

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Підвищення довговічності складових одиниць трансмісії
автотракторної техніки»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 2
Тимченко Олександр Віталійович
Керівник: Попов С. В.
Рецензент: Горбенко О. В.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Актуальність теми. Ефективність роботи агропромислового комплексу (АПК) значною мірою залежить від стану його технічної бази та забезпеченості сучасною технікою. Технічний потенціал сільськогосподарської галузі в значній мірі визначається рівнем функціонування технічного сервісу машин [1].

Активні фонди господарств опинилися на 55% виведеними з виробництва, а використовувані в даний час мають рівень амортизації понад 60%. Залишається кілька років, за якими, зважаючи на зниження втомної міцності металів і матеріалів техніки і обладнання, можливо масове вибуття її з експлуатації.

На даний момент вітчизняними заводами випускається в основному морально застаріла техніка, що змушує сільськогосподарських товаровиробників використовувати спрощені технології, останнім пояснює істотні втрати продукції. До того ж нинішній технічний стан існуючого машинно-тракторного парку є головним стримуючим фактором технологічної модернізації галузі.

З іншого боку, придбання закордонної техніки сприяє реалізації переваг сучасних агротехнологій, і в зв'язку з цим попит на цю техніку неухильно зростає. Закуповувана техніка характеризується різномарочністю, як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва. Це створює серйозні труднощі в сервісному обслуговуванні та забезпеченні запасними частинами, особливо після закінчення гарантійного періоду експлуатації [2].

Забезпечення працездатності особливо зарубіжної техніки зводиться, в основному, до заміни старих деталей новими, що призводить до підвищених витрат на ремонт і зниження ефективності її використання.

У механічних приводах 80-90% сільськогосподарської техніки, в тому числі і імпоротної, застосовуються карданні шарніри (КШ), що є одними з відповідальних елементів передавальних механізмів. В силу специфічної

навантаженості і умов експлуатації КШ часто виходять з ладу, так як в кінематичних схемах включені послідовно з іншими елементами і передають весь потік потужності, що передається від двигуна.

Підшипникові вузли сучасних машин і технологічного обладнання знаходять досить широке поширення, що викликає необхідність їх вдосконалення в області розвитку способів технічного обслуговування і ремонту (ТОР). На сучасному етапі багато питань відмов підшипникових вузлів мало опрацьовані, особливо це відноситься до підшипникових вузлів, що працюють в умовах коливання під навантаженням. Широке поширення таких вузлів відноситься до карданних шарнірів (КШ) на голчастих підшипниках, що застосовуються в тракторах як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва.

Багато виробників імпортової техніки не приділяють належної уваги системі технічного обслуговування карданних валів, скорочуючи інтервали заміни їх шарнірів. Таким чином, рішення задачі підвищення довговічності КШ за рахунок розробки способів технічного обслуговування і технічних засобів для діагностування, що забезпечують повне використання їх ресурсу в експлуатації, обумовлює актуальність даної тематики.

Мета дослідження. Підвищення довговічності карданних шарнірів тракторів John Deere 7830 в експлуатації.

Для досягнення мети сформульовані наступні завдання:

- 1) провести аналіз заходів та технічних засобів підвищення довговічності КШ і розробити спосіб технічного обслуговування КШ з урахуванням особливостей конструкції і умов експлуатації;
- 2) виконати теоретичні та експериментальні дослідження напрацювання трактора, навантаженості і радіального зазору в КШ;
- 3) провести виробничу апробацію технологічного процесу ТО КШ і оцінити його техніко-економічну ефективність.

Об'єкт дослідження. Карданні шарніри на голчастих підшипниках застосовуваних в тракторах зарубіжного виробництва.

Предмет дослідження. Процес технічного обслуговування КШ транспортних і технологічних машин.

Методика досліджень. Поставлені завдання вирішено шляхом проведення теоретичних і експериментальних досліджень на основі аналізу досягнень в області технічного обслуговування КШ транспортних і технологічних машин. Для вирішення завдань застосовували системний аналіз, теорію ймовірностей, математичну статистику, планування експерименту.

Теоретична та практична значущість. На основі результатів: вдосконалений технологічний процес ТО КШ і технічні засоби для проведення діагностування КШ в лабораторних і експлуатаційних умовах.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Характеристика умов експлуатації закордонної техніки

На сьогоднішній день у сільськогосподарських підприємств з'явилася можливість вибору і покупки наявної на світовому ринку зарубіжної техніки. Особливо помітно збільшилися поставки в аграрний сектор сільськогосподарських тракторів провідних зарубіжних фірм, незважаючи на їх більш високу, в 3-5 разів ціну в порівнянні з ціною тракторів з ближнього зарубіжжя [3]. Техніка характеризується високим технічним рівнем, якістю виготовлення, комфортністю, надійністю, наявністю фірмової системи технічного обслуговування.

Трактори зарубіжного виробництва характеризуються високою експлуатаційною надійністю: ресурс тракторів досягає 15-20 тис. Мотогодин, середнє напрацювання на відмову більше 1000 мотогодин. З іншого боку негативним показником є висока вартість запасних частин, в більшості випадків не виправдано завищена. Трактори вітчизняного виробництва характеризуються меншою експлуатаційною надійністю, нормативне напрацювання на відмову 350 мотогодин, однак при закупівлях вирішальним фактором є менша вартість запасних частин [4].

Експлуатація зарубіжної мобільної техніки має ряд характерних особливостей (рис. 1.1) [5]. Трактори експлуатуються в різних умовах: одні представники мають колосальне напрацювання, але з іншого боку, мінімальне завантаження двигуна, а відповідно і вузлів, інші використовуються на основного обробітку ґрунту, що істотно завантажує трактор.



Рисунок 1.1 – Характеристика умов експлуатації закордонної техніки

Спостерігається широкий діапазон завантаженості, тому постає питання про доцільність проведення регламентних робіт встановлених заводом виробником. Також простежується напрямок збільшення діагностичного контролю вузлів і агрегатів в цілому по технічному стану з прийняттям обґрунтованого рішення про заміну або ремонт [6]. Виробники встановлюють комплекс заходів, що забезпечують сервісний супровід техніки на після гарантійних етапах життєвого циклу виробу – в експлуатації. А для власників імпортової техніки постає необхідність розробки і впровадження прогресивних заходів ТОР, що спираються на технічні засоби вітчизняних підприємств [7].

Зі збільшенням терміну експлуатації напрацювання на відмову техніки зменшується, спостерігається тенденція наростання як простих, так і

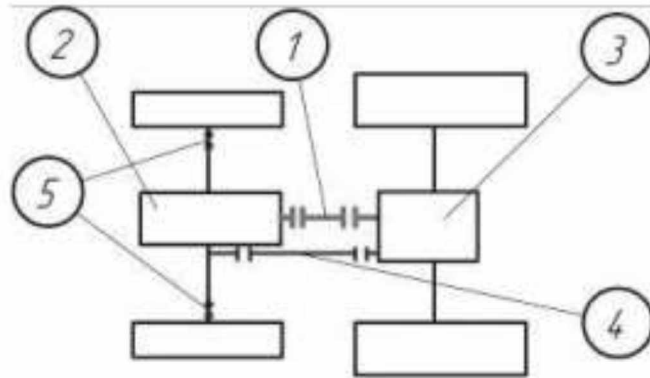
складних відмов машин після третього року їх служби. Одна з найважливіших проблем – вартість запасних частин і ремонтних робіт, обґрунтоване застосування способів технічного обслуговування (ТО) і ремонту агрегатів машин, що обумовлено зацікавленістю власників у найбільш повному використанні їх ресурсу, чим і пояснюється зростаюча роль системи ТОР як основи підвищення довговічності і безвідмовності техніки [8].

1.2. Особливості конструкції і застосування карданних валів в зарубіжній сільськогосподарській техніці

В обставинах, що склалися вирішальне значення має забезпечення довговічності як окремих деталей і вузлів, так і тракторів в комплексі. Одним з найбільш слабких місць є трансмісія, а зокрема, карданні вали (КВ). Причиною такого стану є, в основному, порушення правил ТОР. На думку Ізвозчікова В.В. і Соловйова Р.Ю. найбільш перспективним напрямком вдосконалення системи ТОР є управління надійністю машин за результатами оцінки дійсного технічного стану при діагностуванні на основі сучасних інформаційних технологій на всіх рівнях експлуатації [9]. Цей напрямок неможливо розвивати, тому що на машинно-технологічних станціях (МТС) відсутня належна виробнича база. У зв'язку з цим актуальна зацікавленість в безвідмовній роботі карданних валів і більш повне використання їх ресурсу, контроль технічного стану і своєчасне обслуговування якої – запорука безвідмовної роботи машини в цілому.

На рис. 1.2 і 1.3 представлені кінематична схема трансмісії і загальний вигляд і розташування КВ трактора JD сьомої серії (7030). Особливість схеми полягає в тому, що карданний вал 1 передає крутний момент від двигуна 2 до гідромодуля коробки передач 3. Умови його роботи характеризується передачею максимального крутного моменту від двигуна внутрішнього згоряння $T_{max} = 1000 \text{ Н} \cdot \text{м}$ при заданій частоті обертання $n = 1600 - 2100 \text{ хв}^{-1}$ з

незначним кутом зламу в шарнірах $\beta = \pm 3^\circ$, що визначає специфіку відмови його шарнірів [10].



1, 4, 5 – карданні вали, 2 – двигун, 3 – коробка передач

Рисунок 1.2 – Кінематична схема трактора JD сьомої серії

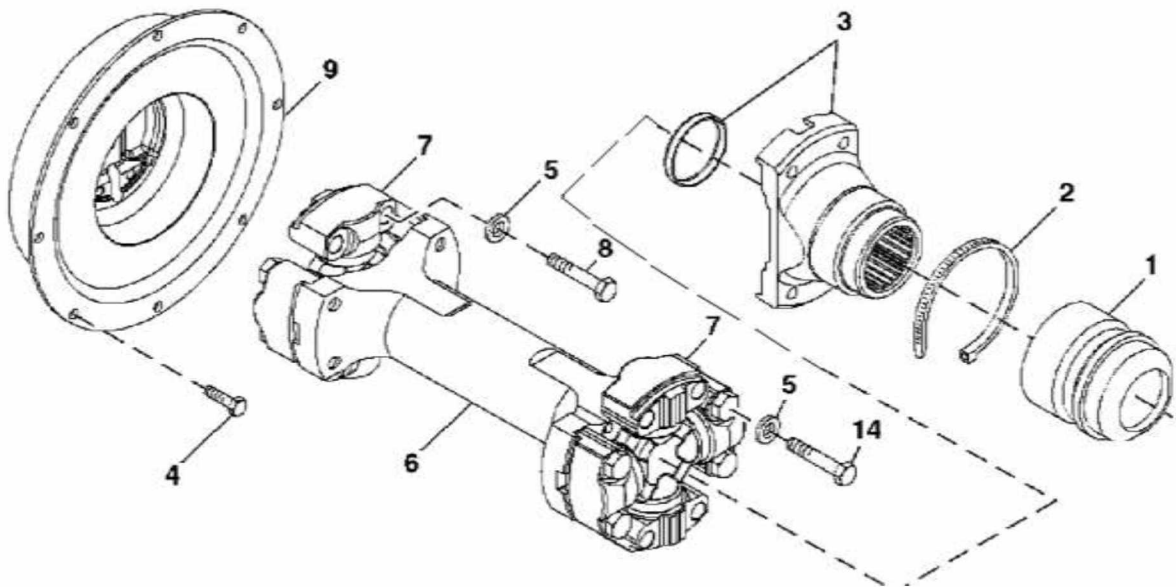


1 – розташування КВ приводу коробки передач

Рисунок 1.3 – Загальний вигляд і розташування карданного валу приводу «двигун – коробка передач»

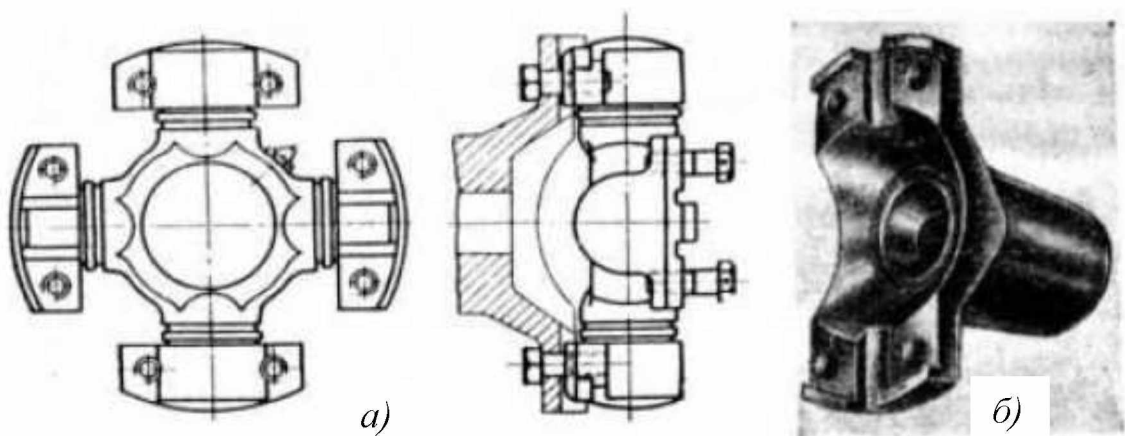
Основними деталями карданного валу трактора JD є чотири фланця, два карданних шарніра, підшипникові опори, на голчастих підшипниках і трубчастий вал. Основна конструктивна відмінність по відношенню до вітчизняних карданів з хрестовиною вносить виконання підшипникових опор хрестовини без кришок і таким чином, що в зборі з фланцями вони утворюють карданні вилки з вушками (рис. 1.4). В даному карданному валі опори хрестовини встановлені на голчастих підшипниках і виконані зі

знімними гніздами (рис. 1.5, а), вилка у цього кардана має фланець зі зрізаними боками (рис. 1.5, б), гніздо забезпечено виступом, який входить в паз вилки, в результаті виходить свого роду шпонкові з'єднання, що служить для передачі крутного моменту, а зовнішня циліндрична поверхня гнізда центрується по паску вилки, гніздо закріплено двома болтами [11].



