

УДК 621.1.052

Л.Є. Пелевін, к.т.н. проф.;
С.Ю. Комоцька, асист.(КНУБА, Київ)**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МОБІЛЬНИХ МАШИН З ГІДРАВЛІЧНИМ ПРИВОДОМ**

АННОТАЦІЯ. В статті розроблено методику визначення оптимального часу випробувань гідропривода з використанням гідротестера.

Ключові слова: надійність, оптимальний час випробувань, гідравлічний тестер, гідравлічний привод, навантаження.

АННОТАЦИЯ. В статье разработана методика определения оптимального времени испытаний гидропривода с использованием гидротестера.

Ключевые слова: надежность, оптимальное время испытаний, гидравлический тестер, гидравлический привод, нагрузки.

SUMMARY The method of determination of optimum time of tests of hydraulic drive with the use of hydraulic tester is developed in the article.

Keywords: reliability, optimum time of tests, hydraulic tester, hydraulic drive, loadings.

Постановка проблеми

На будівельних роботах широке використання здобули мобільні машини з гідравлічним приводом, зокрема, мініекскаватори. Для перевірки їх надійності після технічного обслуговування або поточного ремонту, виникає необхідність у проведенні стендових випробувань з оптимальним співвідношенням між кількістю випробувань n і тривалістю випробувань h [1].

Якщо число випробувань невелике, підтвердити показники надійності можна у тому випадку, коли випробування проводяться впродовж часу, що перевищує необхідний час роботи машини. Таким чином, основним способом зменшення числа n нерезервованих пристроїв є збільшення коефіцієнта h , що характеризує тривалість випробувань. При цьому коефіцієнт h доцільно збільшувати до певних меж. У загальному випадку повинні враховуватися витрати як на збільшення тривалості випробувань, так і на число пристроїв, які підлягають випробуванням.

Аналіз проблеми

Результати досліджень, що виконані в КНУБА, виходячи з припущення, що при збільшенні часу випробувань і необхідної їх кількості слід враховувати вартість виконуваних робіт.

Розглянемо питання про вибір оптимальних значень n і h , за яких досягаються

мінімальні витрати для забезпечення заданих вимог по надійності. Якщо відомі залежності вартості $c_1(n)$ виготовлення пристрою від її числа, і вартості $c_2(h)$ пов'язані з досягненням заданої відносної тривалості випробувань [2]. Загальна вартість для підтвердження заданих вимог по надійності буде:

$$c = c_1(n) + c_2(h) \quad (1)$$

Знайдемо значення n і h , при яких досягається мінімальна вартість (1) за умови, що виконуються задані вимоги по надійності. Відомо, що розподіл часу безвідмовної роботи описується законом Вейбулла і в біоміальній схемі відмов за цим законом число безвідмовних випробувань n повинно дорівнювати заданому n_0 , тобто

$$n = \frac{n_0}{h^\beta} \quad (2)$$

де $h = \eta k$; k - коефіцієнт прискорення випробувань; η - відносна тривалість випробувань; β - параметри розподілу.

З цієї рівності знаходимо число безвідмовних випробувань n_0

$$n_0 = \frac{\ln\left(1 - \gamma\right)}{\ln P_{\text{мп}}} = nh^\beta, \quad (3)$$

де $P_{тр}$ – нижня довірча межа вірогідності безвідмовної роботи; γ – вірогідність безвідмовної роботи.

Поставлену оптимізаційну задачу вирішуємо за методом Лагранжа, отримуючи мінімум функції:

$$\Phi = c_1(n) + c_2(h) + \lambda nh^\beta. \quad (4)$$

де λ - невизначений множник Лагранжа [3].

Оптимальні значення n_{opt} і h_{opt} визначаємо рішенням наступної системи рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial c_1}{\partial n} + \lambda h^\beta = 0; \\ \frac{\partial c_2}{\partial h} + \lambda n \beta h^{\beta-1} = 0; \\ n_0 - nh^\beta = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Для вирішення системи рівнянь (5) необхідно знати залежності $c_1(n)$ і $c_2(h)$. Знайдемо рішення цієї системи для випадку, коли ці залежності лінійні [4]. Нехай

$$c_1(n) = An; \quad c_2(h) = Bh, \quad (6)$$

де A, B відомі коефіцієнти.

Вирішивши систему (5) з врахуванням (6), запишемо

$$h_{opt} = (\alpha \beta n_0)^{\frac{1}{\beta+1}}; \quad (7)$$

$$n_{opt} = \frac{n_0}{(\alpha \beta n_0)^{\frac{\beta}{\beta+1}}}, \quad (8)$$

де $\alpha = \frac{A}{B}$.

