

## ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕСУРСУ ОСНОВНИХ СПРЯЖЕНЬ ФРИКЦІЙНОЇ МУФТИ ТРАКТОРНОЇ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ

**Бондаренко Г.П., канд. техн. наук**

*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації  
сільського господарства» НААН України*

*Отримані значення характеристик ресурсу спряжень багатодискової фрикційної муфти коробки передач дозволяють оцінити потенційні можливості конструкції і перспективність використання в тракторних коробках передач як в цілому цього вузла, так і окремих його елементів*  
**Ключові слова:** *граничний стан; коробка передач; фрикційна муфта; основні сполучення фрикційної муфти; тракторна коробка передач*

**Проблема.** Концепцією розвитку конструкцій тракторів відповідно до вимог агротехніки та екології передбачається застосування багатодіапазонних коробок зміни передач з переключенням без розриву потоку потужності [1]. В сучасних тракторних коробках передач продовжують використовуватись багатодискові фрикційні муфти з гідравлічним управлінням (гідропідтискні муфти), конструкція яких була відпрацьована на моделях тракторів типу Т-150К Харківського тракторного заводу і які є ключовим елементом системи переключення передач без розриву потоку потужності [2,3] Зараз є актуальною проблема забезпечення високого ресурсу як окремих вузлів, так і тракторів у цілому, для чого необхідно знати ресурс окремих елементів. Виходячи з цього, кількісна характеристика ресурсу основних спряжень згаданої фрикційної муфти є необхідною для оцінки працездатності цього вузла в експлуатації і відповідно доцільності застосування в перспективних машинах.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження довговічності гідропідтискних муфт коробок передач тракторів Т-150К для розроблення заходів щодо забезпечення необхідного рівня надійності виконувались досить глибоко і результати опубліковані [2,4]. Також детально розглядалися особливості зношування поверхонь окремих деталей [5,6]. Розроблена і використовується на виробництві нормативна документація на ремонт [7,8,9,10]. Ремонтними підприємствами і виробниками машин накопичений і узагальнений великий досвід усунення відмов і ремонту вузлів в реальній експлуатації [4]. Над конструкцією багатодискових фрикційних муфт працювали і працюють різні автори впродовж досить тривалого часу [11 - 17] Але в розрізі спряжень публікації щодо системного аналізу працездатності та оцінки ресурсу відсутні.

**Мета досліджень.** Визначення характеристик ресурсу спряжень фрикційної муфти тракторної коробки передач.

**Результати досліджень.** Виділено сім показаних на рисунку спряжень багатодискової фрикційної муфти, в яких поверхні деталей зношуються поступово і відповідно відмови будуть мати поступовий характер згідно із загальноприйнятою класифікацією [18,19].

У спряженні барабан фрикціона - диск ведений (позиція 1 на рис.1) зношування контактуючих між собою поверхонь барабана і диска відбувається тоді, коли диски півмуфти розімкнені, і на різних передачах інтенсивність зношування згаданих поверхонь різна [3]. Найінтенсивніше зношуються неробочі поверхні пазів барабана фрикціона під диски півмуфти I-ї передачі (неробочі поверхні – ті поверхні пазів барабана фрикціона, які не навантажуються під час передачі крутного моменту від ведених дисків до барабана). Працездатність цього спряження буде визначатись зношенням поверхонь пазів барабана під диски до такої величини, коли закінчиться загартований шар поверхні барабана (1,5 мм згідно з вимогами робочого креслення).