1 – гумовий кожух; 2 – стопорне кільце; 3 – вилка з ущільнювальною кришкою; 4 – болт; 5 – шайба; 6 – карданний вал; 7 – карданний шарнір; 8 – болт; 9 – маховик

Рисунок 1.4 – Карданний вал трактора John Deere – 7830



а) загальний вигляд кардана;

б) фланцева вилка

Рисунок 1.5 – Карданний шарнір зі знімними гніздами

невеликій дузі від 3° до 7° , при цьому сприймаючи значні радіальні навантаження. В результаті руху гойдання при значних навантаженнях ролик видавлює мастило із зони контакту, що призводить до втомного викришування і абразивного зносу поверхонь кочення, утворення на них вм'ятин – ефекту «помилкового брінелювання» і збільшення швидкості зносу.

При навантаженнях недостатніх для втоми матеріалу основним видом руйнування поверхонь є абразивний знос. При порушенні нормальних умов мащення і повільному обертанні має місце знос в поєднанні з утворенням жолобчастих вм'ятин (в зв'язку з деяким перекосом голок в межах окружного зазору).

При зміні напрямку обертання ролик рухається через ту поверхню, з якою він тільки що видавив мащення, в зворотному напрямку, і тому найбільший абразивний знос при коливальному русі виникає в крайніх положеннях ролика. Якщо амплітуда коливань настільки мала, що площадки контакту в двох крайніх положеннях тіла кочення стикаються або навіть перекривають один одного, то порушення шару мастила стає постійним.

В процесі експлуатаційних спостережень виявили, що руйнування елементів шарніра починається з руйнування робочих поверхонь шипів хрестовин при нормальному стані системи мащення, потім утворюються відкладення загуслого мастила, як результат накопичення продуктів зносу шипів і роликів (рис. 1.7). Знос інтенсивно протікає лише на останньому етапі руйнування шарніра, коли порушені геометрія спряження і температурний режим.

За результатами зазначених досліджень розрахунок довговічності L_{h0} , год., карданних підшипників оснований на критерії граничного стану у вигляді втоми матеріалу доріжок і тіл кочення, що виконується за такою формулою [12]:

$$L_{h0} = \frac{1,5 \cdot 10^6}{n \cdot \beta} \cdot \left[\frac{C(H - L_w)}{K_d \cdot T_{кш}} \right]^m \cdot a_1 a_2 a_3, \quad (1.1)$$



а) втомне викришування б) помилкове брінелювання в) абразивний знос

Рисунок 1.7 – Види руйнування робочої поверхні шипа хрестовини трактора JD 7830

де L_{h0} – розрахункова довговічність, год.;

C – динамічна вантажопідйомність підшипника, Н;

H – висота хрестовини по шипам, м;

L_W – робоча довжина ролика, м;

m – емпірична постійна для роликових підшипників ($m = 10/3$);

n – частота обертання, хв^{-1} ;

β – кут зламу карданного шарніра, град;

K_D – коефіцієнт динамічності, що визначається за даними аналізу навантаженості в експлуатації;

$T_{KШ}$ – крутний момент в шарнірі, Н·м;

a_1 – коефіцієнт надійності;

a_2 – коефіцієнт матеріалу;

a_3 – коефіцієнт умов експлуатації.

Аналізуючи отриману формулу, можна зробити висновок про те, що довговічність карданних підшипників визначається конструктивними (H , L_W , a_1 , a_2 , m), технологічними (C) і експлуатаційними (n , β , $T_{KШ}$, K_D , a_3) факторами.

Довговічність роботи тим вища, чим якісніше виготовлена ремонтна втулка і своєчасно зроблено поворот втулки з метою заміни робочих поверхонь.

Звісно ж, що прогнозування граничного напрацювання КШ можна здійснити виконанням наступних заходів [13]:

- 1) поточні спостереження технічного стану по радіальному зазору в процесі експлуатації;
- 2) дискретний контроль напрацювання;
- 3) оцінка радіального зазору перед введенням в експлуатацію;
- 4) дані про навантаження і умови експлуатації;
- 5) об'єднання оперативних даних радіального зазору з діючими навантаженнями на КШ і контрольним напрацюванням з метою складання математичної моделі;
- 6) розробка рекомендацій і прогнозування оптимального залишкового терміну експлуатації.

Оцінка навантаженості КШ проводиться з використанням профілю навантаження двигуна, як одного із значущих чинників, що допомагають більш точно охарактеризувати реальну довговічність. Профіль навантаження двигуна характеризується: навантажувальною величиною відсотка реалізованої потужності, частотою обертання і часом роботи в певному режимі.

Пов'язуючи профіль навантаження двигуна з навантаженістю КШ за допомогою коефіцієнтів можливо отримати математичну модель розрахунку довговічності, найбільш наближену до реальних умов експлуатації. Також можливо визначити реальний крутний момент, і крім загальновизнаних факторів, врахувати реальний вплив частоти обертання, кута зламу шарніра і коефіцієнт динамічності, що визначається за даними аналізу навантаженості в експлуатації.

Основним напрямком підвищення ресурсу КШ є збільшення контактної витривалості і зносостійкості шипів, а також поліпшення умов

роботи спряжень шипів з підшипниками шляхом зменшення навантаженості і вдосконалення їх геометричних параметрів.

Будь-яке конструктивне рішення або ремонтний вплив несе за собою додаткові капітальні вкладення, що вимагають певного обладнання. Найменш витратним є експлуатаційні рішення задач підвищення довговічності.

До експлуатаційних способів підвищення довговічності належить призначення і виконання ремонтно-обслуговуючих впливів. До таких робіт слід віднести мастило шарнірів, телескопічних валів і проміжних валів.

Особливий інтерес представляють методи заміни не деталей КШ, а робочих поверхонь його підшипникових вузлів. Один з цих методів полягає в повороті хрестовини на 90° по осі її обертання щодо вилок і повороті кожного голчастого підшипника на 180° щодо шипа хрестовини [14].

Запропоновано перед розбиранням наносити на хрестовину і одну з вилок мітки, що вказують положення хрестовини до розбирання. Потім розбирати шарнір, очистити хрестовину і підшипники від бруду, залишків масла, промити в бензині, змастити, укласти ролики в підшипники, виміряти міжроликовий зазор. При складанні шарніра хрестовину встановити так, щоб мітка на ній була на протилежному боці від мітки на вилці, для цього поворот хрестовини здійснюють навколо загальної осі протилежних шипів. В результаті забезпечується такий стан хрестовини в шарнірі, при якому незношені сторони шипів стають ведучими. Роликopідшипники встановлюють в отвір вилок, також повернувши їх на 180° щодо колишнього положення по мітках, що вказує сектор з вм'ятинами, що забезпечує роботу обойми незношеною стороною [15].

Експлуатаційні способи підвищення довговічності КШ дозволяють розробити заходи без зміни конструкції вузлів, але з можливістю ефективної реалізації при ремонті і технічному обслуговуванні.

1.4. Методи і технічні засоби оцінки технічного стану

Застосування електронних методів вимірювання може принести найбільший ефект в оцінці технічного стану машин [12]. Для цього розроблений комплекс приладів для вітчизняної техніки, а зокрема для силової передачі, і застосовуються КИ-13940, КИ-5454, ККД-1, КИ-4832, КИ-4813, КИ-13909, ККД-2, К428А. За допомогою цих приладів оцінюється знос підшипників, зазор в КШ і ведучих мостах, стан шестерень та ін. [15].

За величиною зазорів в шарнірних з'єднаннях можна судити про технічний стан вузла і його придатності до подальшої експлуатації. Статистична обробка даних показала, що розподіл зазорів підпорядковується теоретичного закону Вейбулла-Гнеденко. За результатами спостережень пропонується провести заміну шарніра через 960 годин роботи, якщо зазор перевищить граничне значення 0,104 мм [2].

Оцінивши сформовані підходи, проведемо класифікацію методів діагностування КШ у формі структурної схеми (рис. 1.8).

Методи першої групи (I) ґрунтуються на імітації навантажувальних і тимчасових режимів роботи і визначення вихідних параметрів об'єкта за допомогою вимірювань в процесі роботи. Ці методи дають загальну інформацію про стан КШ.

Друга група (II) ґрунтується на об'єктивній оцінці геометричних параметрів в статиці в результаті вимірювання значення зазорів. Проводять діагностування без розбирання спряжень. Діагностування проводиться за допомогою вимірювальних інструментів. Перевага цієї групи можливість постановки точних діагнозів, простота засобів вимірювання, а недоліки – висока трудомісткість, мала технологічність.

Третя група (III) герметичність оцінюється при виявленні витоків мастила. Інтенсивність тепловиділення оцінює роботу тертя спряження. Застосовуються методи, що оцінюють стан вузлів і систем за параметрами коливальних процесів.



Рисунок 1.8 – Класифікація методів діагностування КШ

Аналіз робіт в напрямку діагностування КШ говорить про те, що необхідно і важливо проводити за допомогою приладів і пристроїв оцінку дійсного технічного стану. Безперервний контроль дозволяє найбільш точно оцінити ресурс КШ, тим самим вирішити проблему прогнозування їх працездатності.

Оцінка технічного стану КШ розділяється на аналітичні та експериментальні методи. За технічним станом КШ можна оцінити залишковий ресурс за допомогою аналітичних методів. Експериментальними методами визначається напрацювання на відмову КШ, виявляються закономірності, надалі застосовуються для прогнозування довговічності. Оцінка довговічності КШ аналітичним методом має на увазі застосування

математичних моделей. Для розрахунку довговічності застосовується досить велика кількість залежностей, але результати розрахунків за різними моделями мають істотну розбіжність. Тому для визначення довговічності доцільно проведення експлуатаційних досліджень КШ [2, 13, 15].

Відома конструкція приладу КИ-4832 з динамометром (люфтомер), який дозволяє вимірювати відносне переміщення вилок по кутовому люфту (рис. 1.9). Прилад складається з динамометричної рукоятки з пристроєм для установки люфтоміра на карданний вал автомобіля і градуйованого диска. Вимірювальний диск, рухливий на осі, градуйований в градусах з межами вимірювань $\pm 90^\circ$ і ціною поділки шкали $0,5^\circ$. У диску вміщено прозора поліхлорвінілова трубка, напівзаповнена підфарбованою рідиною, яка служить рівнем. Встановлюють пристрій на вилку карданного валу, перевіряють люфт із зусиллям на динамометричній рукоятці приладу. При цьому люфт із зазначеним зусиллям вибирають в одному напрямку, встановлюючи градуйований диск на нуль за рівнем рідини. Потім з таким же зусиллям вибирають люфт, обертаючи динамометр в зворотному напрямку, і визначають кутовий люфт в КП. Момент сили при діагностуванні КП повинен бути в межах 15-20 Н·м [16].

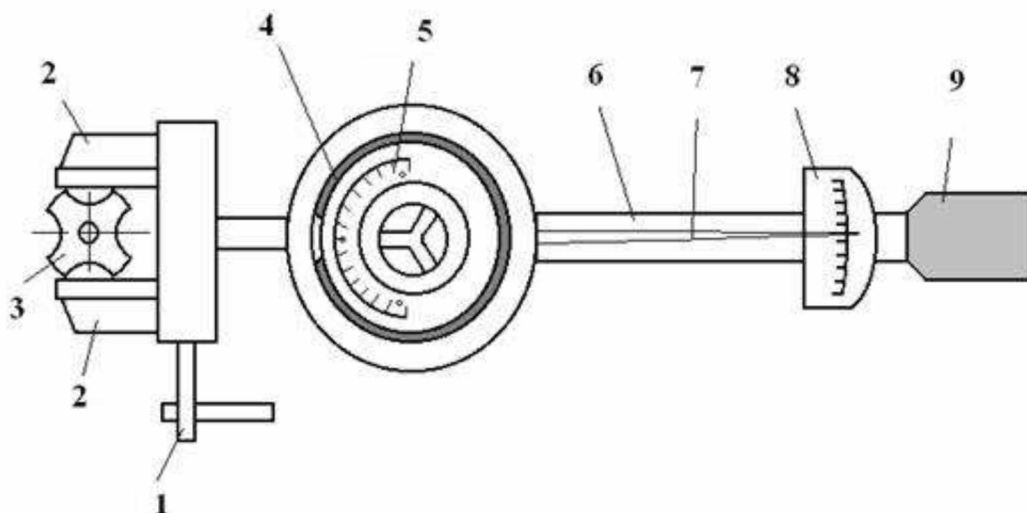


Рисунок 1.9 – Прилад КИ-4832 для вимірювання бокового зазору в механізмах трансмісії

Вимірювання бічних зазорів трансмісії тракторів виконують універсальним люфтоміром КИ-4813 або кутоміром КИ-13909. Перед вимірюванням зливають масло з корпусів і промивають їх. Роз'єднують гусеничне полотно або піднімають домкратом одне з ведучих коліс. Люфтомір складається з кронштейна зі шкалою на 90° і стрілки. Кронштейн приладу кріпиться на корпусі передачі, а стрілка на валу. Спочатку визначають загальний люфт у всій трансмісії по його величині на кінцевому валу або ведучому колесі, потім у кожного агрегату [17].

