

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ І ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ**

Кафедра технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін

ДИПЛОМНА РОБОТА

НА ТЕМУ:

**«ОПТИМІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ГІДРАВЛІЧНИХ
ТРАНСМІСІЙ МОБІЛЬНИХ МАШИН ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНІЧНОГО
ДІАГНОСТУВАННЯ»**

Виконав:

здобувач освітнього ступеня «Магістр»
освітньо-професійної програми
«Агроінженерія» спеціальності
208 «Агроінженерія» заочної форми
навчання

ПИЛИП'ЮК Владислав Миколайович

Керівник:

канд. техн. наук, доцент

ОЛЕНЮК Олександр Анатолійович

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів ____.

Шкала ECTS ____.

«____» _____ 20__ р.

Допускається до захисту:

«____» _____ 20__ р.

Гарант освітньо-професійної програми «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія», канд. техн. наук, доцент,

ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович

ЗМІСТ

Завдання на виконання дипломної роботи.....	4
Анотація.....	6
Реферат	7
ВСТУП.....	8
1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	13
1.1. Аналіз матеріалів по відмовам гідравлічних агрегатів та їх впливу на роботоздатність гідроприводу	13
1.2. Аналіз заходів по підтриманню роботоздатного стану агрегатів трансмисії в умовах експлуатації	15
1.3. Характеристика існуючої системи контролю технічного стану гідроприводу	17
1.4. Методи технічного діагностування об'ємних гідроприводів та їх елементів	23
1.5. Аналіз засобів діагностування агрегатів гідроприводу трансмісії мобільних машин	27
1.6. Мета й завдання досліджень	29
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ АГРЕГАТІВ ГІДРАВЛІЧНИХ ТРАНСМІСІЙ	31
2.1. Розробка причинно-наслідкової моделі втрати працездатності гідроприводу трансмісії.....	31
2.2. Визначення параметрів емпіричного розподілу та кількісної характеристики надійності агрегатів.....	35
2.3. Визначення технічного стану агрегатів гідравлічної трансмісії термодинамічним методом діагностування.....	38
2.4. Обґрунтування способу контролю технічного стану аксіально- поршневих гідромашин за об'ємними втратами.....	47
3. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	53
3.1. Програма досліджень.....	53

3.2. Експериментальна установка для досліджень гідроприводу трансмісії.....	54
3.3. Методика визначення впливу зношення кільцевої опори п'яти плунжера на температурний режим з'єднання «п'ята плунжера-похила шайба»	57
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. РОЗРОБЛЕННЯ АЛГОРИТМІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ГІДРОПРИВОДУ	59
4.1. Вплив зношення кільцевої опори п'яти плунжера на температурний режим роботи качаючого вузла	59
4.2. Результати контролю технічного стану аксіально-поршневих гідромашин за градієнтом тиску в дренажній магістралі.....	65
4.3. Алгоритми діагностування гідроприводу	67
4.4. Засоби діагностування гідравлічного приводу в умовах експлуатації	70
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	74
5.1. Основні вимоги охорони праці для лабораторії з дослідження гідроагрегатів.....	74
5.2. Перевірочні розрахунки вентиляції і освітлення для лабораторії з дослідження гідравлічних агрегатів	76
5.3. Заходи по поліпшенню умов праці.....	79
5.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	79
6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	82
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	94
ДОДАТОК А Граф причинно-наслідкової моделі втрати працездатності гідроприводу ГСТ-90	97
ДОДАТОК Б Карта небезпечних зон та вимоги безпечної роботи	98
ДОДАТОК В Копії друкованих статей	99
ДОДАТОК Г Матеріали комп'ютерної презентації	100

ВСТУП

Актуальність теми. Технічний рівень сучасних машин сільськогосподарського призначення постійно підвищується. В значній мірі це обумовлюється продовжувачим процесом їх гідрофіксації. Суттєво підвищуються експлуатаційні характеристики самохідних мобільних машин за рахунок заміни у них клинопасових передач в трансмісії на об'ємний гідропривід трансмісії. Застосування об'ємного гідроприводу трансмісії дає можливість забезпечити безступеневе регулювання швидкості руху і сили тяги на всьому діапазоні передач, широкі можливості автоматизації керування в оптимальному режимі роботи, знизити час на переключання передач, збільшити середню швидкість руху, понизити витрати палива та підвищити продуктивність комбайна на 10...15 % завдяки ефективності роботи на всіх експлуатаційних режимах.

