

3. Справочник по сопротивлению материалов / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. – Киев: Наук. думка, 1988. – 736 с.
4. Бондаренко Л.І., Довбня М.П., Ловейкін В.С. Деформаційні опори в машинах. – Дн-ськ: Дніпро – VAL, 2002. – 200 с.

---

УДК 631.372

Калганков Є.В.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ ДІАГНОСТУВАННЯ АГРЕГАТІВ ОБ'ЄМНИХ ГІДРОПРИВОДІВ ТРАНСМІСІЇ МОБІЛЬНИХ МАШИН**

Проведены исследование и анализ методов диагностирования технического состояния агрегатов объёмного гидропривода трансмиссии. Обоснованы наиболее эффективные.

### **DISCOURSE OF DIRECTIONS OF DIAGNOSTICS OF UNITS OF VOLUME HYDRAULIC DRIVES OF TRANSMISSION OF MOBILE MACHINES**

Research and analysis of methods of diagnostics of the technical state of units of volume hydraulic drive of transmission are conducted. The most effective ones are grounded.

На даний момент об'ємний гідропривід трансмісії є основним типом приводу мобільних машин, які використовуються в різних галузях народного господарства [1].

Як показують дослідження, на долю об'ємного гідроприводу трансмісії припадає близько 30 % відмов всієї машини [2]. У зв'язку з цим посилилась актуальність питань по підвищенню надійності гідроприводів трансмісії мобільних машин, а саме підвищення рівня їх технічної готовності. Підприємства, що експлуатують машини оснащені об'ємним гідроприводом трансмісії для підвищення та збереження надійності використовують планово-запобіжну систему ремонтів і технічних обслуговувань [3-6].

Але використання даної системи не в повній мірі забезпечує необхідний рівень надійності гідроприводу і призводить до значних витрат часу та коштів на проведення ремонтно-обслуговуючих робіт [2].

З метою зменшення витрат на технічне обслуговування та ремонт гідроприводу необхідно використовувати прогресивні методи та засоби діагностування технічного стану об'ємного гідроприводу трансмісії. Використання системи технічного діагностування дозволить визначити вид робіт, які необхідно провести гідроприводу, дасть можливість регулювати терміни їх проведення та виключити необґрунтоване потрапляння агрегатів гідроприводу в ремонт.

Питання діагностування гідроприводів та окремих його агрегатів розглядаються в цілому ряді робіт таких авторів як: Т.М. Башта, В.А. Васильченко, А.А. Камаров, Р.А. Макаров, Т.А. Сиріцин, А.М. Харазов, А.М. Шолам, П.М. Черейський та інших.

Отримані ними результати актуальні і мають важливе значення для подальшого дослідження питань з діагностування гідроприводів. Проте питання діагностування агрегатів гідроприводу трансмісії і сільськогосподарської техніки розглянуті ними недостатньо.

Таким чином питання діагностування агрегатів гідроприводу трансмісії сільсько-господарчої техніки з урахуванням загальних вимог потребують подальшого дослідження.

Так, аналізуючи сукупність методів і засобів діагностування, ОГТ треба виділити ефективні інформативні та порівняно недорогі, тобто ті, що дадуть достовірну і вичерпну інформацію про стан гідроприводу.

Метою досліджень була аналітична оцінка можливості використання різних способів та засобів діагностування при визначенні технічного стану об'ємного гідроприводу трансмісії, а також обґрунтування найбільш ефективних.

В цілому методи діагностування можна розділити на суб'єктивні і об'єктивні.

Суб'єктивні методи дозволяють дати оцінку технічного стану об'єкта діагностування органоліптично (наявність тріщин, підтікання робочих рідин, підвищення температури, забруднення робочої рідини, підвищений рівень вібрацій, стуки, шуми і т.д.).

Перевагою суб'єктивних методів є їх дешевизна та низька трудомісткість проведення діагностичних робіт.

Але результати використання суб'єктивних методів залежать від кваліфікації та досвіду діагноста і дають якісну оцінку технічного стану гідроприводу трансмісії.