Згадані прилади та методи визначення зазору мають такі суттєві недоліки: а) вимірювання проводяться з постійним зусиллям; б) відсутність обґрунтування величини вимірювального зусилля, що прикладається; в) незручність в роботі в обмеженій зоні між агрегатами трансмісії. Зробивши аналіз переваг і недоліків існуючих аналогів приладів, необхідно в даній ситуації вдосконалювати методику і конструкцію найбільш близького за характеристиками приладу конструкції КИ-4832.

Висновки та завдання досліджень

1. Огляд досліджень проведених раніше дозволив скласти класифікацію способів підвищення довговічності КШ, де виділено актуальний експлуатаційний напрямок існуючих досліджень. Опрацьовані існуючі методи діагностики КШ і обраний метод діагностики по геометричним параметрам, зокрема, по радіальному зазору.

2. Одним з найбільш перспективних напрямків підвищення довговічності КШ є вдосконалення способів технічного обслуговування і процесів їх діагностичного моніторингу в післягарантійний період експлуатації.

Для досягнення мети сформульовані наступні завдання:

- 1) провести аналіз заходів та технічних засобів підвищення довговічності КШ і розробити спосіб технічного обслуговування КШ з урахуванням особливостей конструкції і умов експлуатації;
- 2) виконати теоретичні та експериментальні дослідження напрацювання трактора, навантаженості і радіального зазору в КШ;
- 3) провести виробничу апробацію технологічного процесу ТО КШ і оцінити його техніко-економічну ефективність.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма досліджень

Програма лабораторних досліджень КШ включає вивчення таких питань: 1) постановка мети і задач, складання методики; 2) вибір КШ, обґрунтування кількості і загальна характеристика; 3) умови проведення досліджень; 4) номенклатура показників для збору інформації; 5) підготовка приладу і пристосувань; 6) вимір радіального зазору і оцінка зносу КШ; 7) запис результатів спостережень; 8) статистична обробка результатів; 9) складання протоколу результатів лабораторних досліджень.

Методика оцінки радіального зазору КШ знятих з експлуатації включає проведення вимірювань на лабораторній установці. Технічна сутність методики оцінки технічного стану КШ з допомогою установки полягає в наступному:

1) проведення підготовчих операцій (з'ясуємо модель і заводський номер трактора, умови роботи, напрацювання з початку експлуатації; проводимо зовнішній огляд і очистку хрестовин; позначаємо положення карданних підшипників);

2) вимірюємо радіальний зазор вдосконаленим приладом за допомогою динамометричного ключа і записуємо результати в таблицю;

3) виконуємо статистичну обробку результатів (побудова графіків залежності, порівняння двох вибірок лабораторних і експлуатаційних).

Статистичну обробку інформації проводимо в пакеті аналізу MS Excel.

Подальші лабораторні дослідження представимо зношувальною оцінкою шипів КШ мікрометричним способом. Метою аналізу зносу шипів КШ є визначення кількісного показника зносу, а також розподіл КШ знятих з експлуатації на групи: придатні і непридатні. До придатних деталей

відносимо деталі з допустимим зносом, до непридатних відносимо хрестовини, які не мають залишкового ресурсу і їх недоцільно відновлювати. Стан будемо оцінювати по зносу циліндричних поверхонь шипів хрестовин. Методика оцінки зносу хрестовин складається з наступних операцій:

- приймання КШ,
- зовнішня мийка,
- розбирання шарніра на деталі,
- очищення,
- вимірювання за схемою (рис. 2.1),
- запис і обробка даних.



Рисунок 2.1 – Схема вимірювання шипа хрестовини

Приймання КШ включає запис назви підприємства, напрацювання і навантаженості. Після приймання КШ здійснюємо зовнішнє миття та зняття голчастих підшипників, а далі промиваємо хрестовину і голчасті підшипники і проводимо їх вимір за допомогою електронного мікрометра, записуємо отримані показання і проводимо статистичну обробку.

На схемі стрілками показана послідовність вимірювань поверхні шипа хрестовини КШ в двох зонах шипа триразово, тобто проміряти діаметр шипа

в робочій зоні - зношена поверхня, а далі вимірюємо діаметр в незношених зоні шипа хрестовини, різниця даних замірів визначає знос.

2.2. Методика проведення експлуатаційних досліджень

Програма експлуатаційних досліджень КШ тракторів JD [18] включає вивчення таких питань: 1) постановка мети і завдань експлуатаційних досліджень, складання методики; 2) вибір трактора, обґрунтування кількості і загальна характеристика КШ; 3) умови проведення досліджень; 4) номенклатура показників для збору інформації; 5) періодичність обстежень; 6) кількість і територіальне розташування місць проведення досліджень; 7) вимоги до методів збору і обробки інформації: підготовка приладу і пристосувань; 8) вимір радіального зазору, зняття показань навантажених і напрацювання; 9) спостереження за радіальним зазором в різних режимах роботи трактора; 10) запис результатів спостережень; 11) спостереження і виявлення причин відмов КШ.

Методика проведення експлуатаційних спостережень КШ тракторів JD включає наступні заходи: 1) підготовка об'єкта: перед виміром радіального зазору необхідно: з'ясувати модель і заводський номер трактора, на якому встановлена хрестовина, умови її роботи, напрацювання від початку експлуатації; провести зовнішній огляд і очистити хрестовину; позначити положення підшипників на КВ; 2) вимір радіального зазору: засіб вимірювання – вдосконалений прилад для проведення діагностування; порядок вимірювання: зафіксувати двигун трактора за допомогою пристосування, встановити кріплення кронштейна і прилад на один з підшипників шарніра, при цьому індикатор ввести в зіткнення з поверхнею підшипникового вузла хрестовини, встановити навантажувальну вилку на протилежний фланець карданного валу, за допомогою динамометричного ключа навантажити; записати результати; 3) статистична обробка результатів; 4) висновки і узагальнення.

2.3. Вибір обладнання та інструменту

При оцінці технічного стану елементів КП тракторів і сільськогосподарських машин вимірюють і контролюють різні параметри (силові, кінематичні, теплові та ін.) [8], наприклад, крутний момент, що передається шарніром; частоту обертання валу; умови навантаженості і величину напруження, також необхідно контролювати тривалість спостережень, знос підшипникових вузлів шляхом вимірювання їх радіального зазору і інші параметри. Вибір засобів контролю та методик вимірювань доцільно здійснювати виходячи з необхідності досягнення поставленої мети, можливо більш простими засобами, з урахуванням точності, достовірності і порівнянності одержуваних результатів випробувань, враховуючи їх похибку, градувальну характеристику, чутливість, межі і діапазон вимірювань, нормальні умови застосування.

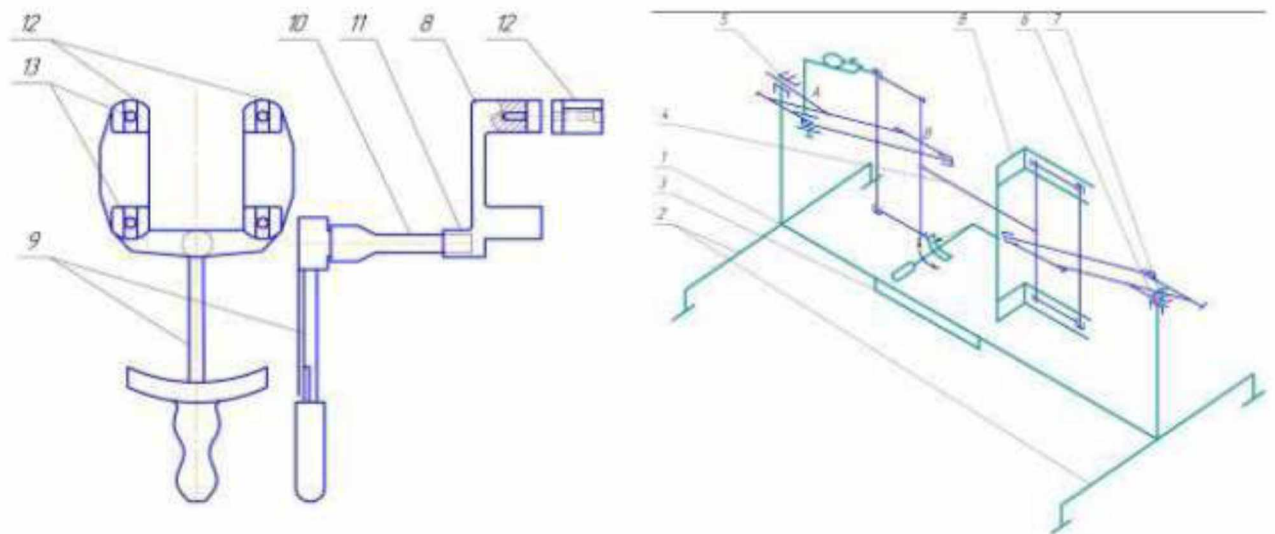
Для вимірювання навантаження найбільш доцільним є застосування сучасних тестерів з обробкою інформації за допомогою ПК. Радіальний зазор вимірюють спеціалізованими приладами [19].

Проаналізувавши існуючі засоби оцінки радіального зазору КШ встановили, що найбільш перспективним є лабораторна установка для проведення комплексу експериментальних досліджень по вивченню конструкції КП, принципів їх функціонування та режимів роботи, визначення характеристик [20]. Однак установка має ряд недоліків, зокрема, складність конструкції рами і великі габаритні розміри, тому, необхідно розробити установку, в конструкції якої будуть усунені наведені недоліки.

Запропоновано лабораторну установку, призначену для виміру радіального зазору і проведення діагностики шарнірів КВ тракторів JD 7030 (рис. 2.2 і 2.3).

Схематично (рис. 2.2, а) представлена навантажувальна вилка з динамометричним ключем. Схематично зображено установка (рис. 2.2, б) на якій показаний принцип роботи (зняття показань) з діагностується КШ.

Установка для діагностування і вимірювання радіального зазору в КШ (рис. 2.2, б) містить: 1 - раму; 2 - знімні опорні лапи; 3 - кріплення під установку в лещата; 4 - технологічний КВ з кріпленнями під гнізда; 5 - жорстко закріплене кріплення під КШ; 6 - кріплення з можливістю регулювання під КШ; 7 - стопорний болт; 8- навантажувальна вилка. Установка виготовлена таким чином, що вимірювання проводять, імітуючи умови навантаження КВ з шарнірами при експлуатації.



а) навантажувальна вилка;

б) схема установки

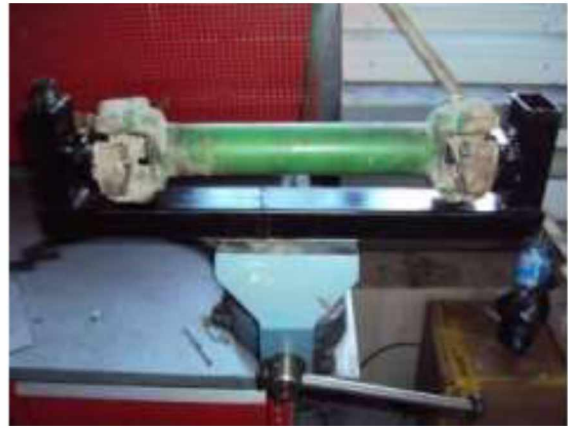
Рисунок 2.2 – Модернізована установка для діагностування КВ

На рис. 2.3, а представлений загальний вигляд установки подетально, а на рис. 2.3, б – в робочому стані. Представлена модель може встановлюватися на опорні ноги або закріплюватися в настільних лещатах. КШ з'єднуються між собою безпосередньо досліджуваним КВ з трактора.

Принцип дії установки заснований на примусовому виборі радіального зазору в парі підшипникових вузлів, розташованих на протилежних шипах хрестовини, при прикладанні зусилля в двох напрямках. Відмінною особливістю є можливість контролю вимірювального зусилля в процесі вимірювання, що дозволяє підвищити точність і достовірність вимірювань.