До недоліків, які обумовлюються застосуванням об'ємним гідроприводом трансмісії слід віднести зменшення на 8..10 % коефіцієнта корисної дії в порівнянні з механічними трансмісіями, високі вимоги висуваються до ущільнень агрегатів, якості матеріалів і очищення робочої рідини в зв'язку з високим тиском гідросистеми.

Найбільше розповсюдження для застосування в об'ємному гідроприводі трансмісії знайшли аксіально-плунжерні гідравлічні приводи ГСТ-90, а також фірми «Sauer», основними агрегатами яких являються дві аксіально-плунжерні гідромашини (насос і мотор).

Аналіз експлуатаційної надійності мобільних машин, оснащених об'ємним гідроприводом трансмісії, показує, що близько 30% відмов обумовлюється відказами, які припадають на гідравлічну систему трансмісії. Більш детальний аналіз відказів показує, що основна їх кількість обумовлюється експлуатаційними відказами. Забезпечення експлуатаційної надійності гідравлічних агрегатів формується при проєктуванні і підтримується в умовах експлуатації.

До основних заходів, які формують експлуатаційну надійність, відносяться: проведення регламентних ремонтно-обслуговуючих робіт які формуються згідно комплексної системи технічного обслуговування і ремонту; розроблення і реалізація ефективних методів діагностування; впровадження прогресивних технологій що забезпечить їх довговічність в умовах експлуатації.

Наведені заходи являються складовими частинами такої властивості надійності як ремонтпридатність. Основні задачі, які вона розглядає щоб забезпечити показники надійності гідроагрегатів в умовах експлуатації: формування видів регламентно-обслуговуючих робіт та їх періодичності, розроблення методів та засобів швидкого виявлення і усунення відмови. Таким чином виявлення резервів при проведенні ремонтно-обслуговуючих робіт для гідравлічних агрегатів трансмісій дозволить підвищити експлуатаційну надійність гідроагрегатів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами досліджень. Робота виконувалась у відповідності з переліком пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок затверджених Постановою Кабінету Міністрів України.

Мета і завдання досліджень. Метою даної роботи є підвищення експлуатаційної надійності гідравлічних трансмісій мобільних машин за рахунок оптимізації їх технічного обслуговування та впровадження ефективних методів діагностування технічного стану агрегатів. Забезпечення надійної роботи гідравлічних агрегатів вимагає своєчасного виявлення несправностей, попередження їх розвитку, а також зменшення витрат на технічне обслуговування і ремонт.

Для досягнення цієї мети у дослідженні було поставлено наступні основні завдання:

- Аналіз наявних методів діагностування гідравлічних трансмісій. Проведення детального аналізу існуючих технологій і підходів до

діагностування гідравлічних систем мобільних машин з метою виявлення недоліків та можливостей для їх удосконалення.

- Розробка моделей діагностування технічного стану гідравлічних агрегатів. Обґрунтування та створення алгоритмів, які дозволяють оцінювати стан гідравлічних систем без демонтажу обладнання, що дає змогу знизити витрати на ремонт і час простою техніки.

- Дослідження впливу зношення елементів гідравлічних трансмісій на їх надійність. Визначення основних показників, що впливають на зношування деталей гідравлічних машин, та виявлення критичних значень параметрів, які сигналізують про необхідність проведення технічного обслуговування або ремонту.

- Експериментальна перевірка розроблених методів діагностування. Проведення експериментальних досліджень для перевірки ефективності запропонованих алгоритмів діагностування в умовах реальної експлуатації мобільних машин. Оцінка отриманих результатів та їх вплив на зниження експлуатаційних витрат і підвищення надійності техніки.

- Розробка рекомендацій щодо впровадження діагностичних систем у практику технічного обслуговування. Надання рекомендацій для сільськогосподарських підприємств щодо впровадження систем діагностування та оптимізації технічного обслуговування мобільних машин з гідравлічними трансмісіями.