Якщо $\beta = 1$, отримаємо

$$n_{opt} = \sqrt{\frac{n_0}{\alpha}}; \quad (9)$$

$$h_{opt} = \sqrt{\alpha n_0}. \quad (10)$$

Зокрема, при $\alpha = 1$ маємо

$$n_{opt} = h_{opt} = \sqrt{n_0}. \quad (11)$$

Наприклад, якщо необхідно знайти оптимальні значення n_{opt} і h_{opt} для підтвердження вірогідності безвідмовної роботи гідронасоса приводу робочого органа $P_{тр} = 0,99$ при $\gamma = 0,95$, якщо відомо, що $\alpha = 0,04$, $\beta = 2$. Для $P_{тр} = 0,99$, $\gamma = 0,95$

знаходимо $n_0 = 298$. За формулами (9), (10) обчислюємо:

$$h_{opt} = \sqrt[3]{0,04 \cdot 2 \cdot 298} = 3,25;$$

$$n_{opt} = \frac{n_0}{h_{opt}^\beta} = \frac{298}{3,25^2} = 29.$$

Таким чином, в даному прикладі мінімальні витрати відповідно заданих вимог досягаються при проведенні 29 безвідмовних випробувань впродовж часу, що у 3,25 рази перевищує необхідний час роботи пристрою і є нерентабельним.

Виклад основного матеріалу

Для діагностики і тестування гідравлічних приводів мобільних машин в експлуатаційних умовах пропонується застосування тестера з можливістю його підключення до діагностуємого гідроприводу [5].

Гідравлічний тестер (рис. 1) складається з вхідного приєднувального пристрою 1, з'єданого з трубопроводом 2, на якому паралельно встановлено манометр 3 з приладом відліку часу 4 і датчик температури гідрорідини 5. Також на трубопроводі 2 послідовно встановлені регульований дросель 6 і двопозиційний гідророзподільник 7, що має положення А і Б. Вихідний патрубок розподільника 7 для положення А приєднаний до трубопроводу 8, з послідовно встановленим витратоміром 9, який через зворотний клапан 10 підключений до вихідного приєднувального пристрою 11, а для положення Б – до вхідного патрубка гідродвигуна 12, вал якого з'єднано з навантажувачем у вигляді гальма 13. Вихідний патрубок двигуна 12 через зворотний клапан 10 підключений до приєднувального пристрою 11. Також на трубопроводі 2, між датчиком температури 5 і дроселем 6, підключений запобіжний клапан 14, з можливістю регуляції тиску спрацьовування. Гідропривід (рис. 2), що діагностується, складається з гідронасоса 15, що подає гідрорідину по гідролінії 16, на якій встановлена швидкоз'ємна муфта 17.

На напірній магістралі встановлено розподільник 18, за яким встановлена швидкоз'ємна муфта 19, патрубок якої приєднаний до гідродвигуна 20.

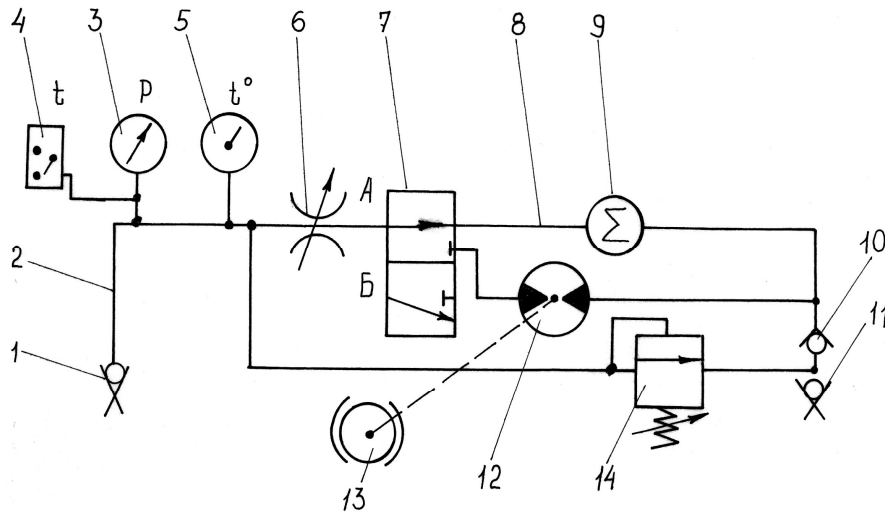


Рис. 1 Схема тестера

У гідравлічному тестері приладом відліку часу 4 є реле тиску. Діагностика надійності насоса 15 може здійснюватися декількома способами, залежно від виду створюваного навантаження, або без навантаження взагалі. Основні діагностованні параметри насоса – час наростання тиску до номінального значення і вимірювання продуктивності насоса. Діагностика насоса 15 за часом наростання тиску виконується наступним шляхом:

– гідравлічний тестер приєднується за допомогою спеціальних пристроїв 1 і 11 відповідно до муфт 17 і 19 діагностуемого гідроприводу.