а) установка подетально;



б) установка з валом

Рисунок 2.3 – Загальний вигляд установки для вимірювання радіального зазору

Перед використанням установки необхідно встановити КШ, опорні ніжки, зафіксувати стопорним гвинтом рухому частину кріплення КШ. За допомогою установочного кронштейна встановити корпус індикатора годинного типу на один з підшипників шарніра, при цьому ніжка індикатора вводиться в зіткнення з поверхнею суміжного підшипникового вузла хрестовини. Далі встановлюємо навантажувальну вилку на протилежний фланець карданного валу, з використанням подовжувача, за допомогою динамометричного ключа навантажуюмо, створюючи момент проти і за годинниковою стрілкою. Різниця показань індикатора при верхньому і нижньому положенні характеризує зазор в підшипникових вузлах КШ. Показання динамометричного ключа дозволяють характеризувати величину вимірювального зусилля. Технічна характеристика установки представлена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика установки

Назва	Значення
Випробувальний об'єкт – карданний шарнір, шт.	2
Максимальний крутний момент, Н·м	100
Габаритні розміри, мм	460x620x290
Маса станда, кг	10

З метою підвищення достовірності та точності вимірювання КШ слід удосконалити методику вимірювання. Для досягнення поставленої мети і виконання завдань необхідно, враховуючи недоліки існуючих приладів для вимірювання зазору в КШ, вдосконалити прилад для оперативного контролю радіального зазору, з можливістю контролю вимірювального зусилля в процесі вимірювання [16]. На рис. 2.4 представлені загальний вигляд приладу на карданному валу трактора.



Рисунок 2.4 – Схема установки приладу на карданний вал

Прилад для вимірювання радіального зазору КШ працює наступним чином. Встановлюємо і фіксуємо кріпильний кронштейн за допомогою підтискаючого самоцентруючого гвинта і притискних губок. Далі корпус приладу встановлюємо на один з підшипників шарніра, при цьому індикатор годинникового типу разом з штовхачем вводимо в дотик з поверхнею корпусу суміжного підшипника хрестовини. Потім встановлюємо навантажувальну вилку з подовжувачем на протилежний фланець КВ, за допомогою динамометричного ключа навантажуюмо КВ разом з шарнірами, повертаючи карданний вал з однією частиною шарніра проти, а за тим за годинниковою стрілкою. Різниця показань індикатора годинного типу при верхньому і нижньому положенні характеризує радіальний зазор в КШ. Показання динамометричного ключа дозволяють характеризувати величину вимірювального зусилля.

Висновки

Складено програму і розроблена методика для лабораторних досліджень КШ, знятих з експлуатації за критерієм досягнення граничного напруження, що рекомендується заводом-виробником. Удосконалено програму і методику дослідного визначення радіального зазору у відмовлених КШ. Для оцінки технічного стану згаданих КШ розроблена програма і методика експериментальних досліджень з оцінки зносу циліндричних поверхонь шипів хрестовин.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Обґрунтування підвищення довговічності при технічному обслуговуванні

Довговічність КШ визначається періодичністю заміни і включається до відповідного поточного ремонту за рекомендацією заводу-виробника. З іншого боку, виникає розсіювання термінів служби, яке призводить до недовикористання потенційної довговічності КШ або до зростання ймовірності відмови в міжремонтний період.

Оцінити ефект підвищення довговічності КШ можна за рахунок прогнозування напрацювання трактора до настання граничного технічного стану КШ, якщо відомі гранична величина і тенденція зміни радіального зазору і навантаженості в процесі експлуатації і стан КШ за попереднє напрацювання. Також необхідно, щоб термін служби КШ коректувався з урахуванням умов навантаженості. Для збільшення терміну безвідмовної роботи протягом міжремонтного періоду проводиться контроль поточного технічного стану КШ під час діагностичного огляду. Залежно від даних по навантаженості і радіальному зазору приймається рішення про проведення відповідних ремонтно-обслуговуючих впливів (РОВ).

Даний підхід повинен забезпечити найбільшу використання терміну служби з одночасною гарантією високої безвідмовності КШ, однак будуть потрібні додаткові витрати на проведення поточного діагностування. В даному випадку відкривається можливість проведення обслуговування за технічним станом машини, коли обсяги роботи кожен раз коригуються відповідно до дійсних потреб.

Відомий один із способів нормування і коригування періодичності ТО і пробігу транспортних засобів до капітального ремонту в залежності від дорожніх і кліматичних умов [22]. Суть методу полягає в коригуванні періодичності ТО шляхом урахування темпів накопичення рівня навантаженості в залежності від зміни умов їх використання та умов дослідної (підконтрольної) експлуатації.

Проведемо контроль технічного стану КШ по радіальному зазору і навантаженості на прикладі трактора JD 7030. Припускаємо, що в залежності від зміни умов експлуатації буде змінюватися і значення радіального зазору. В основу розробки математичної моделі довговічності КШ з урахуванням проведення ТО покладемо формулу, в якій врахуємо тільки коефіцієнт, що характеризує сукупність ефекту проведення ТО після вироблення основного ресурсу [20]. У зв'язку з цим сумарна гранична напрацювання КШ $L_{h\Sigma}$, год., з урахуванням ресурсу до і після ТО, буде виражена залежністю:

$$L_{h\Sigma} = L_{h0} \cdot \left(1 + \sum k_{TOi}\right) = L_{h0} + L_{h0} \cdot \sum k_{TOi}, \quad (3.1)$$

де L_{h0} – довговічність до застосування ТО;

$\sum k_{TO}$ – сумарний відсоток збільшення довговічності при проведенні ТО, наприклад, шляхом заміни робочих поверхонь, з урахуванням кратності ТО i .

Виконаємо порівняльну графічну інтерпретацію ресурсу КШ без ТО, в умовах нормальної експлуатації, і з ТО на основі поточного діагностування за формулою (3.1) (рис. 3.1).

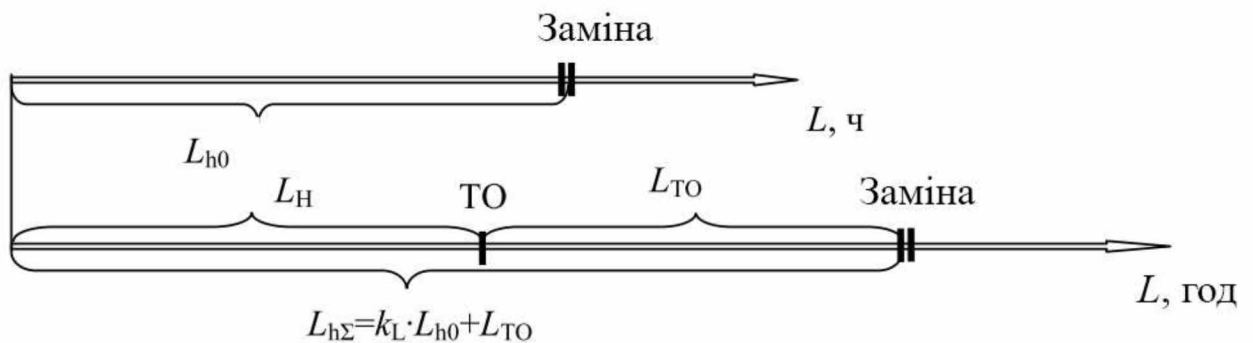


Рисунок 3.1 – Графічна інтерпретація впливу ТО на ресурс КШ

На рис. 3.1 представлені наступні позначення: інтервал L_0 означає довговічність КШ з урахуванням напрацювання, рекомендованої заводом-виробником; інтервал L_H – довговічність КШ до проведення ТО з урахуванням навантаженості і технічного стану; інтервал L_{TO} – довговічність КШ, збільшена шляхом застосування способу ТО; інтервал L_Σ – сумарне напрацювання за формулою (3.1).

Для оцінки напрацювання до ТО і сумарного напрацювання після проведення ТО з урахуванням досягнення граничного стану виходимо з таких міркувань:

- ТО вузлів проводять при наявності залишкового ресурсу, що характеризується коефіцієнтом k_L напрацювання до ТО у відсотках від рекомендованого напрацювання, тоді напрацювання КШ до ТО буде дорівнювати:

$$L_H = k_L \cdot L_{h0}; \quad (3.2)$$

- з іншого боку, так як L_{TO} – напрацювання отримане шляхом застосування способу ТО, тоді формула сумарного напрацювання матиме вигляд:

$$L_\Sigma = L_H + L_{TO}; \quad (3.3)$$

тоді з урахуванням формули (3.2) за формулою (3.3) отримуємо:

$$L_\Sigma = k_L \cdot L_{h0} + L_{TO}. \quad (3.4)$$

Таким чином, для реалізації підвищення довговічності при проведенні ТО КШ слід встановити значення коефіцієнта напрацювання до ТО, визначити вид і зміст технологічного впливу. Коефіцієнт підвищення довговічності КШ за результатами проведення ТО буде визначатися з формули:

$$k_{dTO} = L_\Sigma / L_{h0} = (k_L \cdot L_{h0} + L_{TO}) / L_{h0}. \quad (3.5)$$

Таким чином, отримані вирази можна використовувати для підвищення довговічності при проведенні ТО КШ.

3.2. Обґрунтування діагностуючого впливу при оцінці технічного стану

Для оцінки реального технічного стану вузлів необхідно застосовувати відомі способи і методи контролю, в зв'язку з цим найбільш підходящим є інтегрований метод, який проявляється в диференціюванні ремонтно-обслуговуючих впливів (РОВ) [21]. В даний час завод-виробник рекомендує робити заміну КШ при напрацюванні 5000 год., обмежуючись граничними характеристиками роботи трактора. Насправді умови роботи тракторів далеко не однакові, і тому, відбувається заміна працездатного шарніра, які не виробили свій ресурс, з відповідними наслідками у вигляді додаткових матеріальних витрат [21].

Для виключення даної ситуації необхідний поточний контроль за технічним станом. В якості діагностичного параметра приймаємо величину радіального зазору, який визначає ресурс КШ по контактній витривалості або брінелюванню поверхонь спряжень.

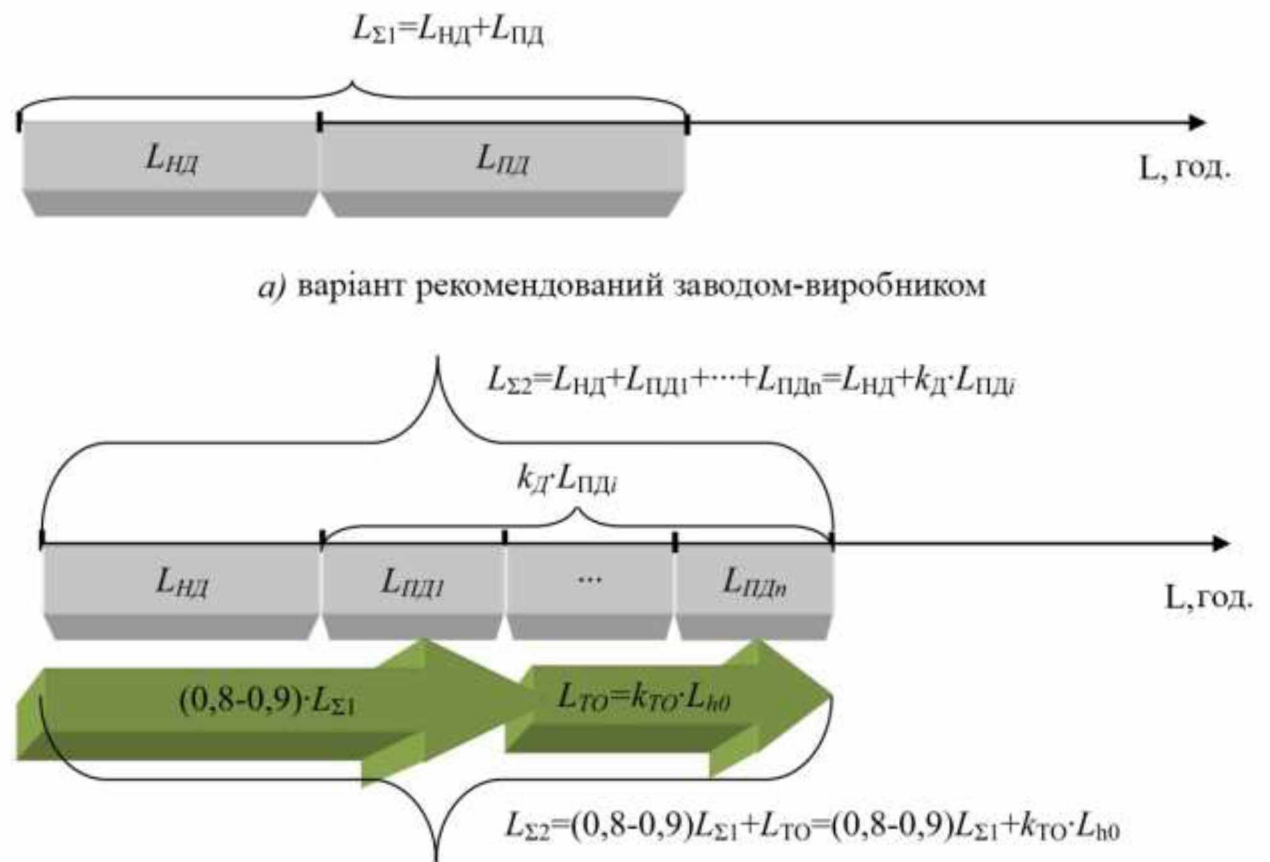
Одним із способів вивчення динаміки розвитку зносу деталей в з'єднаннях є оперативний контроль радіального зазору, так як це найбільш інформативний параметр. Для підвищення точності і достовірності вимірювань рекомендується проводити безрозбірний контроль за допомогою вдосконаленого приладу [4, 14, 20]. На додаток до цього пропонуємо враховувати профіль навантаження двигуна, який пов'язаний КВ з гідромодулем коробки передач.

