

**ДОДАТКОВІ ПОКАЗНИКИ РЕМОНТОПРИДАТНОСТІ
ГІДРАВЛІЧНИХ ТРАНСМІСІЙ МОБІЛЬНИХ МАШИН
ПРИ ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ І РЕМОНТІ**

**Мельянцов П. Т., к.т.н., доцент, Калганков Є. В., Кириленко О. І.,
Черних Т. В., Мельянцов А. П.**
(Дніпропетровський державний аграрний університет)

Проведені дослідження коефіцієнтів доступності та легкоз'ємності, які характеризують ремонтпридатність та пристосованість гідравлічної трансмісії для проведення технічного обслуговування та ремонту.

Гідравлічні трансмісії мобільних машин (ГСТ-90, ГСТ-112), як і більшість сучасних технічних систем з тривалим терміном експлуатації являються відновлювальними. Їх технічний стан в процесі експлуатації підтримується проведенням комплексу робіт профілактичного і відновлювального характеру, які характеризуються значними витратами праці та матеріальних ресурсів. Як правило ці витрати за час експлуатації трансмісії значно перевищують відповідні витрати на її виготовлення. Це обумовлюється тим, що сучасний стан науки і техніки не дозволяє при помірних витратах на проектування і виробництво, створювати конструкції машин, які б не вимагали обслуговування і ремонту в експлуатації.

Таким чином однією з основних вимог до гідравлічної трансмісії являється пристосованість її конструкції до робіт, які проводяться з метою підтримання і відновлення робото здатного стану в процесі експлуатації. В відповідності до планово-запобіжної системи технічного обслуговування та ремонту машин сукупність робіт по підтриманню та відновленню робото здатного стану трансмісії та її ресурсу ділиться на технічне обслуговування та ремонт.

Пристосованість гідравлічної трансмісії до проведення робіт з метою підтримання і відновлення робото здатного стану і ресурсу прийнято називати ремонтпридатністю. При цьому властивості ремонтпридатності закладаються і забезпечуються при їх конструюванні та виготовленні.

Для ефективного керування властивостями ремонтпридатності гідравлічної трансмісії при проведенні технічного обслуговування і ремонту необхідно знати фактори, які на них впливають і можуть бути як кількісними так і якісними.

Успішне рішення даної задачі-визначення показників ремонтпридатності при технічному обслуговуванні (ТО) і ремонті трансмісії - можливе при виявленні виду зв'язку між характеристиками ремонтпридатності і характеристиками факторів, які на неї впливають. Звичайно вся різноманітність показників ремонтпридатності ділиться на дві групи: основні (нормовані) і додаткові (ненормовані) показники.

В практиці проектування і експлуатації гідравлічних систем накопичено значний досвід в створенні конструкцій, які мають високий рівень технологічності при ТО і ремонті. Характерними признаками таких конструкцій являється блочний характер виконання, доступність для обслуговування і контролю технічного стану, довговічність конструктивних елементів, пристосованість конструкції в цілому і окремих її елементів до відновлення роботоздатності [1].

При цьому по відношенню до гідравлічної трансмісії, яка включає в себе аксіально-плунжерні агрегати, дане питання розглянуто не достатньо повно на що вказують існуючі технологічні процеси з ТО та ремонту трансмісії та їх матеріально-технічне забезпечення [2].

В зв'язку з цим питання дослідження ремонтпридатності гідравлічної трансмісії (ГСТ-90, ГСТ-112) мобільних машин являється актуальним і потребує детального розгляду.

Встановлення кількісних значень основних нормованих показників, які характеризують ремонтпридатність трансмісії в цілому (або технологічність при ТО і ремонті) можливе при комплексному підході до вибору складу показників і встановленню їх з врахуванням наступних положень:

1. Показники ремонтпридатності являються складовою частиною системи показників надійності;

2. Присутні вимоги до ремонтпридатності гідравлічної трансмісії, забезпеченість їх при проектуванні і виготовленні і оцінка досягнутого рівня на різних стадіях реалізації являються етапами процесу керування властивостями ремонтпридатності;

3. Конструктивні рішення, їх реалізація при виготовленні і встановленні системи ТО і ремонту представляють собою складові частини системи забезпечення вимог до ремонтпридатності трансмісії;

4. Призначення трансмісії, характер функцій, які нею виконуються, режими і умови використання трансмісії, вимоги до ефективності її застосування являються факторами, які суттєво впливають на склад і значення показників ремонтпридатності.