Реалізація поставлених завдань дозволить значно підвищити ефективність експлуатації сільськогосподарських машин, знизити витрати на ремонт та обслуговування, а також забезпечити тривалу і безперебійну роботу техніки в умовах інтенсивної експлуатації.

Об'єкт дослідження – технічний стан аксіально-поршневих гідромашин.

Предмет дослідження – процеси зміни параметрів технічного стану деталей аксіально-поршневих гідромашин та методи діагностування їх технічного стану.

Методи досліджень. Методи досліджень, використані в роботі, охоплюють комплекс теоретичних, експериментальних та аналітичних підходів для досягнення поставлених завдань. На першому етапі було проведено аналітичний огляд науково-технічної літератури з метою визначення сучасних методів діагностування та підтримки технічного стану аксіально-плунжерних гідромашин. Основна увага була приділена методам діагностування для забезпечення експлуатаційної надійності гідравлічних трансмісій. На основі цього огляду було розроблено алгоритми діагностування технічного стану агрегатів.

Для виявлення залежностей між технічним станом деталей та експлуатаційними параметрами були проведені експериментальні дослідження. В процесі досліджень вимірювалися такі параметри, як тиск робочої рідини, температурний режим, об'ємні та механічні втрати. Крім того, було застосовано математичне моделювання для визначення впливу зношення елементів гідромашин на їх продуктивність і ефективність. Для аналізу отриманих експериментальних даних використовувалися статистичні методи, що дозволило встановити найбільш ефективні режими експлуатації та діагностування агрегатів.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані в результаті досліджень наукові дані мають безпосереднє практичне значення для підвищення експлуатаційної надійності гідравлічних трансмісій мобільних машин. Розроблені алгоритми діагностування дозволяють проводити ефективну оцінку технічного стану агрегатів без їх демонтажу, що значно знижує витрати на технічне обслуговування та скорочує простої техніки. Впровадження запропонованих методів діагностування в умовах господарств дозволяє підвищити продуктивність машин та зменшити витрати на ремонт.

Застосування результатів роботи сприятиме зниженню ймовірності раптових відмов гідравлічних агрегатів і, як наслідок, підвищенню надійності та довговічності сільськогосподарської техніки. Це особливо актуально для підприємств, які експлуатують техніку в інтенсивних умовах, адже своєчасне

виявлення несправностей дозволяє запобігти аварійним ситуаціям і знизити експлуатаційні витрати.

Апробація результатів роботи. За матеріалами роботи опубліковано статтю у збірнику наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. Роботоздатність гідроприводу обумовлюється головним чином впливом об'ємних і механічних втрат на вихідні параметри M і n . При цьому об'ємні втрати обумовлюються технічним станом сполучень «розподільник-приставне дно», «втулка блоку-плунжер», а також технічним станом качаючого вузла насоса підживлення, а механічні втрати гідроприводу обумовлюються технічним станом сполучень: «п'ята плунжера - опора», «п'ята плунжера - похила шайба», а також руйнуванням шліцьових з'єднань і опорних підшипників вала.

2. Отримані результати статистичної надійності показують, що порушення технічного стану складових і спряжень гідроагрегатів за статистичними даними становить: качаючий вузол гідронасоса – 41,93 %, качаючий вузол гідромотора – 24,98 %, система підпитки – 9,13 %, система регулювання робочого об'єму – 9,37 %.

3. Ймовірності безвідмовної роботи гідравлічної трансмісії для сумісної появи кількох незалежних подій показують, що більш точніше ймовірнісну картину відмов показують математичні розрахунки ймовірності більш точніше відображують ймовірнісну картину відмов: качаючий вузол гідронасоса – 36,2 %, качаючий вузол гідромотора – 22,7 %, система підпитки – 8,86 %, система регулювання робочого об'єму – 9,2 %.

4. Приведена методика дозволяє провести діагностування аксіально-поршневих гідромашин термодинамічним методом за допомогою контролю наступних діагностичних параметрів $\eta_n, \eta_{зм}, \eta_{об}, \kappa_{вн.}, \kappa_{дрен.}$ і дати оцінку структурним параметрам технічного стану деталей спряжень качаючого вузла.