Розглянемо більш докладно метод підвищення довговічності КШ з допомогою способу ТО. При аналізі потенціалу КШ, як вузла, можливий розвиток двох сценаріїв реалізації сумарного ресурсу L_{Σ} (рис. 3.2):

1) завод-виробник рекомендує провести одноразове поточне діагностування шляхом візуального огляду КШ при $L_{НД}$, а потім замінити КШ, якщо напрацювання складе 5000 год. (рис. 3.2, а), при цьому результуюче сумарне напрацювання буде визначатися рівністю $L_{\Sigma 1} = L_{НД} +$

$L_{\text{ПД}}$, де $L_{\text{ПД}}$ – напрацювання шарніра після діагностування, і складе рекомендовані 5000 год.;

2) пропонуємо виконання поточного діагностування технічного стану КШ по радіальному зазору з урахуванням профілю навантаження двигуна і напрацювання, ухвалення рішення або про продовження експлуатації КШ до наступного діагностування, або при досягненні напрацювання КШ рівня 0,8-0,9 від рекомендованої заводом-виробником, про реалізацію способу ТО шляхом заміни робочих поверхонь КШ (рис. 3.2, б).



L_{Σ} – сумарний ресурс КШ; $L_{\text{НД}}$ – напрацювання до першого діагностування; $L_{\text{ПД}}$ – напрацювання після діагностування; $k_{\text{Д}}$ – коефіцієнт кратності діагностування; $k_{\text{ТО}}$ – відсоток підвищення довговічності після ТО; $L_{\text{ТО}}$ – напрацювання після ТО; $L_{\text{н}0}$ – нормативна напрацювання КШ

Рисунок 3.2 – Порівняння варіантів збільшення довговічності

У другому сценарії кількість поточних діагностувань k_d (кратність діагностування) з періодичністю $L_{ПД}$, залежить від моменту досягнення КШ його граничного стану по зносу робочої поверхні шипа, яка встановлюється за величиною радіального зазору.

Згідно з інструкцією по експлуатації необхідно проводити перше діагностування $L_{НД}$ через 2000 год. При досягненні напрацювання КШ 5000 год. незалежно від умов експлуатації необхідно провести заміну (рис. 3.2, а). Для другого сценарію характерно додатково до заходів, запропонованих в інструкції по експлуатації, проводити поточне діагностування, за результатами якого приймається рішення про продовження експлуатації, якщо діагностовані параметри не вказують на предвидимий стан, або про застосування способу ТО КШ. Далі також проводять спостереження за технічним станом шляхом поточних діагностувань аж до досягнення КШ граничного стану (рис. 3.2, б).

Аналіз схем на рис. 2.3 показує, що застосовуючи заходи діагностування з ТО можна домогтися збільшення довговічності КШ, в зв'язку з цим для КШ сумарний ресурс, з урахуванням рекомендації заводу-виробника (рис. 3.2, а) дорівнює:

$$L_{\Sigma} = L_H . \quad (3.6)$$

З урахуванням контролю за технічним станом за допомогою діагностування (рис. 3.2, б) і з застосуванням способу ТО КШ сумарний ресурс визначається за формулою:

$$L_{\Sigma} = L_{h0} \cdot \left(1 + \sum (k_d \cdot k_{ТО})\right), \quad (3.7)$$

де L_{Σ} – сумарний ресурс КШ, год.;

L_{h0} – нормативне напрацювання, встановлене заводом-виробником, год.;

k_d – коефіцієнт кратності діагностування реального технічного стану;

$k_{дТО}$ – коефіцієнт збільшення довговічності за рахунок повороту хрестовини.

Для знаходження кількісних характеристик ТО необхідно скорегувати періодичність обслуговуючих впливів з урахуванням реальних параметрів навантаженості і напрацювання двигуна трактора.

Показники ТО можна коригувати коефіцієнтами, які поширюються на періодичність, трудомісткість і норми пробігу по ТОР. При цьому також приводять п'ять основних категорій умов експлуатації та п'ять технічних категорій доріг, а також з третьої по тринадцяту групу так звані «груп умов роботи» [21].

Найбільш близьким за технічною сутністю є спосіб для нормування і коригування періодичності, трудомісткості та пробігу по ТОР за допомогою оцінки рівня навантаженості транспортного засобу при його підконтрольній експлуатації [22].

Для контролю рівня навантаженості використовують коефіцієнт сумарного опору руху з використанням коефіцієнта пропорційності і коефіцієнта опору руху. Величину рівня навантаженості W_i визначають перемноженням величини виконаного пробігу і коефіцієнта сумарного опору руху:

$$W_i = \varphi_{\Sigma_i} \cdot S_i, \quad (3.8)$$

де φ_{Σ_i} – коефіцієнт сумарного опору руху опорної поверхні i -ї дороги;

S_i – пробіг по опорній поверхні i -ї дороги, км.

З іншого боку, коефіцієнт коригування періодичності ТО-1, ТО-2, і пробігу до КР визначають через відношення пробігів, фактичного і нормативного за умови $W_\phi = W_H$.

$$K_{TO_1(TO_2)} = \frac{S_\phi}{S_H}, \quad (3.9)$$

де S_ϕ – фактичний пробіг по різним видам доріг, км;

S_H – нормативний пробіг в першій категорії умов експлуатації, км.

Крім того, коефіцієнт коригування трудомісткості поточного ремонту $A_{ТР}$ визначають через коефіцієнт коригування періодичності ТО-1 або ТО-2:

$$A_{TP} = \frac{1}{K_{TO_1(TO_2)}}. \quad (3.10)$$

Недолік представленого способу коригування періодичності ТО і пробігу до КР, полягає в тому, що оцінка відбувається суб'єктивно без вказівки конкретних кількісних характеристик, а використання дослідної підконтрольної експлуатації збільшує трудомісткість і ускладнює швидкість проведення оптимальної коригування.

Необґрунтована заміна або невиправдане скорочення періодичності ТО призводить до зайвої витрати матеріальних засобів, або до їх збільшення і більш інтенсивному витраті ресурсу, а рівень навантаженості при цьому не враховується. З цього випливає, що неможливо раціонально скорегувати ТО в залежності від різних умов експлуатації для забезпечення на заданому рівні безвідмовності і довговічності.

В ході проведення експлуатаційних спостережень встановлено, що для точного прогнозування напрацювання після проведення ТО КШ можливість враховувати їх навантаженість є. Умови реальної експлуатації такі, що середній фактичний рівень навантаженості КШ, найчастіше, виявляється нижче 100% -го значення, тоді періодичність ТО збільшується.

За профілем навантаження двигуна трактора встановлюємо середній фактичний рівень навантаженості КШ, далі визначаємо фактичне напрацювання КШ і даємо оцінку рівня навантаженості за коефіцієнтом K_W . Тоді формула визначення кількості енергії витраченої на виконання фактичної роботи W_ϕ , кВт·год., має такий вигляд:

$$W_\phi = \bar{N}_\phi \cdot L_\phi, \quad (3.11)$$

де N_ϕ – фактичний середньозважений рівень навантаженості КШ, кВт;
 L_ϕ – фактичні години роботи двигуна, год.

Для оцінки навантаженості КШ використовуємо коефіцієнт навантаженості K_W , який визначається за формулою в припущенні лінійного взаємозв'язку кількості витрат енергії і напрацювання:

$$K_w = \frac{W_\phi}{W_H} = \frac{L_H}{L_w}, \quad (3.12)$$

звідки отримуємо:

$$L_w = L_H / K_w, \quad (3.13)$$

де L_w – напрацювання в залежності від середньозваженої навантаженості.

В цьому випадку оцінка ефективності ТО характеризується коефіцієнтом підвищення довговічності при середньозваженій навантаженості.

3.3. Результати лабораторних досліджень

З метою встановлення граничного радіального зазору досліджені КШ зняті з експлуатації. Для кожного КШ вимірювали радіальний зазор, навантаженість і напрацювання, потім проводили порівняння на сумісність з даними експлуатаційних вимірювань, зокрема перевірка однорідності.

Для проведення практичної апробації лабораторної установки і методики вимірювання досліджені КШ зняті з експлуатації через перевищення граничного напрацювання.

В ході проведення лабораторних і експлуатаційних досліджень отримані дві вибірки в обсязі 12 одиниць, які представлені в табл. 3.1. Експлуатаційні вимірювання проводили приладом безпосередньо в польових умовах, а лабораторні – установкою в умовах ремонтної майстерні. Для встановлення кількісного значення граничного зазору отриманих даних проводимо перевірку на нормальність розподілу емпіричних даних і однорідність.

Таблиця 3.1 – Дані лабораторних та експлуатаційних досліджень

Радіальний зазор, мм	Експлуатація	0,31	0,2	0,32	0,13	0,13	0,2	0,2	0,25	0,25	0,31	1,04	0,58
	Лабораторія	0,17	0,16	0,3	0,11	0,1	0,2	0,2	0,12	0,12	0,17	0,92	0,51

Перевірку нормальності розподілу емпіричних даних проводили за допомогою критерію Колмогорова А.М. Статистика критерію має вигляд:

$$\lambda = \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}} \cdot \max |F_{n_1}(x) - F_{n_2}(x)|, \quad (3.14)$$

де $F_{n1}(x_i)$ і $F_{n2}(x_i)$ – емпіричні функції розподілу, побудовані за двома вибірками n_1 і n_2 . Отримані дані з табл. 3.2 за двома вибірками розбиваємо на інтервали x_i , і визначаємо накопичену частоту $n_{\text{нак}}$ і функції розподілу $F_n(x_i)$ за двома вибірками. Уявімо графічно на рис. 3.3 точку розбіжності між емпіричними кривими.

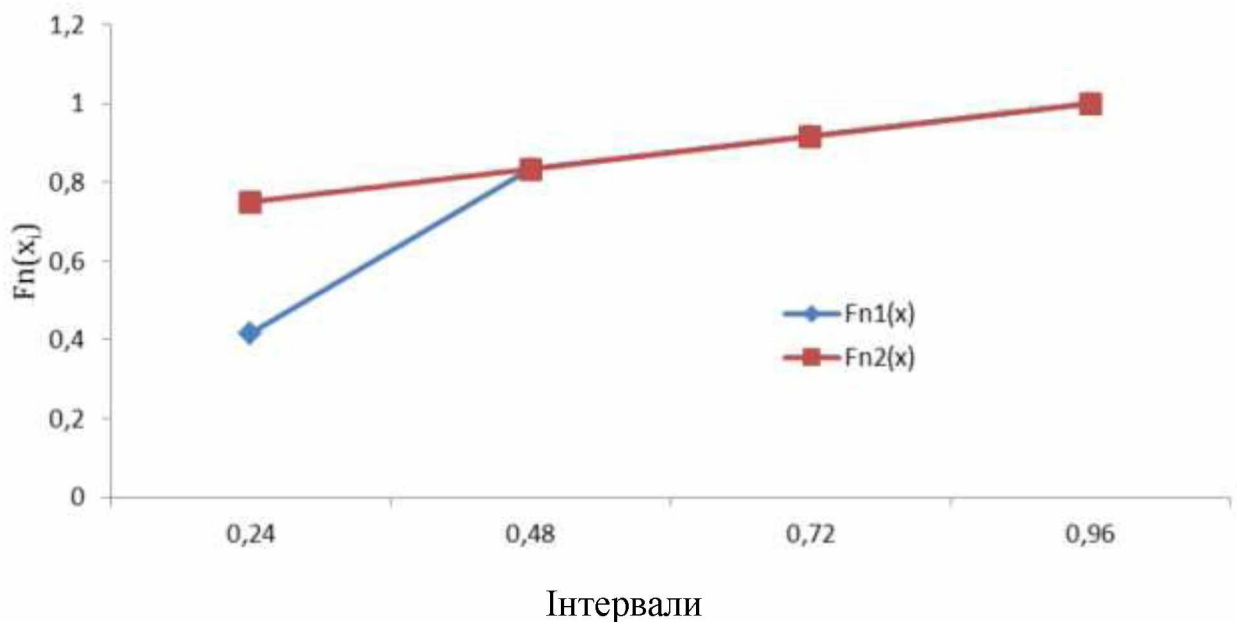


Рисунок 3.3 – Емпіричні функції розподілів

Таблиця 4.2 – Оцінка нормальності розподілу методом Колмогорова

x_i	n_1	n_2	$F_{n1}(x_i)$	$F_{n2}(x_i)$	ΔF
0,24	5	9	0,417	0,75	0,33
0,48	10	10	0,83	0,83	0
0,72	11	11	0,91	0,91	0
0,96	12	12	1	1	0

Розрахунки показують, що максимальне значення $\Delta F = 0,4$, $\lambda = 0,82$.

3.4. Аналіз зносу шипів хрестовин

Наявність статистичних характеристик зносів шипів дозволить створити базу для розробки заходів підвищення довговічності КШ, пов'язаних з ТОР.

Проводилися спостереження циліндричних поверхонь зношених шипів хрестовин (додаток А).