Найбільш поширеними показниками технологічності трансмісії при технічному обслуговуванні являються: середній час проведення i -го виду технічного обслуговування та ймовірність проведення i -го виду технічного обслуговування в заданий час; економічні показники: середня, сумарна і питома трудомісткість технічного обслуговування і середня, сумарна і питома вартість технічного обслуговування.

Середній час проведення i -го виду технічного обслуговування визначається за виразом:

$$T_{\text{ТО},i} = \int_0^{\infty} t_{\text{ТО},i} \cdot f_{\text{ТО},i}(t) dt, \quad (1)$$

де $t_{\text{ТО},i}$ – випадковий час технічного обслуговування i -го виду;

$f_{\text{ТО},i}(t)$ – щільність ймовірності часу технічного обслуговування.

Статистичне значення середньої трудомісткості технічного

обслуговування ($T_{TO,i}$) визначається за виразом

$$T_{TO,i} = 1/n_{t,i} \sum_{i=1}^{n_{t,i}} T_{TO,i}, \quad (2)$$

де $n_{t,i}$ – число технічних обслуговувань i -го виду за період експлуатації t_e ;

$T_{TO,i}$ – середня трудомісткість i -го виду технічного обслуговування.

Не важко бачити, що середній час проведення ТО в основному буде обумовлюватися трудомісткістю визначеного ТО, яке в свою чергу буде залежати від виду робіт, доступністю до основних агрегатів які обслуговуються.

Ймовірність проведення i -го виду технічного обслуговування в заданий час визначається за виразом

$$P_{TO,i}(t) = \int_0^{\infty} f_{TO,i}(t) dt, \quad (3)$$

Статистичне значення ймовірності проведення i -го виду технічного обслуговування в заданий час визначається за виразом

$$P_{TO}^*(t) = 1 - \frac{n_{необ}(t+\Delta t)}{N_{об}(t+\Delta t)}, \quad (4)$$

де $n_{необ}(t + \Delta t)$ – число пристроїв, які не обслуговуються за проміжок часу від t від $(t + \Delta t)$;

$N_{об}(t + \Delta t)$ – загальне число пристроїв, які підлягають обслуговуванню за проміжок часу від t від $(t + \Delta t)$.

Таким чином статистичне значення ймовірності проведення технічних обслуговувань в заданий час буде обумовлюватися в першу чергу законом розподілу часу проведення технічного обслуговування, який буде залежати від конструктивних особливостей агрегатів гідротрансмісії в цілому та умов проведення ТО.

Не важко бачити, що технологічність проведення технічного обслуговування гідравлічної трансмісії буде залежити від забезпеченості доступності до основних агрегатів та їх складових, яка досягається оптимальним розміщенням агрегатів на машині, застосуванням швидко знімних панелей, кришок та технологічних різбових отворів.

Доступність любого із об'єктів технічного обслуговування або ремонту може бути оцінена коефіцієнтом доступності, який розраховується за виразом [2]:

$$K_d = 1 - \frac{T_{дод}}{T_{дод} + T_{осн}} \quad (5)$$

де $T_{дод}$ – трудомісткість додаткових робіт, люд.-год.;

$T_{осн}$ – трудомісткість виконання основної(цільової) роботи люд.-год.

До додаткових робіт ($T_{дод}$) відносяться: зняття і установка технологічних кришок, панелей; демонтаж і монтаж поруч встановленого обладнання, яке не підлягає зніманню та інше.

До основних (цільових) робіт відносяться контрольні, регулювальні, заправ очні операції, заміна фільтруючих елементів та інше.

Для об'ємного гідроприводу трансмісії ГСТ-90 встановлені наступні види технічного обслуговування [2]:

- перше технічне обслуговування (ТО-1) через 60 мото-год.;
- друге технічне обслуговування (ТО-2) через 240 мото-год.

Перше технічне обслуговування включає в себе в більшій мірі роботи пов'язані з перевіркою герметичності та усуненню підтікання робочої рідини, рівня робочої рідини в баку, перевірка механізму керування швидкістю руху, показників вакуумметра в забірній магістралі [2].