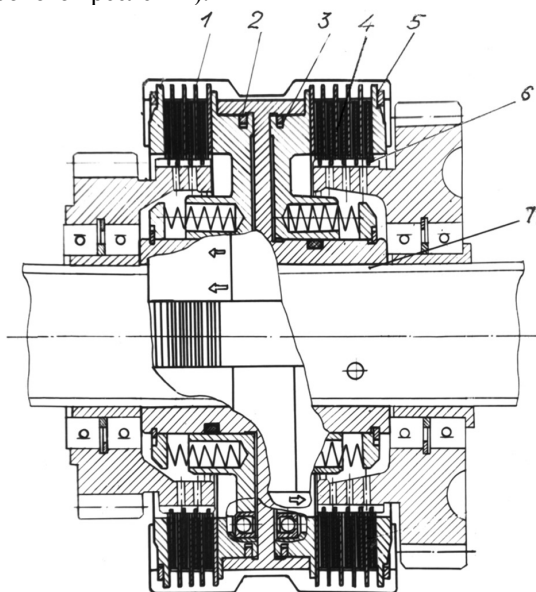


Рис. 1. Спряження багатодискової фрикційної муфти, що визначають її ресурс: 1 – барабан-диск ведений; 2 – барабан-кільце ущільнювальне; 3 – поршень-кільце ущільнювальне; 4 – диск ведучий-диск ведений (поверхні тертя); 5 – диск опірний-диск ведений (товщина пакета); 6 – диск ведучий-шестірня; 7 – барабан-вал вторинний.

У спряженні барабан фрикціона - кільце ущільнювальне (позиція 2 на рис.1) ущільнююча здатність кільця зберігатиметься до того часу, по-

ки буде пружинити кільце (буде зберігатись внутрішній зазор в його замку). Тобто, працездатність цього спряження буде визначатись зношенням обох контактуючих між собою поверхонь барабана і кільця.

У спряженні поршень - кільце ущільнювальне (позиція 3 на рис.1) ущільнюючі властивості забезпечуються приляганням бічних поверхонь канавки поршня та кільця. Причому, цю функцію виконують лише поверхні канавки поршня та кільця, що знаходяться з боку порожнини, яку вони ущільнюють [16]. Працездатність цієї пари поверхонь зберігатиметься до того часу, поки кільце не зноситься на товщину кільця в замку (1.06÷1.20 мм). Зношення поверхні канавки поршня не буде впливати на здатність цієї пари ущільнювати порожнину під поршнем.

У спряженні диск ведучий – диск ведений (позиція 4 на рис.1) працездатність визначається зношенням поверхні ведучого диска [6]. Зношення поверхні тертя веденого диска, як правило, незначні і не впливають на працездатність спряження в межах реальних наробітків.

У спряженні (спряженнях) диск опірний – поршень (позиція 5 на рис.1) працездатність визначається товщиною пакета дисків у зімкнутій півмуфті - ведучі і ведені диски зі зношеними поверхнями тертя можуть призвести до виходу з порожнини під поршнем ущільнювального кільця і заклинювання півмуфти.

У спряженні диск ведучий - шестірня (позиція 6 на рис.1) працездатність визначається зношенням поверхонь шліцьових пазів дисків [6]. Зношення на поверхнях шліців шестірні, як показує досвід експлуатації, практично відсутні.

У спряженні барабан фрикціона - вал вторинний коробки передач (позиція 7 на рис.1) працездатність визначається сумарним зносом обох контактуючих поверхонь цього шліцьового з'єднання, коли відносне зміщення барабана і вала призведе до перекривання суміщених маслопроводних каналів барабана фрикціона та вала вторинного і порушиться подавання робочої рідини в порожнину під поршнем.

Закономірності зношування робочих поверхонь деталей в експлуатації характеризують рівняння зносу цих поверхонь. Для поверхонь спряжень гідروпідтискної муфти, про яку йдеться, як апроксимуюча зміну величини зносу від наробітку прийнята функція виду [20]:

$$u(t) = m_v t^\alpha, \quad (1)$$

де  $u(t)$  – середня величина зносу, мм;

$m_v$  – середнє значення показника зміни величини зносу, мм/мото-год;

$\alpha$  – показник ступеню.

Вихідними даними для визначення складових рівняння (1) були середня максимальна величина зносу поверхонь деталей у відповідному спряженні  $u_j$  -  $j$ -ї коробки передач, деталі якої мікрометрувались, і її наробіток  $t_j$  до проведення мікрометражу.

Визначення складових рівняння (1) полягало у встановленні методом найменших квадратів показника ступеня  $\alpha$  та середнього значення показника швидкості зміни величини зносу  $m_v$  за відомого наробітку. Весь діапазон наробітків коробок передач, деталі яких мікрометрувались, розбивався на 7 інтервалів і для кожного інтервалу знаходилась середня величина зносу і середній наробіток. Для спряжень, поверхні деталей яких зношуються, працюючи в парі, величина зношення в кожному окремому випадку визначалася складанням зносів обох поверхонь.

Мікрометрувались деталі 22 коробок передач з наробітком в умовах рядової експлуатації від 1620 до 6740 мото-год.