Об'єктивні методи діагностування передбачають використання різноманітних вимірювальних пристроїв, інструментів, стендів, тестерів і інших, які дають кількісну оцінку технічного стану гідроприводу трансмісії. В процесі діагностування використовується багато різних засобів контролю вихідних параметрів гідроприводу, що, в свою чергу, обумовлює використання різноманітних методів діагностування.

На даний момент відомо ряд об'єктивних методів та засобів діагностування як машини в цілому, так і окремих її систем і агрегатів.

Аналізуючи рекомендації [5-7], можна виділити найбільш ефективні методи діагностування гідроприводів: віброакустичний, статопараметричний, нефелометричний, метод еталонних залежностей, за нормованими параметрами.

Вибір методів діагностування суттєво залежить від умов експлуатації гідроприводу, а також оснащеності експлуатаційних підрозділів засобами діагностування.

При діагностуванні стаціонарних машин, оснащених гідроприводом використовується віброакустичний метод [8] оснований на аналізі параметрів вібрації та акустичних шумів. Робота будь-якої складальної одиниці супроводжується віброударними процесами або акустичними шумами, що утворюються в процесі експлуатації за рахунок зміни закладених в процесі проектування кінематичних взаємозв'язків між деталями приводу внаслідок його характер вібрації та шуму змінюється.

Ці сигнали використовуються під час діагностування об'єкта.

Сигнали носять імпульсивний характер, а їх амплітуда досить точно характеризує стан кінематичної пари. Даний метод перспективний і володіє досить високою інформативністю. Але відокремлення корисних сигналів від перешкод, що створюються різноманітними спряженнями контролюємої системи та дорожнеча обладнання обмежують його використання.

Нефелометричний метод оснований на порівнянні інтенсивності двох світлових потоків: розсіяного еталонною рідиною, яка не містить забруднень, та рідиною такого ж типу, але взятого з ємності працюючого об'єкту. Інтенсивність розсіяного світла пропорційна концентрації часток в рідині і залежить від їх оптичних властивостей, кутів падіння і розсіювання світла. Використання даного методу не може дати оцінку технічного стану окремих деталей чи з'єднань гідроприводу і дає оцінку з великою похибкою так як в робочій рідині окрім продуктів змащення є ще й механічні домішки, що потрапляють в систему із атмосфери. Розділити їх майже неможливо.

При використанні методу еталонних залежностей порівнюються експериментально отримані функціональні залежності параметрів діагностуемого гідроприводу з еталонними залежностями, що були отримані експериментальним чи теоретичним шляхом.

Метод еталонних залежностей набагато складніший від багатьох методів діагностування через свою складність і оцінку технічного стану окремих агрегатів, а не їх складових частин.

Найбільш перспективним є метод діагностування гідроприводу за нормованими параметрами [5, 7]. Даний метод оснований на порівнянні експериментального отриманих значень параметрів гідравлічного приводу та його окремих агрегатів (ККД, потужності, крутних моментів, тиску, подачі, переміщень, температури і т.д.) з їх паспортними значеннями або з нормами технічних умов.

Метод нормованих параметрів в свою чергу поділяються на статопараметричний та силовий.

Силовий метод не знайшов широкого використання із-за енергоємного навантажувального обладнання.

Більш перспективним є статопараметричний метод, який оснований на вимірюванні параметрів устаткованого задрозельованого потоку робочої рідини. Цей метод знайшов широке застосування при діагностуванні гідравлічних агрегатів як стаціонарних установок, так і мобільних машин.

Але висока трудомісткість підключення датчиків та необхідність розгерметизації системи і використання датчиків різних типорозмірів дещо обмежує його використання. Також його застосування обмежує і необхідність використання навантажувальних пристроїв для підтримання номінального тиску в системі.

Останнім часом інтенсивно розроблюється термодинамічний метод, який є різновидом статопараметричного але усуває його недоліки.

Діагностування термодинамічним методом дозволяє визначити технічний стан як гідроприводу в цілому, так і окремих його вузлів і деталей. Суть методу полягає у вимірюванні температури на вході в агрегат та на виході з нього і по перепаду температур визначати повний ККД агрегату.