Оцінка статистичного ряду на наявність випадających точок по правилу трьох сигм показала наявність 5 випадających точок з максимальними значеннями зносу. Скоригований вибірка складає 89 елементів і має наступні статистичні характеристики: середнє значення $\bar{I} = 3,83$ мкм, стандартне відхилення $\sigma_I = 3,58$, найменше значення $\bar{I}_{min} = -6,89$ мкм, найбільше значення $\bar{I}_{max} = 14,56$ мкм. Перевірка на наявність випадających точок за критерієм Ірвіна показала, що крайні точки вибірки достовірні (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Інтервальний статистичний ряд зносу I , мкм

Інтервал, мкм	Дослідна частота	Вірогідність	Частота, %	Накопичена дослідна вірогідність %	Диференційна функція	Інтегральні функція
0,33-2,27	6	0,06	6	7	0,1543791	0,1773
2,27-4,2	43	0,43	43	55	0,1281663	0,456
4,2-6,13	27	0,27	27	85	0,0885612	0,6658
6,13-8,07	2	0,02	2	87	0,05624	0,8039
8,07-10,0	2	0,02	2	89	0,0337316	0,8893
10,0-11,93	2	0,02	2	91	0,0193174	0,9396
11,93-13,87	5	0,05	5	97	0,0107107	0,9678
13,87-15,8	0	0	0	97	0,0057645	0,9833
15,8-17,73	0	0	0	97	0,0030127	0,9915
17,73-19,67	2	0,02	2	100	0,0015436	0,9958

Коефіцієнт варіації дорівнює $v = 0,8$, що вказує на приналежність даної вибірки до закону розподілу Вейбулла.

Використовуючи отримані параметри, розрахували диференціальну і інтегральну функції теоретичного закону розподілу. Емпіричні залежності показані на рис. 3.4.

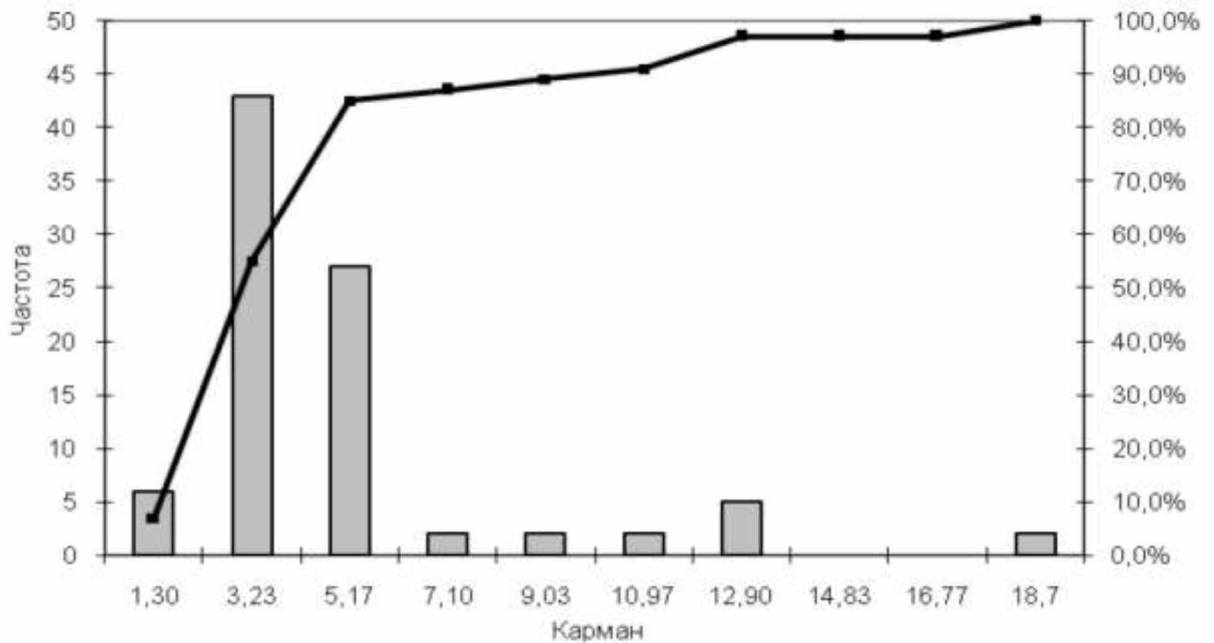


Рисунок 3.4 – Емпіричний розподіл зносу I , мкм

Довірчі границі розсіювання одиночних показників при довірчій ймовірності 0,90 дорівнюватимуть: нижня - 2,4, а верхня - 5,1 мкм. Довірчі кордону розсіювання середнього значення зносу при довірчій ймовірності 0,90 складуть: нижня - 2,4, а верхня - 2,9 мкм. Відносна помилка перенесення становить: нижня - 9,5. а верхня - 10,9%.

З характеристики граничного стану (ГС) КШ, знятих з експлуатації по радіальному зазору, отримаємо технічні умови на доцільність застосування способу ТО КШ зі знімними гніздами.

Для визначення допустимого зносу побудуємо графік залежності радіального зазору від зносу. Середнє значення радіального зазору КШ знятих з експлуатації складає $= 0,274$ мм, тому відкладаємо перпендикуляр від осі абсцис до графіка зносу шипів КШ, потім від кривої зносу відкладаємо перпендикуляр на вісь ординат і отримуємо значення граничного зносу шипів КШ (рис. 3.5).

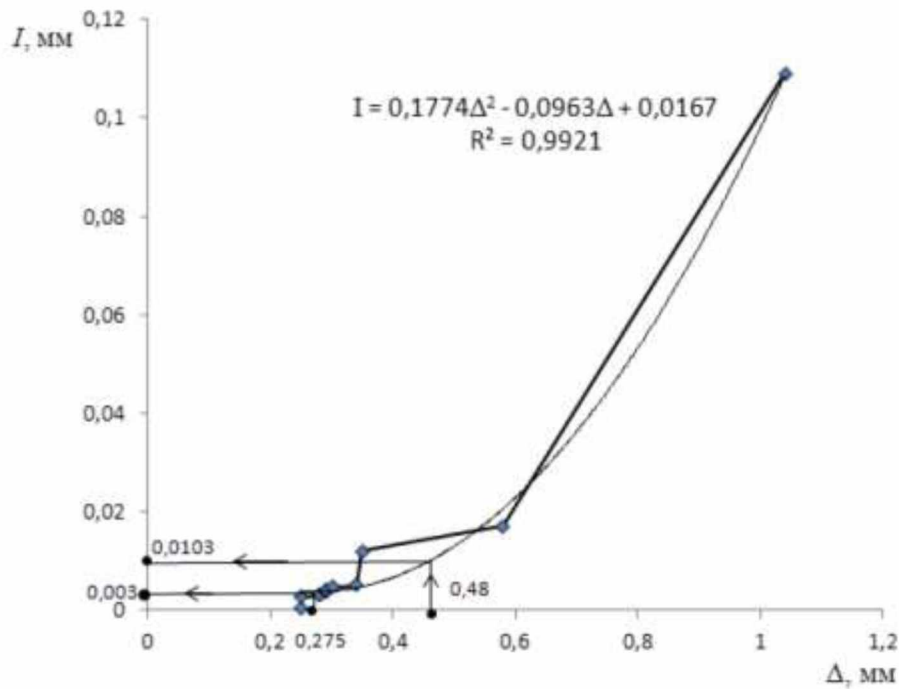


Рисунок 3.5 – Визначення характеристики ГС шипа хрестовини по зносу

Середнє значення граничного зазору дорівнює $\Delta \pm 3\sigma = 0,274 \pm 0,201$ мм, тому підставимо в емпіричне рівняння максимальне значення граничного зазору $\Delta_{max} = 0,475$ мм і отримуємо максимальне значення зносу $I_{max} = 10,3$ мкм. Дані величини характеризують ступінь якості виготовлення хрестовин і рівень пошкоджуваності, що співвідноситься з даними по навантаженості деталей трансмісій спостережуваних тракторів. У зв'язку з цим отримуємо, що інтервалу зносу шипа 3 ... 10,3 мкм відповідає працездатний стан КШ, що мають залишковий ресурс до яких може бути застосований спосіб ТО.

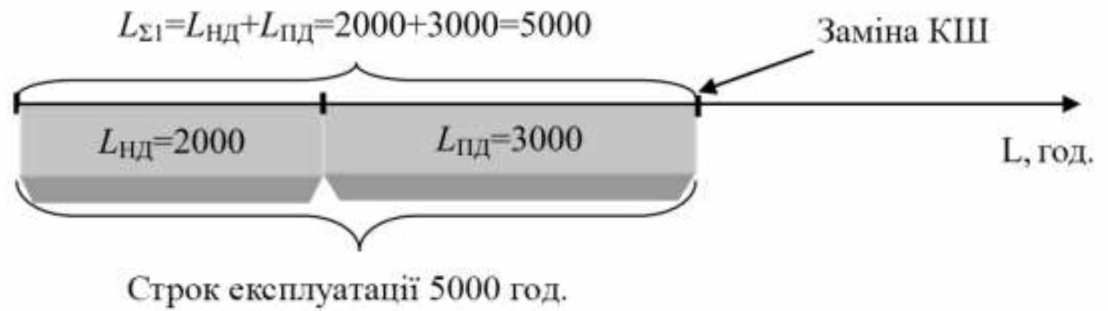
3.5. Технологічний процес технічного обслуговування карданних шарнірів

Проведення ТО КШ відповідно до рекомендації John Deere, прописане в керівництві по експлуатації Service Advisor, призначається при напрацюванні 2000 год. роботи, при цьому проводять перевірку працездатності КШ. Перевірка має на увазі опитування оператора на

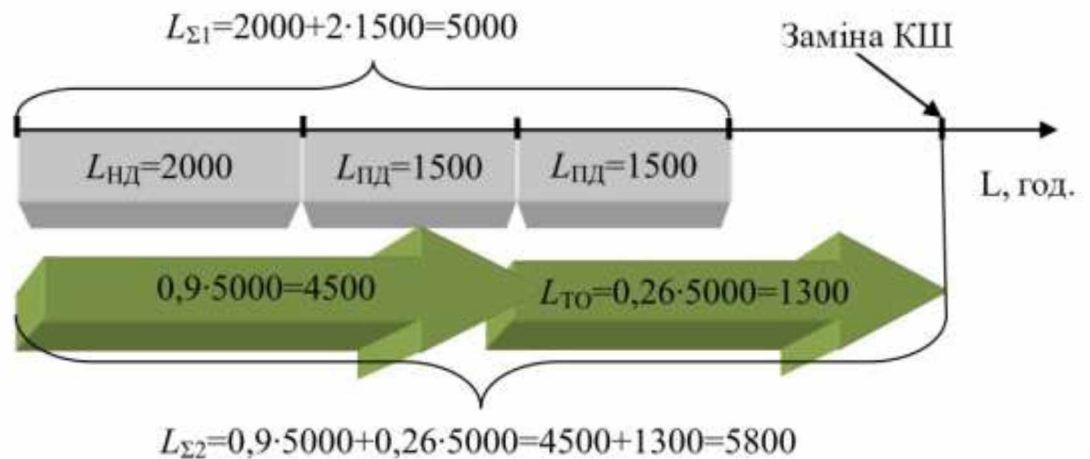
наявність сторонніх шумів і вібрації при роботі КШ під навантаженням, візуальний огляд на предмет виявлення течі мастила з-під ущільнення, повне розбирання КШ при необхідності. При досягненні напрацювання КШ 5000 год. роботи і більше виробник рекомендує провести заміну. Інші ознаки заміни або інші рекомендації в керівництві не регламентовані.

Пропонований варіант реалізації сервісного обслуговування КВ трактора JD 7030 полягає в наступному: перше ТО КШ проводять при напрацюванні 2000 год., додатково до рекомендованого регламенту робіт необхідно перевірити рівень навантаженості КШ з допомогою профілю навантаження двигуна, виміряти радіальний зазор, демонтувати заглушку на корпусі хрестовини і встановити мастильну арматуру, провести контактний вимір робочої температури. Наступні ТО з таким же переліком робіт проводяться з періодичністю 1500 год., що відповідає річному напрацюванню трактора.

Розглянемо можливу графічну інтерпретацію описаних технологічних процесів ТО на основі розроблених варіантів (рис. 3.2) при терміні експлуатації трактора, рівному напрацювання в 5000 год. з одноразовою заміною КШ. В цьому випадку описаний вище сценарій сервісу КШ розвивається за сценарієм заводу-виробника, чому відповідає діаграма на рис. 3.6, а. У пропонованому варіанті експлуатації з проведенням поточних діагностувань, встановлюється напрацювання до проведення ТО, а потім використовується отриманий за результатами досліджень відсоток збільшення довговічності КШ за способом ТО. В результаті сумарне напрацювання 5800 год. дослідного варіанту в порівнянні з 5000 год. нормативного напрацювання перевищує його в 1,16 рази, за умови 100% використання потужності двигуна при завантаженні КШ трактора (рис. 3.6, б).



а) реалізація варіанту сервісу по сценарію заводу-виробника



б) пропонується варіант сервісу з урахуванням способу ТО та його реалізація

Рисунок 3.6 – Порівняння варіантів експлуатації

З метою обґрунтованого прийняття рішення про диференційоване призначення РОВ розроблений технологічний процес реалізації технічного сервісу КВ трактора. На підставі отриманих даних по радіальному зазору в КШ і їх напрацювання, з урахуванням відмовили вузлів, пропонуємо розглянути наступний порядок призначень РОВ в залежності від технічного стану КШ (рис. 3.7).