Друге технічне обслуговування включає в себе перелік робіт які входять до (ТО-1) і крім того заміна робочої рідини та фільтруючого елемента.

Маючи дані з тривалості проведення номерних технічних обслуговувань для складових гідравлічної трансмісії можна визначити значення коефіцієнта доступності для неї в цілому.

За результатами експериментальних досліджень необхідна інформація з тривалості проведення робіт з технічного обслуговування ТО-2 по агрегатам та складовим наводиться в табл. 1.

Таблиця 1 – Значення тривалості робіт при проведенні ТО-2 гідравлічної трансмісії комбайна «Дон – 1500» (за даними експериментальних досліджень)

Найменування агрегатів та складових трансмісії, які обслуговуються	Тривалість технологічних операцій, хв.			Коефіцієнт доступності (K_d)
	$T_{дод}$	$T_{осн}$	$T_{сум}$	
1. Насос аксіально-плунжерний	2,8	5,2	8,0	0,65
2. Мотор аксіально-плунжерний	1,7	3,2	4,9	0,69
3. Гідравлічний бак	2,3	5,5	7,8	0,71
4. Фільтруючий елемент	1,8	4,2	6,0	0,70
5. Гідравлічна арматура	1,4	2,0	3,4	0,60
Всього	10,0	20,1	30,1	0,67

В відповідності з виразом (5) для всієї гідравлічної трансмісії коефіцієнт доступності буде дорівнювати:

$$K_d = 1 - 10/30,1 = 0,67$$

В цілому отриманий коефіцієнт доступності вказує на доволі високу технологічність трансмісії для проведення технічного обслуговування № 2. При цьому слід врахувати, що обслуговуванням не передбачається проведення діагностичних операцій направлених на визначення технічного стану деталей качаючого вузла аксіально-плунжерної гідромашини, які являються найбільш трудомісткими.

Легкоземність агрегатів трансмісії при технічному обслуговуванні буде обумовлюватися застосуванням мінімального набору спеціального інструменту потрібного для проведення обслуговування, забезпеченням легкого доступу до агрегатів і елементів, які потребують частого огляду. В цілому даний коефіцієнт буде більш вагомим при розгляді ремонтної технологічності гідравлічної трансмісії.

Показники технологічності гідравлічних трансмісій при ремонті

підрозділяються на оперативні та економічні.

До оперативних показників відносяться: середній час проведення i -го виду ремонту та ймовірність проведення i -го виду ремонту в заданий час. До економічних показників: середня, сумарна і питома трудомісткість ремонту і середня, сумарна і питома вартість ремонту. При цьому для визначення даних показників застосовуються залежності, аналогічні прийнятим для показників технічного обслуговування.

Водночас слід врахувати, що для відновлення роботоздатного стану гідравлічної трансмісії застосовуються наступні стратегії [2]:

1 – Відновлення роботоздатності гідравлічної трансмісії виконується на об'єктах ремонтно-обслуговуючої бази другого рівня під керівництвом майстра наладчика; сюди відносяться роботи по заміні гідромотора або гідронасоса і їх складових частин (насоса підпитки, гідророзподільника, клапанної коробки, клапанів високого тиску, шліцевих муфт), тобто роботи, що вимагають часткового розбирання агрегату;

2 – Відновлення роботоздатного стану трансмісії проводиться при повному розбиранні агрегатів гідроприводу (заміна деталей, відновлення деталей, виконання контрольних-регулювальних операцій, для яких потрібно спеціальне обладнання і інструменти), ці роботи виконуються тільки на спеціалізованих ремонтних підприємствах кваліфікованим персоналом, що пройшов спеціальну підготовку.

Являється явним, що технологічність проведення ремонту гідравлічної трансмісії буде залежити від забезпеченості доступності до основних агрегатів та їх складових, та їх легкоземності, які досягаються оптимальним розміщенням агрегатів на машині, та їх конструктивними особливостями.

Для першої стратегії більш інформативним показником буде коефіцієнт легкодоступності ($K_{л}$), а для другої стратегії коефіцієнт доступності ($K_{д}$), який буде враховувати безпосередньо доступ до деталей спряжень, які обумовлюють втрату роботоздатного стану агрегату.