Гідророзподільник 7 встановлений в початкове положення А, манометр 3 з приладом відліку часу 4 задають на певний тиск: нижній контакт приладу 4 налаштовують на спрацьовування при заданому найнижчому значенні тиску, верхній – на спрацьовування при заданому щонайвищому значенні тиску. Дросель 6 повністю закривають, а запобіжний клапан 14 налагоджують на відкриття при тиску, що більше значення тиску спрацьовування верхнього контакту приладу 4. Тиск сприймається трубчастою манометричною пружиною. Переміщення кінця пружини за допомогою системи важелів передається контактному пристрою, що складається з двох ртутних перемикачів (нормально замкнутого і нормально розімкненого). Регулювання тиску і часу спрацьовування здійснюється зміненням зазору.

Завдяки цьому можна визначити час наростання тиску до заданого значення.

Існують інші можливості створення навантажень на діагностований насос 15 для перевірки його на час зростання тиску: при необхідності можна частково відкрити дросель 6, створюючи таким чином деяке постійне навантаження на діагностований насос 15.

При вмиканні положення А розподільника 7 рідина пройде через витратомір 9 до приєднувального пристрою 11 і, таким чи-

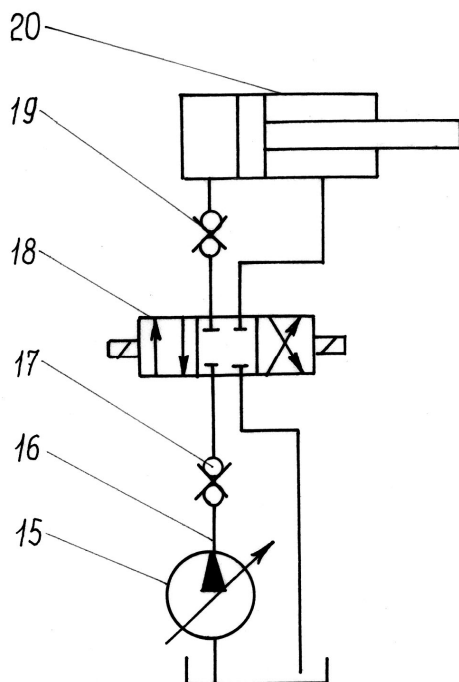


Рис. 2 Схема гідроприводу, що діагностується

ном, навантаження на насос 15 створюватиметься тільки за рахунок дроселя б і визначатиметься подачею насоса під певним навантаженням і тиском, який вимірюється манометром 3.

При перемиканні в положення Б розподільника 7 рідина піде до вхідного патрубку двигуна 12, з'єднаного з навантажувачем у вигляді гальма 13, завдяки якому можна створювати певні попередньо задані навантаження. Також можна створити тільки пульсуючі навантаження на діагностованому насосі 15 за рахунок клапана 14. Для цього необхідно повністю закрити дросель б – у такому разі рідина піде через клапан 14, який можна наперед відрегулювати на певне значення тиску спрацьовування.

Для визначення подачі насоса розподільник 7 встановлюється в положення А, рідина піде від з'єднувального пристрою 1 через трубопровід 2, дросель б і розподільник 7 до витратоміра 9, і далі – до приєднувального пристрою 11.

Висновки

В результаті проведених досліджень розроблена методика, що дозволяє визначати оптимальні час і кількість випробувань машин з гідравлічним приводом, а також прилад для їх діагностики і тестування.

Використання тестера дозволяє визначати параметри гідроприводу машини без додаткових операцій по його розборці, що значно зменшує вартість випробувань.

Таким чином, можна тестувати гідропривод на максимально можливий тиск і час створення номінального тиску за різних умов навантаження, перевіряти продуктивність його насоса, температуру рідини за оптимальних кількості і часом випробувань.

Література

1. *Комаров А.А.* Надежность гидравлических систем. М.: Машиностроение, 1969. 235 с.
2. *Переверзев Е.С., Чумаков Л.Д.* Параметрические модели отказов и методы оценки надежности технических систем. – Киев, Наук. думка, 1989. – 270 с.
3. *Капур К., Ламберсон Л.* Надежность и проектирование систем: Пер. с англ./Под ред. И.А. Ушакова. М.: Мир, 1980. 604 с.
4. *Пелевин Л.Е., Власов В.В., Кравидз С.В.* Моделирование случайных нагрузок при стендовых испытаниях землеройных машин. Сб. докладов XIV Международной научно-технической конференции "Механизация и автоматизация земляных работ" 24-27 сентября 1991, г. Киев, 1991, С.239-242.
5. *Пелевин Л.Е. і ін.* Стенд для випробування гідравлічних насосів. Декларац. патент України № 8923, Бюл. №8, 2005.

Рецензент: О.М. Гаркавенко, к.т.н., доцент (КНУБА)

Отримано: 07.12.2009р.