Величину напрацювання КШ при діагностуванні умовно ділимо на чотири групи:

1) напрацювання, пов'язане з припрацюванням при адаптації до умов експлуатації (до 10% від нормативної напрацювання);

2) напрацювання, відповідне нормальній експлуатації (при сталому режимі роботи, від 10 до 75% нормативного напрацювання);

3) напрацювання, відповідне передвідмовному стану (при рівні напрацювання 75 ... 95% від нормативного);

4) напрацювання, при якому відбувається розвиток і виникнення відмови (на рівні 95% і більше від нормативного).

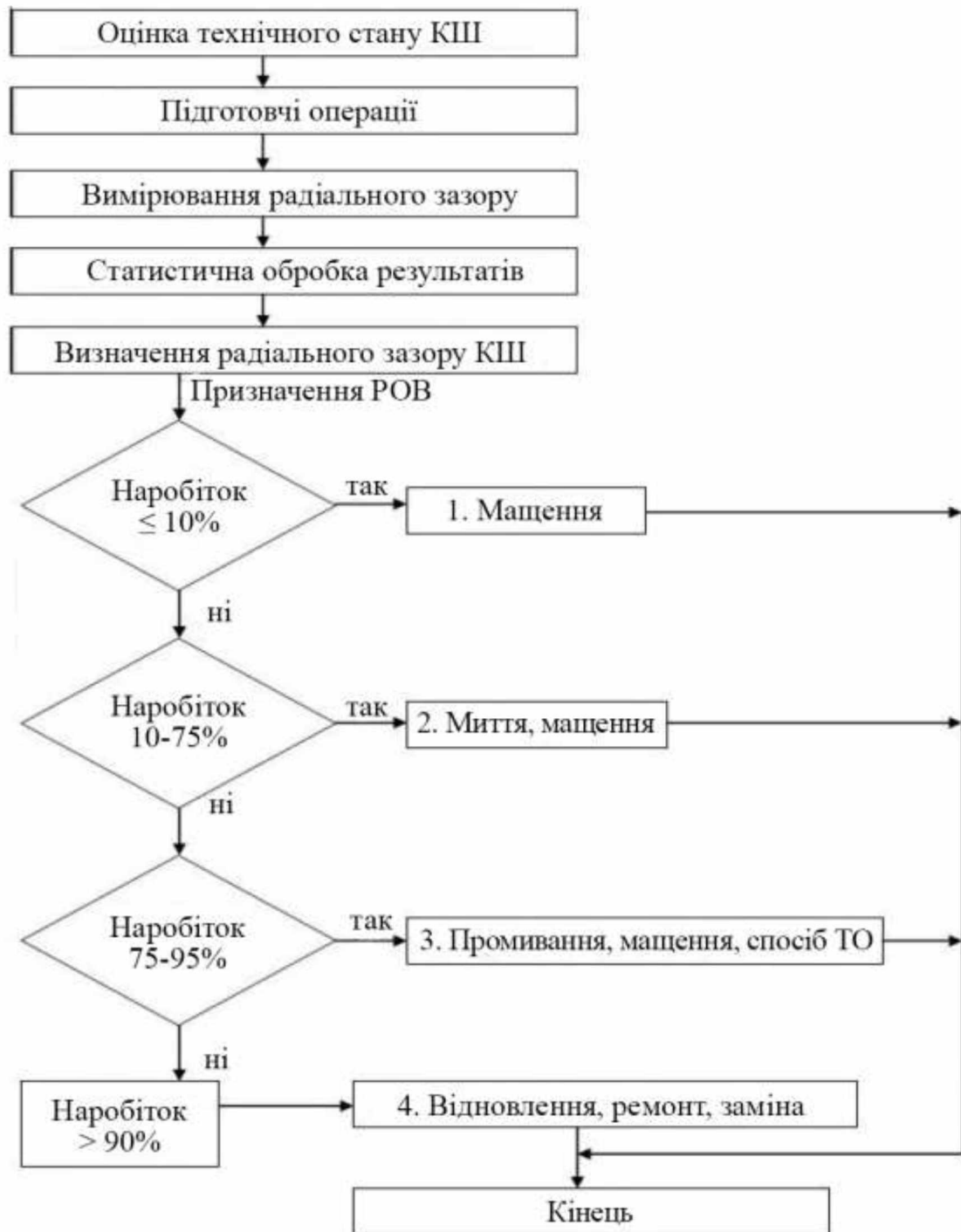


Рисунок 3.7 – Схема призначення РОВ діагностованих КШ

Відповідно до описаними етапами експлуатації КШ пропонуються наступні варіанти призначення РОВ (рис. 3.7):

- 1) при напрацюванні по першій групі можливе поповнення мастила;
- 2) з напрацюванням по другій групі за потребою рекомендується здійснити промивання хрестовини в зборі та замінити мастило;
- 3) при напрацюванні по третій групі необхідно виконати застосування способу ТО шляхом заміни робочих поверхонь підшипникових вузлів [22];
- 4) з напрацюванням по четвертій групі необхідно виконати відновлення або заміну КШ шарніром із залишковим ресурсом або новим.

Висновки

1. Обґрунтовано можливість підвищення довговічності КШ шляхом проведення ТО і складена математична модель довговічності КШ, що дозволяє провести оцінку його ефективності запропонованого способу.

2. Теоретично обґрунтований спосіб реалізації підвищення довговічності КШ в експлуатації на основі розробленого способу ТО. Розроблено методику коригування періодичності ТО КШ за параметрами оцінки їх дійсної навантаженості і фактичного напрацювання.

3. Аналіз даних зносу шипів КШ показав, що масив описується законом розподілу Вейбулла, при цьому діапазону зміни радіального зазору КШ 0,274-0,475 мм відповідає діапазон зносу шипів 3,0-10,3 мкм, яким при цьому відповідає працездатний стан КШ, мають залишковий ресурс і підлягають проведенню ТО шляхом заміни робочих поверхонь.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна паспортизація ремонтно-обслуговуючих підприємств є одним з ефективних перспективних засобів охорони навколишнього природного середовища. Екологічний паспорт підприємства належить до його основної проектно-технічної документації. Поряд з технологічним регламентом він повинний бути на кожному підприємстві. У цьому документі наведені дані, що характеризують взаємовідносини підприємства з довкіллям.

У першій частині паспорта наводяться загальні відомості про виробництво: назва підприємства та продукції, що виробляється, район розташування, його потужність, займана площа, кількість працюючих та основні витратні величини споживаної сировини, води, енергії, палива, пари, повітря тощо, а також відомості про споживану сировину, джерела водо- і теплопостачання, короткий опис технологічних схем виробництва основної продукції, технології очищення газо- димових викидів в атмосферне повітря та стічних вод, оборотність, зберігання, транспортування та вилучення твердих відходів (назва, кількість, хімічний склад та деякі основні властивості, технологія відновлення або виготовлення), утримання приміщень і споруд, плани дій в аварійних умовах, небезпечні матеріали, відомості про кращі альтернативні технології, що застосовуються на інших підприємствах країни чи світової практики і завдають меншої шкоди довкіллю.

Характеризується також санітарно-захисна зона підприємства (площа зони, прилеглі об'єкти, її оформлення).

У другій частині паспорта відображені заплановані природоохоронні

заходи із зазначенням конкретних термінів, виконавців, обсягів і витрат, питомих і загальних газо-димових викидів в атмосферне повітря і скидів стічних вод та відходів виробництва до і після впровадження кожного заходу.

Екологічні паспорти дають змогу зробити аналіз екологічного середовища в регіоні, порівняти техніко- і еколого-економічні дані з даними інших підприємств, що характеризуються природоохоронними заходами.

Одночасно можна оцінити й ефективність застосованої технології, повноту використання матеріалів й палива, ефективність технології очищення стічних вод і газо-димових викидів.

Можна також зробити еколого-економічну оцінку збитків взагалі і завданих природі зокрема, ефективність використання палива та енергії.

Оскільки об'єкти підприємства є джерелами забруднення атмосфери і навколишнього середовища, то проводять аналіз забезпеченості технічними засобами контролю за станом навколишнього середовища, викидами забруднюючих речовин в атмосферу і дають оцінку виконання екологічних заходів, приводять дані про використання і охорону земельних і водних ресурсів, описують методи контролю за шкідливими викидами, заходи щодо їх зменшення.

Екологічні порушення (злочини) караються відповідно до вимог Кримінального кодексу України. Вимоги закону передбачають встановлення чіткого причинного зв'язку між зробленим порушенням і погіршенням навколишнього середовища.

До екологічних злочинів відносять: забруднення навколишнього природного середовища (води, повітря, ґрунту); порушення правил обороту небезпечних матеріалів і відходів.

Забруднення, виснаження поверхневих чи підземних вод, джерел питної води або зміна її природних властивостей можуть завдати шкоди сільському господарству. Оцінка завданого збитку здійснюється з урахуванням реальної вартості затрат на відновлювальні роботи та ліквідацію наслідків.

Порушення правил викиду забруднювальних речовин в атмосферу, експлуатації очисних споруд чи інших об'єктів спричиняють забруднення або зміну природних властивостей повітря, що може завдати істотної шкоди здоров'ю людини.

Шкідливий плив на ґрунти чинить забруднення їх відходами господарської діяльності, що може бути небезпечним для здоров'я людей, забруднювати сільськогосподарську продукцію і водойми.

Порушення правил охорони навколишнього середовища полягає у використанні непередбачених правилами методик, відмови від виконання відповідних робіт або в бездіяльності при необхідних обов'язках. Це може бути, зокрема, ігнорування інформації, відмова від проведення екологічної експертизи та будівництва очисних споруд, порушення правил будівництва, експлуатації і ліквідації побудованих споруд тощо.

За скоєні екологічні злочини порушники несуть правову відповідальність. Екологічне законодавство передбачає три рівні покарання: порушення; порушення, що завдали значних збитків; порушення, що спричинили смерть людей (тяжкі наслідки).

Залежно від величини заподіяних збитків це можуть бути штрафи, заборона обіймати певні посади на встановлений термін, виправні роботи та позбавлення волі на визначений законом термін.

Система екологічного менеджменту в країні визначається і регламентується Закони України «Про охорону навколишнього природного середовища» Згідно з цим законом, метою державного управління в галузі охорони довкілля є реалізація законодавства, контроль за дотриманням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища. Отже, державний екологічний менеджмент включає чотири основні функції:

- здійснення природоохоронного законодавства;
- контроль за екологічною безпекою;
- забезпечення проведення природоохоронних заходів;

- досягнення узгодженості дій державних і громадських органів.

Ринково орієнтована економіка охоплює такі групи функцій екологічного менеджменту: реструктуризація виробництва, приватизація, створення конкурентного середовища і ринкового ціноутворення.

На рівні підприємства до загальних функцій управління належить:

- формування екологічної політики;
- визначення екологічних цілей та завдань відповідно до екологічної політики;
- розроблення стратегічного плану реалізації екологічної політики;
- розроблення та реалізація програми екологічного управління;
- формування екологічної свідомості та мотивування;
- ведення документації екологічного менеджменту;
- оперативне управління, аналіз та вдосконалення.

Виконання системоутворювальних функцій екологічної політики, визначення екологічних цілей і завдань, розроблення та реалізація екологічної програми здійснюється за допомогою екологічної експертизи. Екологічна експертиза – це науково-практична діяльність спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів, дія яких впливає або може негативно впливати на стан довкілля та здоров'я людей.

Основними завданнями екологічної експертизи є визначення ступеня екологічного ризику й безпеки суб'єкта господарської діяльності; встановлення відповідності вимогам екологічного законодавства; оцінка впливу різних об'єктів на довкілля, здоров'я людей та можливих негативних екологічних наслідків.

Основними принципами екологічної експертизи є:

- гарантування безпечного життя довкілля;
- наукова обґрунтованість життя довкілля;

– державне регулювання та законність.

Державну екологічну експертизу об'єктів загальнодержавного і міжобласного значення проводить управління екологічної системи України, об'єктів місцевого значення – відділи екологічної експертизи обласних управлінь екологічної безпеки.

Законом «Про екологічну експертизу», прийнятим Верховною Радою України у 1995 р., передбачено державне регулювання і управління в галузі екологічної експертизи, статус експерта, обов'язки замовників експертизи, порядок проведення експертизи, її фінансування, відповідальність за порушення та міжнародне співробітництво [31].

Висновки громадської експертизи направляють в органи, що здійснюють державну екологічну експертизу, центральні й місцеві влади, замовникам проекту.

4.2. Охорона праці

4.2.1. Актуальність проблеми безпеки людини у виробничому середовищі та при надзвичайних ситуаціях

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенні умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують

травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

Кожна людина і, безперечно, людина з вищою освітою повинна усвідомлювати важливість питань уникнення ризиків у житті та праці.

Україна в освітньому плані приєдналася до Європейської програми навчання з ризиків FORM-OSE [32]. Безпека життя та праці сьогодні формується як меганаука, без якої людство приречене на значні втрати.

Умови праці – це складне об’єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов’язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров’я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва. Вони характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю в робочій зоні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, психофізичним та естетичними елементами діяльності працівників господарства.

Охорона життя та здоров’я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці є одним з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці.