Коефіцієнт легкодоступності розраховується за виразом [3]:

$$K_{л} = 1 - \frac{\Delta T_{дм}}{T_{дм}}, \quad (6)$$

де $T_{дм}$ – трудомісткість демонтажно-монтажних робіт при ремонті трансмісії, люд.-год.;

$\Delta T_{дм}$ – відхилення трудомісткості демонтажно-монтажних робіт при ремонті трансмісії в порівнянні з еталонними значеннями, люд.-год.

Для визначення коефіцієнта легкоземності для першої стратегії відновлення роботоздатності гідравлічної трансмісії (ГСТ-90) для комбайна «Дон-1500» були проведені експериментальні дослідження по визначенню показників трудомісткості. Результати спостережень наводяться в табл. 2.

Аналіз таблиці 2 показує, що заміна насоса підживлення та гідророзподільника не визиває значних складностей при відновленні роботоздатності трансмісії. Вони виникають при заміні клапанної коробки та агрегатів в складі (гідронасоса і гідромотора), що обумовлюється незручністю

поз при проведенні демонтажно-монтажних робіт та значною кількістю різьбових з'єднань.

Таблиця 2 – Значення тривалості робіт при відновленні роботоздатності гідравлічної трансмісії (ГСТ-90) для комбайна «Дон-1500» для першої стратегії (за даними експериментальних досліджень)

Найменування агрегату, який замінюється	Тривалість робіт в хв.		Значення коефіцієнта легкоземності, (K_d)
	$T_{дм}$	$\Delta T_{дм}$	
1.Заміна насоса підпитки	12,5	3,2	0,74
2.Заміна гідророзподільника керування робочим об'ємом	14,5	3,8	0,74
3.Заміна клапанної коробки	10,4	3,6	0,65
4.Заміна гідронасоса в складі	61,2	20,8	0,66
5.Заміна гідромотора в складі	59,6	21,2	0,64

Покращення показників технологічності при ремонті для даних складових гідравлічної трансмісії можливе за рахунок застосування спеціальних пристроїв, які будуть полегшувати підйомно-транспортні роботи при знятті та установці агрегатів, та забезпечення механізації проведення розбирання різьбових з'єднань.

Для другої стратегії відновлення роботоздатного стану гідравлічної трансмісії ремонтна технологічність може бути оцінена коефіцієнтом доступності (K_d), який буде враховувати безпосередньо доступ до деталей спряжень, які обумовлюють втрату роботоздатного стану агрегату та трансмісії в цілому. Його можна розрахувати за виразом [4]:

$$K_d = 1 - \frac{x_j^1 - 1}{x_j^1}, \quad (7)$$

де x_j^1 – сума всіх знятих деталей.

Не важко бачити, що даний коефіцієнт буде залежити від причини втрати роботоздатного стану агрегатом, яка буде обумовлювати об'єм розбиральних робіт при його відновленні.

Проведений аналіз технічного стану гідравлічних агрегатів, які поступають до ремонту, показує, що близько 60-70% відмов припадає на качаючі вузли гідронасоса, гідромотора та насоса підживлення [3].

Для відновлення роботоздатності деталей спряжень качаючих вузлів основних агрегатів необхідно провести повне їх розбирання.

Так в процесі ремонту насосів підживлення основні роботи припадають на верхню і нижню кришку.

Для того, щоб добратися до нижньої кришки нам необхідно зняти одинадцять деталей (болт, кришка верхня, прокладка, качаючий вузол в складі, корпус насоса, прокладка, пробка, пружний штифт, транспортна пробка, клапан запобіжний) за даними розробленої структурної схеми розбирання насоса підживлення.

Тоді коефіцієнт доступності для задньої кришки складе:

$$K_d = 1 - 1/11 = 0,1$$

Враховуючи те, що коефіцієнт доступності знаходиться в інтервалі $0 < K_d \leq 1$, можна сказати, що задня кришка належить до важко доступних деталей.

Для доступу до передньої кришки необхідно зняти дві деталі (болт і прокладку). Коефіцієнт доступності для неї складе $K_d = 0,5$ і вказує на добру доступність до передньої кришки. Коефіцієнт доступу до качаючого вузла складе $K_d = 0,33$.

Таким чином аналіз ремонтної технологічності насоса підживлення показав, що коефіцієнт доступності до деталей в процесі ремонту знаходиться в інтервалі $0,1 \dots 0,5$, що вказує на конструктивну складність для умов відновлення його роботоздатного складу.