5. Для контролю технічного стану аксіально-поршневих гідромашин гідравлічних трансмісій за наявності механічних втрат, в якості діагностичного параметра необхідно застосовувати контроль ($\Delta T_{дрен.}$)

перепаду температури робочої рідини між дренажною і забірною магістралями.

6. Запропонований спосіб діагностування технічного стану аксіально-поршневих гідромашин по градієнту тиску робочої рідини із дренажної магістралі за часом, при переводі гідромашини з холостого режиму роботи на номінальний, дає можливість зробити висновок про її фактичний стан, величину зношення деталей в спряженнях, які обумовлюють об'ємні втрати і прогнозувати залишковий ресурс.

7. Трудомісткість діагностування гідравлічної трансмісії по градієнту тиску робочої рідини із дренажної магістралі за часом, при переводі гідромашини з холостого режиму роботи на номінальний, на 30% менше за інші існуючі способи діагностування за рахунок суттєвого скороченням часу тривалості основної операції діагностування - контролю тиску при переводі роботи гідромашини з холостого режиму на номінальний.

8. Забезпечення можливості оцінки технічного стану повної системи структурних параметрів качаючих вузлів гідронасоса й гідромотора окремо, що визначає роботоздатність гідроприводу, можливе при реалізації раціональних умовних алгоритмів діагностування.

9. Використання на деяких етапах діагностування відповідних кроків алгоритму заявочного діагностування дозволяє визначити технічний стан практично всіх вузлів і сполучень гідроприводу, які обумовлюють істотний вплив на його роботоздатність.

10. Реалізація гідротестера ДНМ403 дає можливість забезпечити максимальну точність вимірювання для широкого діапазону розходу робочої рідини в обох напрямках її потоку, оперативність контролю технічного стану, високий технічний рівень і ефективність технічного діагностування гідравлічного приводу на місці експлуатації машини.

11. Для покращення умов праці та зниження травматизму при проведенні досліджень необхідно забезпечити робочі місця недостаючим основним та допоміжним обладнанням. Одним із заходів, який дозволяє в

деякій мірі вирішити це питання, є реалізація запропонованої конструкції стенда, а розрахунки вентиляції і освітлення дозволяють значно покращити умови праці робочого.

12. Проведені розрахунки техніко-економічної оцінки впровадження обґрунтованих методів діагностування контролюючих параметрів технічного стану агрегатів гідроприводу та алгоритмів його діагностування дозволить тільки на одному заявочному діагностуванні забезпечити економію до 657грн. При цьому річний економічний ефект складає 262920грн., рівень рентабельності 48,6% та термін окупності капіталовкладень 1,3 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломних робіт для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія». / Ю.І. Панцир та інші / За ред. В.І. Дуганця. Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ», 2023. 51 с.
2. Гідравліка: Навчально-методичний комплекс. Навчально-методичний посібник. / В.І.Дуганець та ін. За ред. В.І. Дуганця, І.М.Бендери, В.А. Дідура. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В. 2013. 566 с.
3. Ремонт машин та обладнання : підручник / В.І. Дирда та ін. Дніпропетровськ : Журфонд, 2015. 292с.
4. Експлуатація, обслуговування та надійність гідравлічних машин і гідроприводів : навч. посіб. / З. Л. Фінкельштейн та ін. Харків : НТУ "ХПІ", 2014. 307 с.
5. Оливи. Моторні, турбінні, гідравлічні та трансмісійні: властивості та якість : підручник / С.В. Бойченко та ін. Київ: Центр учбової літератури, 2019. 323 с.
6. Мархель І.І. Деталі машин : навч. посіб. Київ : Алерта, 2017. 368 с.
7. Бороzeneць Г.М., Павлов В.М., Семак І.В. Деталі машин : навч. посіб. Київ : Кондор, 2021. 220 с.
8. Пелевін Л.Є., Кomoцька С.Ю., Балака М. М. Гідравліка, гідроприводи та гідропневмоавтоматика : навч. посіб. Київ: КНУБА, 2012. 119 с.
9. Крутіков Г.А., Стрижак М.Г. Системи гідроприводів : навч. посіб. Харків : НТУ "ХПІ", 2015. 218 с.
10. Надійність та експлуатація гідромашин і гідроприводів : навч. посіб. / В. Ф. Герман та ін. Суми : Сум. держ. ун-т, 2016. 174 с.
11. Henry R. Hydraulic Power and Hydraulic Machinery. Creative Media Partners, LLC, 2018. 241 p.
12. Hydraulic design of hydraulic machinery. Aldershot, Hants, England : Avebury, 2007. 570 p.