Основною перевагою даного методу є можливість його використання в умовах експлуатації без зняття агрегату з машини.

Недоліком даного методу є те, що досить мало даних за якими можна визначити технічний стан об'єкта діагностування (теплофізичні властивості рідини, процес передачі тепла від несправного вузла в рідину або на корпус, на сьогодні необґрунтовано найбільш ефективні контрольні точки та інше).

В роботі [9] вказується, що найбільш ефективним показником технічного стану гідроприводу є – об'ємний ККД і контролювати його необхідно статопараметричним методом, замірюючи втрати робочої рідини. Але даний метод потребує роз'єднання системи.

В роботі [10] пропонується визначити технічний стан гідроприводу термодинамічним методом. Саме цим методом можна визначити як об'ємний ККД всього агрегату так і технічний стан окремих з'єднань та деталей. Але дослідження були проведені на якісному рівні і носять більш рекомендаційний характер.

Нашими дослідженнями встановлено, що про технічний стан гідроприводу свідчать такі показники як тиск в дренажній магістралі, який збільшується внаслідок втрати робочої рідини в з'єднаннях качаючого вузла гідроприводу та температура робочої рідини дренажної магістралі.

Таким чином можна сказати, що найбільш ефективними методами діагностування гідроприводу будуть статопараметричний та термодинамічний методи.

Для забезпечення методів діагностування необхідне використання засобів діагностування (стендів, тестерів і т.д.).

До теперішнього часу створено досить обмежена кількість вітчизняних засобів діагностування гідроприводів, більшість із них реалізують стато-параметричний, кінематичний та силовий методи, і як недолік процес діагностування відображає властиві їм недоліки.

Найбільш широкого використання в практиці діагностування гідроприводів отримав пристрій КИ-1097 ГОСНИТИ. Він представляє собою витратомір постійного перепаду тиску на діафрагмі, прохідний переріз якої змінюється поворотом золотника з розташованою по спіралі щілиною. Градуйована характеристика пристрою, нанесена на шкалу рукоятки повороту золотника, дозволяє оцінювати витрату робочої рідини на виході діагностуємої складової частини гідроприводу тільки при протivotиску 10 МПа і певній в'язкості робочої рідини, що суттєво обмежує область використання витратоміра.

Із розглянутих діагностичних засобів випускається серійно тільки пристрій КИ-1097 ГОСНИТИ з комплектом перехідних пристроїв (КИ-5473 ГОСНИТИ).

До розроблених і серійно виробляємих засобів діагностування гідроприводів тракторів може бути також віднесено стаціонарний навантажувальний пристрій стенда КИ-8927 ГОСНИТИ, який реалізує «силовий» метод діагностування стосовно до гідроприводу начіпного обладнання.

Ряд організацій ведуть роботу по реалізації «статопараметричного» методу в електронних вимірювальних пристроях. Так, в інституті ВІИНмаш створено електронний гідротестер ГТ-1, призначений для діагностування гідроприводів будівельно-дорожніх машин. Прилад дозволяє підвищити точність діагностування, однак не забезпечує зниження трудомісткості діагностування.

Компанією «ГідроСпецПрибор» (м. Омськ) розроблено серію гідротестерів ГТ-600, ГТ-600М які призначені для визначення технічного стану (витрата робочої рідини, температура та об'ємний ККД) гідроагрегату безпосередньо на машині. Але основним недоліком приладу є необхідність розгерметизації гідравлічної системи для встановлення гідротестера.

Наглядовою ілюстрацією можливостей електронних вимірювальних пристроїв може служити, створений ХАДІ гідротестер з накладним тепловим витратоміром, який також призначений для діагностування гідроприводів будівельно-дорожніх машин. Прилад дозволяє знизити трудомісткість діагностування за рахунок виключення необхідної роз'єднувати трубопроводи для вимірювання витрат робочої рідини. Однак він потребує встановлення датчика на вихід кожної діагностуємої складової частини, що не завжди можливо.

Суттєвий інтерес представляє розроблений заводом №20 Міністерства цивільної авіації індикатор ультразвукових коливань ИКЦ-1, який реалізує віброакустичний метод діагностування і призначений для оцінки витрат робочої рідини в розподільних пристроях гідроприводів.