З часу виникнення людської цивілізації кожна людина дбала про власну безпеку та безпеку своїх близьких так само, як і людству доводилось дбати про безпеку свого існування. Людська цивілізація досягає все більшої могутності, а проблема безпеки її існування стає все більш гострою. Актуальність проблеми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в світі значно зросла на початку третього тисячоліття. Сьогодні ця проблема стала пріоритетною для світової цивілізації.

4.2.2. Вимоги безпеки при нанесенні покриттів

При нанесенні покриттів на робочі поверхні робітник має справу з різноманітними пристроями та обладнанням.

Основними технічними засобами охорони праці в цьому випадку є захисні пристрої.

Для запобігання захоплення, удару робочими механізмами всі види передач різних верстатів і установок, які використовуються при відновленні гільз і нанесенні покриттів повинні мати огорожувальні пристрої - кожухи, щити, екрани, козирки, планки, бар'єри (суцільні та сітчасті).

Крім того застосовують: блокувальні пристрої (механічні, електронні, електричні, пневматичні, гідравлічні), пристрої, до яких відносяться системи захисту від ураження електричним струмом, пристрої сигналізації.

Для безпеки експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок необхідно забезпечити захисне заземлення.

При виявленні нагріву тертьових деталей, появі гару або диму верстат потрібно негайно зупинити і приступити до гасіння пожежі наявними засобами, викликати пожежну команду. Двигун, що загорівся, або електропроводку необхідно гасити сухим піском або вогнегасником (вуглекислотним або порошковим). При значному поширенні пожежі, коли його не можна ліквідувати наявними на ділянці засобами, робітники будуть евакуюватися через заздалегідь передбачену необхідну кількість дверей.

Запропоновано пристосування для нанесення покриттів на поверхні зношених деталей. Характерною особливістю є використання різноманітних хімічних речовин.

Робота з такими речовинами створює небезпеку отруєнь, опіків та професійних захворювань. Вдихання шкідливих речовин призводить до ураження верхніх дихальних шляхів і загальнотоксичного впливу. Попадання кислот і лугів на шкіру може викликати подразнення або опік. Тому необхідно працювати в спеціальній захисній формі.

Поряд з хімічними небезпечними і шкідливими факторами технологічний процес характеризується і фізичними факторами: шумом, вібрацією, запиленістю та ін.

Щоб захистити працюючих від запиленості, шуму і вібрації потрібно встановити в приміщенні вентиляцію, кондиціонери, звукоізолюючі кожухи, екрани, стіни, перетинки, які виготовляють із щільного матеріалу.

Також для працівників повинні проводитись всі потрібні інструктажі і навчання з охорони праці, повинен бути журнал з проведення інструктажів, з відповідними замітками.

Висновки щодо підвищення стану охорони праці

У розділі охорони праці дипломного проекту представлений аналіз загальних питань охорони праці, розглянуто основні шкідливі фактори, що виникають в під час технологічного процесу та їх вплив на організм людини, запропоновано заходи для забезпечення нормальних умов праці:

- 1) для забезпечення безпеки обладнання запропоновані захисні і огорожувальні пристрої;
- 2) для виключення ураження електричним струмом необхідно застосування заземлюючих пристроїв;
- 3) для захисту від небезпечних хімічних речовин – використання спеціального захисного одягу;
- 4) для зменшення запиленості – використання вентиляції, для зменшення шуму і вібрацій – звукоізолюючі засоби;

4.3. Техніко-економічне обґрунтування розробки

Застосування розробленого способу ТО КШ дозволить отримати економічний ефект на підприємствах, пов'язаних з експлуатацією техніки,

оснащеної КШ CR115 (RE52347 JD) за рахунок підвищення довговічності КШ шляхом заміни робочих поверхонь шипів хрестовини з мінімальними капіталовкладеннями.

Для порівняння повної собівартості необхідно економічне порівняння запропонованого способу ТО КШ в порівнянні з запропонованими рекомендаціями заводу-виробника тракторів JD 7830.

Обґрунтування техніко-економічної ефективності проводимо відповідно до методики, яка передбачає визначення витрат від застосування методу ТО, річну економію і термін окупності витрат для способу ТО [26].

Вартість матеріалів, що використовуються при проведенні ТО КШ, встановлюємо виходячи з норм витрати нарізного фіксатора і очисника фіксатора. У вартість матеріалів включаємо вартість КШ, який, відповідно до регламенту ТО, підлягає заміні. За даними прайс-листа компанії John Deere вартість однієї хрестовини типорозміру RE52347 (тип CR115) становить 20767,5 грн. з урахуванням ПДВ, а так як КШ змінюють в комплекті, тоді витрати подвоюються і складають 41535 грн.

Витрати на матеріали необхідні для заміни КШ C_M , грн., визначаємо за формулою:

$$C_M = H_M \cdot \Pi_M - H_O \cdot \Pi_O \quad (4.1)$$

де H_M, H_O – добові норми витрат основних матеріалів на один КШ, мл;

Π_M, Π_O – ціна основних матеріалів за прейскурантом, грн.

Для проведення заміни або ТО КШ необхідно викрутити вісім болтів, очистити, зробити маніпуляції і нанести по краплині фіксатора різьбових з'єднань; затягнути болти, притиснувши КШ до вилки з зусиллям 70 Н·м. Зразкова витрата клею на один болт дорівнює 0,04 мл, тому $0,04 \cdot 8 = 0,32$ мл. Вартість 50 мл клею для різьбових з'єднань становить 1570 грн., звідки отримуємо: $C_K = (1570 \cdot 0,32) / 50 = 10,05$ грн.

При проведенні ТО КШ за запропонованим способом необхідно виконувати вимірювання радіального зазору за допомогою вдосконаленого

приладу, вартість виготовлення якого становить 3340 грн., при цьому слід врахувати амортизаційні відрахування (12%) на ремонт і технічне обслуговування приладу – 400 грн.

Розрахунок витрат на витратні матеріали та прилади заносимо в табл.4.1.

Таблиця 4.1 – Витрати на спосіб ТО КШ або заміну КШ

Назва матеріалів	Норма витрат на комплект КШ, мл		Ціна, грн.	Ціна, грн.	Сума на комплект КШ, грн.		Зворотні відходи, грн.	
	Дане	Проект.			Дане	Проект.	Дане	Проект.
Фіксатор різьби середній, 50 мл	0,64	0,64	1570	31,4	20,1	20,1	1570	1538
Очишувач герметика, 400 мл	6,4	6,4	458	0,87	5,57	5,57	458	457
КШ, шт.	2	0	41535	41535	41535	0	–	0
Прилад	–	–	–	3740	–	3740	–	–
Всього	–	–	43563	–	41560	3565	2028	1995

Зробимо порівняння собівартості ТО комплекту КШ в порівнянні з заміною їх новими КШ. Технічне обслуговування КШ проводимо безпосередньо на пунктах ТО або в польових умовах за допомогою устаткування, що є в сервісному автомобілі.

Річна економія від зниження собівартості при впровадженні способу ТО КШ з урахуванням підвищення довговічності визначається за формулою:

$$E_P = (C_{ТО-1} \cdot k_{дТО} - C_{ТО-2}) \cdot A_2, \quad (4.2)$$

де $C_{ТО1}$, $C_{ТО2}$ – собівартість ТО КШ відповідно в початковому і новий спосіб обслуговування по змінним статтям, грн.;

A_2 – річний обсяг ТО, шт.;

$k_{дТО}$ – коефіцієнт, що враховує підвищення ресурсу КШ.

Собівартість заміни КШ при ТО визначаємо за формулою:

$$C_{ТО-1} = 3П_{О1} + 3П_{Д1} + ПДВ_1 + C_{31}, \quad (4.3)$$

де C_{TOI} – собівартість заміни КШ, грн.;

$ЗП_{OI}$ – заробітна плата основна, грн.;

$ЗП_{DI}$ – заробітна плата додаткова, грн.;

$ПДВ_1$ – податок на додану вартість, грн.;

C_{ZI} – витрати на заміну КШ, грн.

Основна заробітна плата визначається за формулою:

$$ЗП_O = \sum_{i=1}^n t_i \cdot C_{\text{чи}} \cdot K_{\text{ПП}}, \quad (4.4)$$

де t_i – трудомісткість операції ТО, люд.-год.;

$C_{\text{чи}}$ – годинна тарифна ставка робітників при виконанні операції;

$K_{\text{ПП}}$ – коефіцієнт, що враховує преміальні виплати з єдиного фонду оплати праці (в розрахунках приймаємо $K_{\text{ПП}} = 1,3$);

N – число операцій для проведення ТО.

Приймаємо трудомісткість операції заміни дорівнює $t_I = 2,5$ люд.-год., тоді отримуємо за формулою (4.4):

$$ЗП_O = 2,5 \cdot 200 \cdot 1,3 = 650 \text{ грн.}$$

Тоді додаткова заробітна плата складе:

$$ЗП_{DI} = 0,15 \cdot ЗП_O = 0,15 \cdot 650 = 90 \text{ грн.}$$

Звідки нарахування по фонду соціального страхування рівні:

$$ПДВ_1 = 0,18(ЗП_{OI} + ЗП_{DI}) = 0,18(650 - 90) = 100 \text{ грн.}$$

Вартість заміни КШ C_{ZI} , грн., визначається за формулою:

$$C_{31} = C_M + C_{III}, \quad (4.5)$$

де C_M – вартість клею і очищувача герметика для різьбових з'єднань, грн.;

C_{III} – вартість комплекту КШ, грн.

Таким чином, собівартість заміни КШ при ТО з урахуванням вартості робіт і витратних матеріалів обчислюється за формулою (4.3):

$$C_{TO-1} = 650 + 90 + 100 + (26 + 41535) = 42400 \text{ грн.}$$

Собівартість ТО КШ за пропонованим способом визначаємо за формулою:

$$C_{TO-2} = 3П_{O2} + 3П_{Д2} + ПДВ_2 + C_M, \quad (4.6)$$

де C_{TO2} – собівартість ТО КШ з урахуванням способу ТО, грн.

Приймаємо: трудомісткість операції ТО з урахуванням заміни робочих поверхонь і виміру радіального зазору дорівнює $t_I = 3,0$ люд.-год., звідки отримуємо за формулою (4.3):

$$3П_{O2} = 3,0 \cdot 200 \cdot 1,3 = 780 \text{ грн.}$$

Тоді додаткова заробітна плата складе:

$$3П_{Д2} = 0,15 \cdot 3П_{O2} = 0,15 \cdot 780 = 117 \text{ грн.}$$

Звідки нарахування по фонду соціального страхування рівні:

$$ПДВ_2 = 0,18(3П_{O2} + 3П_{Д2}) = 0,18(780 + 117) = 120 \text{ грн.}$$

Тоді з урахуванням даних за вартістю витрачених матеріалів отримуємо собівартість способу ТО за формулою (4.6):

$$C_{TO-2} = 780 + 117 + 120 + 3566 = 4583 \text{ грн.}$$

Річну економію витрат від зниження собівартості ТО при впровадженні способу ТО КШ з урахуванням підвищення довговічності визначаємо за формулою (4.2):

$$E_p = (42400 \cdot 1,16 - 4583) \cdot 1 = 44600 \text{ грн.}$$

Річна економія з урахуванням 60% частки КШ, що потребують ТО складе близько 2,5 млн. грн. для Полтавської області.

Термін окупності додаткових витрат, пов'язаних з використанням методу ТО КШ визначаємо за формулою:

$$T_{OK} = K / E_G, \quad (4.7)$$

де K – витрати на впровадження способу ТО, грн.;

E_G – річна економія від зниження собівартості продукції при впровадженні розробок, грн.

Тоді після підстановки значень отримаємо:

$$T_{OK} = 4583 / 44600 = 0,10 \text{ року.}$$

Представлений економічний ефект не враховує зменшення потреби в запасних частинах.

Висновки

Річний економічний ефект від впровадження запропонованого способу проведення технічного обслуговування карданних шарнірів тракторів John Deere складе 44600 грн.

За рахунок зниження витрат запасних частин і підвищення довговічності карданних шарнірів, що дозволяє окупити одноразові капіталовкладення протягом 0,10 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Одним з найбільш перспективних напрямків підвищення довговічності КШ є вдосконалення способів технічного обслуговування і процесів їх діагностичного моніторингу в післягарантійний період експлуатації.

2. Складено програму і розроблена методика для лабораторних досліджень КШ, знятих з експлуатації за критерієм досягнення граничного напруження, що рекомендується заводом-виробником.

3. Обґрунтовано можливість підвищення довговічності КШ шляхом проведення ТО і складена математична модель довговічності КШ, що дозволяє провести оцінку його ефективності запропонованого способу.

4. Теоретично обґрунтований спосіб реалізації підвищення довговічності КШ в експлуатації на основі розробленого способу ТО. Розроблено методику коригування періодичності ТО КШ за параметрами оцінки їх дійсної навантаженості і фактичного напруження.

5. Аналіз даних зносу шипів КШ показав, що масив описується законом розподілу Вейбулла, при цьому діапазону зміни радіального зазору КШ 0,274-0,475 мм відповідає діапазон зносу шипів 3,0-10,3 мкм, яким, при цьому, відповідає працездатний стан КШ, що мають залишковий ресурс і підлягають проведенню ТО шляхом заміни робочих поверхонь.

6. Річний економічний ефект від впровадження запропонованого способу проведення ТО КШ тракторів John Deere складе 44600 грн.