13. Венцель Є.С., Орел О. В. Прогнозування строків служби робочих рідин гідроприводів : монографія. Харків : Бровін О. В., 2016. 101 с.
14. Гідравліка і гідропривод : довід. для студентів спец. "Агроінженерія" / В. Г. Федоров та ін. за ред. д-ра техн. наук, проф. В. Г. Федорова. Умань : Сочінський М. М., 2017. 135 с.
15. Kumar P. Hydraulic Machines: Fundamentals of Hydraulic Power Systems. CRC Press, 2012. 347 p.
16. Венцель Є.С., Орел О.В., Щукін О.В. Підвищення якості мастил, палив і трибовузлів машин. Харків : Бровін О. В., 2017. 263 с.
17. Manring N. D., Fales R. C. Hydraulic Control Systems. Wiley & Sons, Incorporated, John, 2019. 416 p.
18. Червінський Т., Топільницький П., Ярмола Т. Експлуатаційні матеріали для автотехніки : навч. посіб. Львів : Левада, 2020. 326 с.
19. Паливно-мастильні та інші експлуатаційні матеріали : навч.-метод. комплекс : навч.-метод. посіб. / І. М. Бендера та ін. Кам'янець-Подільський : Сисин Я. І. : Абетка, 2016. 419 с.
20. Merritt H. E. Hydraulic control systems. New York : Wiley, 2007. 358 p.
21. Stringer J. Hydraulic Systems Analysis. London : Macmillan Education UK, 2016. 604 p.
22. Кухар В.В., Аніщенко О.С., Присяжний А.Г. Основи експериментальних методів дослідження процесів обробки металів тиском : навч. посіб. Маріуполь : ПДТУ, 2019. 234 с.
23. Бориченко К. В., Гудзь А. О., Панфілов О. Є. Методологія та організація наукових досліджень : навч. - метод. посібник. Одеса : Фенікс, 2022. 311 с.
24. Стадник Б.І. Метрологія та вимірювання: навч. посіб. Львів: Львівська політехніка, 2012. 312 с.
25. Іваненко О.І. , Носачова Ю.В., Радовенчик Я.В. Основи наукових досліджень: посібник. Київ: Кондор, 2020. 132 с.

26. Кислий В. М. Організація наукових досліджень : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Суми : Унів. кн., 2011. 224 с.
27. Крушельницька О. В. Методологія і організація наукових досліджень : навч. посіб. для студ. ВНЗ. Київ : Кондор, 2009. 192 с.
28. Закон України про охорону праці : Офіц. вид. Київ : Парлам. вид-во, 2000. 32 с.
29. Охорона праці в Україні. Нормативні документи. Київ : КНТ, вид-во, 2004. 438 с.
30. Москальова В. М. Основи охорони праці : Підручник. Київ : Професіонал, 2005. 672 с.
31. Ярошевська В. М. Безпека життєдіяльності : [підруч. для студ. ВНЗ]. Київ : Професіонал, 2004. 560 с.
32. НПАОП 40.1-1.01-97 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Київ: Держгірпромнагляд України, 2001. 94 с.
33. Правила охорони праці під час технічного обслуговування та ремонту машин і обладнання сільськогосподарського виробництва. НПАОП 01.41-1.01-01. Київ: Індустрія, 2012. 140 с.
34. ДБН В.1.1.7-2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Київ: Держбуд України, 2003. 47 с.
35. НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні. Київ: Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій, 2004 – 49 с.
36. Ішук С.І., Гладкий О.В. Техніко-економічні основи промислового виробництва. Київ: Академія, 2011. 296 с.
37. Організація і методика економічного аналізу : навч. посіб. / Косова Т.Д. та ін. Київ: Центр учбової літератури, 2019. 528 с.