За кордоном, в США, Японії, Німеччині, Польщі використовуються переносні пристрої, які дозволяють вимірювати витрату робочої рідини та її тиск і температуру тобто, реалізують, як правило, статопараметричний метод діагностування. Типовим представником таких приладів виступає розроблений в США гідротестер фірми Nuday-Hydro Onalzyet. Відмінністю приладу в порівнянні з вітчизняними являється більш висока точність вимірювання діагностичних параметрів в більш широкому діапазоні їх вимірювання.

Для забезпечення виконання діагностування існують зовнішні та вмонтовані засоби проведення діагностичних робіт [11-15].

В якості вмонтованих засобів використовують датчики тиску та температури.

Зовнішні засоби діагностування – це стенди, діагностично-вимірювальні установки, гідротестери та автономні прилади, які в свою чергу передбачають діагностування гідроприводу як безпосередньо на машині так і зі зняттям.

Порівняльна характеристика деяких засобів діагностування наведена в табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика засобів діагностування

Засіб діагностування	Параметр								Необхідна розгерметизація системи	Вага, кг
	Температура	Тиск	Об'ємний ККД	Потужність	Витрата рідини	Частота обертання валів	Вібрації	Забрудненість робочої рідини		
Гідротестер ГТП-МП	+	+	+	-	+	-	-	-	+	6,5
Гідротестер ГТ-600М	+	+	+	-	+	-	-	-	+	8
Гідротестер ГТ-350	-	+	+	-	+	-	-	-	+	10,5-12
Аналізатор забруднення рідини АЗЖ-02М	+	-	-	-	-	-	-	+	-	1,4
Прилад мікропроцесорний МП-2005/01	+	+	+	-	+	+	-	-	+	7,5
Гідротестер ДНМ4-03	+	+	+	-	+	-	-	-	+	7
Гідротестер RFIK 200	+	+	+	-	+	-	-	-	+	5
Віброметр ЯНТАРЬ	-	-	-	-	-	-	+	-	-	0,5

Дані таблиці показують, що більшість діагностичних приладів контролюють відхилення параметрів гідроприводу від вимог технічних умов і потребують розгерметизації системи. Діагностування такими приладами потребує багато часу 4-4,5 години [9]. Також пристрої мають значну вагу і їх використання в умовах експлуатації викликає певні труднощі. Тому необхідно розробити прилад за допомогою якого можна було б швидко та якісно визначити технічний стан гідроприводу і по можливості без розгерметизації останнього.

**Висновки.** Огляд існуючих методів діагностування агрегатів гідроприводу трансмісії показує, що для визначення технічного стану його агрегатів без їх розбирання можна застосувати статопараметричний та термодинамічний методи діагностування.

Реалізація запропонованих методів дозволяє на початковій стадії експлуатації гідравлічних агрегатів визначити їх технічний стан без демонтажу, що дозволить знизити трудомісткість діагностувальних робіт на 15-20 %.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. <http://www.hydrasila.com>.
2. Мельянов П.Т. Опыт ремонта гидропривода ГСТ-90 на ремонтных предприятиях / П.Т. Мельянов, Б.Г. Харченко, И.Г. Голубев. – М.: АгроНИИТЭИИТО, 1989. – 41 с.
3. МДС 12-20.2004. Механизация строительства. Организация диагностирования строительных и дорожных машин. Диагностирование гидроприводов.
4. ГОСТ 25044-81. Техническая диагностика. Диагностирование автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных, строительных и дорожных машин. Основные положения.
5. Башта Т.М. Техническая диагностика гидравлических приводов / Т.М. Башта, Т.В. Алексеева, В.Д. Бабанская. – М.: Машиностроение, 1989. – 264 с.
6. Макаров Р.А. Средства диагностики машин. – М.: Машиностроение, 1981. – 223 с.
7. Хазаров А.М. Техническая диагностика гидроприводов машин. – М.: Машиностроение, 1979. – 311 с.
8. Барков А.В., Баркова Н.А. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Анализ вибрации: Учебное пособие. – СПб.: Изд. центр СПбГМУ, 2004. – 152с.
9. Алексеенко А.П. Совершенствование технологии диагностирования гидропривода одноковшовых строительных экскаваторов по объёмному коэффициенту полезного действия: Канд. дисс. – Санкт-Петербург, 2002. – 180 с.

