану спостережень і передбачуваного теоретичного закону розподілу. Якщо закон розподілу неможливо прогнозувати, то значення випадкової величини в першому наближенні можна визначати з умови:

$$\frac{2N_{\min}}{\chi^2_{1-\beta}(2N_{\min})} = (\delta + 1)^p \quad (1)$$

де - $\chi^2_{1-\beta}(2N_{\min})$ квантиль розподілу - хи - квадрат зі $2N_{\min}$ ступенями волі, що відповідає односторонній довірчій ймовірності β [з умови $P\{\chi^2 < \chi^2_{1-\beta}(2N_{\min})\} = 1 - \beta$]; δ - відносна помилка в оцінці випадкової величини; p - параметр закону розподілу Вейбулла [].

Для деталей механічних і електромеханічних обладнань, приймають $p = 2$, для деталей електронних обладнань і складних відновлюваних виробів у цілому $p = 1$, що відповідає експонентному розподілу напрацювання на відмову. Значення довірчої ймовірності на першому етапі спостережень можна ухвалювати $\beta = 0,9 \div 0,95$; відносної помилки - $\delta = 0,1 \div 0,05$.

Значення параметра $p = 2$ відповідає коефіцієнту варіації спостережуваних значень $\eta = 0,51$. Якщо у вибірці з $N_{\min}$ (при $p=2$) спостережень дійсне значення $\eta_{\bar{A}} > 0,51$, з умови (2)

$$\sqrt{\frac{\Gamma(1+2/p)}{\Gamma^2(1+2/p)}} - 1 = \eta_{\bar{A}}, \quad (2)$$

знаходять значення p , що відповідає реальним обчислюють повторно $N_{\min}$, і доповнюють спостереження свідчить про достатність $N_{\min}$ знайденого при $p=2$.

Серед можливих законів розподілу показників надійності кранів найбільше число $N_{\min}$ має місце у випадку експоненціального закону. Тому $N_{\min}$, обчислене з умови (2.1) при $p=1$, є достатнім у всіх випадках проведення спостережень.

При практичних розрахунках майже завжди виявляється $N_{\min} > 15$. Тому, виходячи з наближеної залежності $\chi^2_{1-\beta}(2N_{\min}) = f(N_{\min}, \beta)$, для визначення $N_{\min}$ можна також використовувати умову:

$$\left(1 - \frac{1}{9N_{\min}} + \frac{u_{1-\beta}}{3} \sqrt{\frac{1}{N_{\min}}}\right)^3 = \frac{1}{(\delta + 1)^p}, \quad (3)$$

де - $u_{1-\beta}$ - квантиль нормального розподілу, відповідний вірогідності, рівній $(1 - \beta)$. На відміну від квантиля $\chi^2_{1-\beta}$ таблиці значень $u_{1-\beta}$ є в спеціальній літературі [].

Якщо з умови (3) отримаємо $N_{\min} < 15$, необхідно перерахувати за умовою (1).

Розглянемо конкретний приклад. Визначимо мінімальне необхідне число напрацювання до відмови без відновлення (заданого типорозміру), щоб при односторонній довірчій ймовірності $\beta = 0,9$ помилка у визначенні середнього напрацювання не перевищувала $\delta = 0,1$.

Вважаючи, що б законі розподілу напрацювання до відмови розглянутих підшипників нам нічого невідомо, скористаємося умовою (3) при $p = 2$. З таблиці квантилів нормального розподілу знаходимо $u_{1-0,9} = -1,28$.

Підставляючи в умову (3) значення $u_{0,1}$, p і δ , одержуємо

$$\left(1 - \frac{1}{9N_{\min}} - \frac{1,28}{3} \sqrt{\frac{1}{N_{\min}}}\right)^3 = \frac{1}{(0,1+1)^2}.$$

Таким чином, $N_{\min} = 50$.

Після проведення серії з 50 спостережень виявилось, що коефіцієнт варіації $\eta_{\bar{A}} = 0,75 > 0,51$, тобто $N_{\min} = 50$ недостатньо для забезпечення необхідної точності розрахунків. Тому з рівності (2) доводиться визначати уточнене значення параметра p' , відповідне до отриманих даних

$$\sqrt{\frac{\Gamma(1+2/p')}{\Gamma^2(1+2/p')}} - 1 = 0,75.$$

Використовуючи таблиці знаходимо гама - функцію [4]. Повторно вирішуючи рівність (3), одержуємо $N_{\min} = 110$. Таким

чином, необхідно одержати додатково $N'_{\min} - N_{\min} = 60$ спостережень. Після їхнього проведення істотної зміни коефіцієнта варіації напруцювання до відмови не відбулося.

Отже, серію з 110 спостережень можна використовувати для розрахунків середнього наро-

бітку до відмови підшипників кочення вантажного візка розглянутого типорозміру й установлення теоретичної функції розподілу цього напруцювання.

Висновки

1. Обґрунтована методика дослідження і обробки інформації отриманої в умовах реальної експлуатації вантажопіднімальної техніки.
2. Структурована методика здійснення огляду та оцінки стану елементів кранів та їх конструкції в цілому для визначення типу ремонтів і заміни деталей.

Література

1. Назаренко І.І., Німко Ф.О. Вантажопіднімальна техніка (конструкції, ефективне використання, сервіс). К.: Видавничий дім «Слово», 2010. – 400с.
2. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідійомних кранів. – К.: Основа, 2007. – 312с.
3. Вентцель В.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. – М.: Наука – 1991. – 384с.
4. Хазов Б.Ф., Дидусев Б.А. Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования. М.: Машиностроения, 1986. – 224с.