При ремонті деталей качаючого вузла аксіально-плунжерного насоса необхідно зняти дев'ять одиниць деталей та вузлів (пружинне кільце, корпус торцевого ущільнення, втулка латунна, насос підживлення, гідророзподільник, кришка задня, розподільник, приставне дно, центруюче кільце, підшипник, стакан) за даними розробленої структурної схеми розбирання насоса. Коефіцієнт доступності для даного випадку усунення несправності буде дорівнювати $K_d = 0,1$, що вказує на низьку ремонтну технологічність насоса. Аналогічна картина спостерігається і для аксіально-плунжерного гідромотора при відновленні деталей качаючого вузла.

Визначення коефіцієнта доступності до деталей при ремонті агрегатів трансмісії характеризує в основному конструктивні особливості агрегатів. Для отримання повної уяви про ремонтпридатність гідравлічної трансмісії даний показник повинен доповнювати основні (оперативні, економічні та комплексні).

Проведені дослідження технологічності з технічного обслуговування та ремонту гідравлічної трансмісії характеризуються в основному розгляданням додаткових показників ремонтпридатності (коефіцієнтів доступності та легкоземності), які частково характеризують пристосованість гідравлічної трансмісії (ГСТ-90) кормо-та зернозбиральних комбайнів для проведення технічного обслуговування та ремонту, що не дає можливості в повній мірі розкрити ремонтпридатність трансмісії.

Разом з тим проведені дослідження з визначення додаткових показників ремонтпридатності гідравлічної трансмісії дають можливість зробити наступні висновки:

1. Отриманий коефіцієнт доступності вказує на доволно високу технологічність трансмісії для проведення технічного обслуговування № 2. При цьому слід врахувати, що обслуговуванням не передбачається проведення діагностичних операцій направлених на визначення технічного стану деталей качаючого вузла аксіально-плунжерної гідромашини, які являються найбільш трудомісткими.

2. Покращення показників технологічності при відновленні роботоздатного стану гідравлічної трансмісії з застосуванням першої стратегії, яка передбачає заміну несправних агрегатів безпосередньо на машині, можливе за рахунок застосування спеціальних пристроїв, які будуть полегшувати підйомно-транспортні роботи при знятті та установці агрегатів, та забезпечення механізації проведення робіт з різьбовими з'єднаннями.

3. Аналіз ремонтної технологічності для насоса підживлення, аксіально-плунжерного гідронасоса і гідромотора показав, що коефіцієнт доступності до деталей качаючого вузла в процесі ремонту знаходиться в інтервалі 0,1...0,5, що вказує на конструктивну складність для умов відновлення їх роботоздатного складу на спеціалізованих підприємствах.

Список літератури

1. Надежность гидравлических систем воздушных судов/Т. М. Башта, В. Д. Бабанская, Ю. С. Головки и др. Под ред. Т. М. Башты. – М.: Транспорт, 1986. – 279 с.

2. Кириллов Ю. И. Эксплуатация и ремонт объемного гидропривода / Ю. И. Кириллов, Ф. А. Каулин, А. Н. Хмелевой. – М.: Агропромиздат, 1987 – 80 с.

3. Ремонтнопригодность машин. Под ред. П. Н. Волкова – М., «Машиностроение», 1975 – 368 с.

4. Елизаветин М. А. Повышение надежности машин. – М., «Машиностроение», 1973 – 430 с.

Аннотация

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ МОБИЛЬНЫХ МАШИН ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ

**Мельянцов П. Т., Калганков Е. В., Кириленко А. И., Черных Т. В.,
Мельянцов А. П.**

Проведены исследования коэффициентов доступности и легкосъемности, характеризующих ремонтнопригодность и приспособленность гидравлической трансмиссии для проведения технического обслуживания и ремонта.

Abstract

ADDITIONAL INDICATORS REPARABILITY HYDRAULIC TRANSMISSIONS MOBILE MACHINES DURING MAINTENANCE AND REPAIR

P. Melyantsov, E. Kalgankov, A. Kirilenko, T. Chernih, A. Melyantsov

The research-availability and reparability characterizing maintainability and adaptability of hydraulic transmission for maintenance and repair.