10. Мельянцева П.Т. Выбор контролируемых параметров технического состояния гидропривода трансмиссии комбайнов и их нормирование (на примере комбайна КСК-100): Канд. дисс. – НИТИ ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка. – М., 1995. – 197 с.
11. Технические средства диагностирования: Справочник / В.В. Клюев, П.П. Пархоменко, В.Е. Абрамчук и др.; под общ. ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
12. <http://www.zao.vniisdsm.ru> – сайт института ЗАО «ВНИИСТРОЙДОРМАШ».
13. <http://www.hydrotester.vdnh.ru> – сайт компании ЗАО ТПП «СЕДАП ПЛЮС».
14. <http://www.diag-meas.ru>.
15. <http://www.hydrotester.vdnh.ru>.

УДК 631.316.022.4

Пугач А.М.

## ОБҐРУНТУВАННЯ КУТА НАХИЛУ НАПРАВЛЯЮЧОЇ ПОВЕРХНІ КУЛЬТИВАТОРНОЇ ЛАПИ З ЕЛЕМЕНТАМИ ЛОКАЛЬНОГО ЗМІЦНЕННЯ

Проаналізовано закономірності зносу стрілочастих лап культиватора після локального зміцнення з метою отримання направлено зносу робочої поверхні. Встановлено, що отримані таким чином зубці впливають на кутові параметри лапи. Аналітично обґрунтовано кут нахилу направляючої поверхні культиваторної лапи.

### SUBSTANTIATION OF INCLINATION ANGLE OF GUIDE SURFACE OF CULTIVATION CLAW WITH ELEMENTS OF LOCAL STRENGTHENING

The regularities of cultivator arrow-shaped claws wear after local strengthening with a view to get a direct wear of working surface are analyzed. It is found out that claws, received in such a way, influence angle parameters of claws. The guide surface inclination angle was analytically grounded.

**Постановка проблеми.** Стрілочасті лапи являють собою основний робочий орган для поверхневого обробітку ґрунту. Від їх параметрів в значній мірі залежать якісні показники процесу. Як один з варіантів існує метод локального зміцнення леза лап з метою формування зубчастого профілю. Але як показали дослідження внесенні конструктивні зміни суттєво впливають на інші конструктивні параметри лапи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз теоретичних та практичних напрацювань в галузі удосконалення стрілочастих лап вказує на те, що підвищення їх підрізаючої спроможності та зносостійкості вирішується в основному за рахунок оптимізації профілю ріжучої кромки пристосовно до конкретних ґрунтових умов. При цьому, основний напрямок удосконалень спрямований на оптимізацію траєкторії руху, створення режиму різання з прискоренням та ковзанням. В роботі [1] аргументована доцільність застосування і останні досягнення в розробці конструкцій культиваторів та стрілочастих лап. В [2-4] обґрунтовано вплив елементів локального зміцнення на якісні показники роботи стрілочастих лап.

**Постановка проблеми.** Метою статті є обґрунтування кута нахилу направляючої поверхні культиваторної лапи з елементами локального зміцнення.

**Виклад основного матеріалу.** Прямолінійна направляюча, котра являється першопочатковою формою леза, розташовується під кутом  $\gamma_0$  до напрямку руху культиваторної лапи.

В процесі роботи, при наявності елементів локального зміцнення, на лезі утворюються зуби, що мають профіль  $KE$ , так як це показано на рис. 1.

У відповідно до [5] профіль зуба апроксимується логарифмічною спіраллю, при цьому кут  $\gamma_1$  нахилу дотичної до профілю зуба в точці  $K$  більше, ніж в точці  $E$  (рис. 1, а). При роботі лапи внаслідок зносу параметр, що визначає кривизну логарифмічної спіралі, котрим являється кут між дотичною і радіус – вектором, зростає,