Застосовувався як стандартний, так і оригінальний вимірювальний інструмент, який забезпечував у кожному випадку необхідну точність вимірювання.

З врахуванням зазначених ознак граничного стану ресурс кожного спряження визначався за залежністю:

$$T_i = t_j \left[ \frac{u_n}{u_{ji}} \right]^\alpha, \quad (2)$$

де  $T_i$  – ресурс  $i$ -го спряження, мото-год.;

$u_n$  – гранична величина зносу поверхонь деталей спряження, яке розглядається, мм;

$u_{ij}$  – величина зносу поверхонь деталей  $i$ -го спряження  $j$ -ї коробки передач з наробітком  $t$ , визначена за результатами мікрометражу, мм.

Оскільки граничні величини зносів поверхонь деталей гідропідтискної муфти є випадковими величинами з певними полями розсіювання, для розрахунку за залежністю (2) в кожному окремому випадку величина  $u_n$  визначалась методом Монте-Карло з використанням таблиці випадкових чисел, розподілених за нормальним законом [21]. Поле розсіювання приймалось рівним полю допуску на виготовлення, а середньоквадратичне відхилення математичного сподівання – одній шостій частині поля розсіювання. Статистичні характеристики ресурсу розраховувались за загальноприйнятими методиками.

Обробіток даних мікрометражу деталей, розрахунки, виконані згідно з викладеною методикою, узагальнення досвіду виготовлення та ремонту коробок передач з гідропідтискними муфтами, дозволили визначити характеристики ресурсу основних спряжень гідропідтискної муфти, представлені в таблиці 1. Дані, наведені в таблиці, дозволяють кількісно оцінити працездатність кожного спряження та зорієнтуватись щодо ефективності (доцільності) застосування розглянутої гідропідтискної муфти в перспективних машинах.

Таблиця 1. Ознаки граничного стану та характеристики ресурсу основних спряжень фрикційної муфти коробки передач

Спряження (деталі фрикційної муфти, що утворюють спряження)	Поверхні, зношеність, яких визначає ресурс спряження	Ознака граничного стану спряження	Залежність величини зношення поверхонь, що визначають ресурс спряження, від наробітку	Статистичні характеристики ресурсу опрацювання				Примітки	
				Середнє значення, мото-год.	Середньоквадратичне відхилення, мото-год.	Зміщення початку розсіювання, мото-год.	Коефіцієнт варіації		80%-й гамма-ресурс, мото-год.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Барабан фрикціона – диск ведений	Неробочі поверхні пази барабана під виступи пази диска	Зношення поверхонь барабана під виступи дисків на глибину загартування (1,5 мм)	$u(t)=0,2083 \cdot 10^{-4} \cdot t^{2,23}$	7917	2202	3141	0,461	5949	Для неробочих поверхонь пази барабана під виступи дисків 1-ї передачі
2. Барабан фрикціона – кільце ушльоновальне	Контактуючі між собою поверхні барабана та кільця	Сумарне зношення контактуючих між собою поверхонь барабана та кільця до такої величини, коли буде втрачена пружність кільця із за зникнення внутрішнього зазора в замку кільця (0,81-1,07 мм)	$u(t)=0,9948 \cdot 10^{-7} \cdot t^{1,84}$	6795	2028	2706	0,496	4965	
3. Поршень – кільце ушльоновальне	Бічна поверхня кільця, яка контактує з поверхню канавки поршня з боку пакета дисків	Зношення бічної поверхні кільця на товщину кільця в замку (1,06-1,20 мм)	$u(t)=0,2308 \cdot 10^{-9} \cdot t^{2,38}$	12575	3235	4999	0,427	9686	
4. Диск ведучий – диск ведений	Поверхня тертя веденого диска	Зношення поверхні тертя ведучого диска на величину глибини канавок (0,20-0,35 мм)	$u(t)=0,3897 \cdot 10^{-4} \cdot t^{0,93}$	15137	6257	3870	0,546	9637	

Продовження таблиці 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5. Диск опірний – поршень	Контактуючі між собою поверхні тертя ведучих і ведених дисків в пакеті шмупф-ти	Сумарне зношення кон-тактуючих між собою поверхонь тертя ведучих і ведених дисків в пакеті 5-дислової шмупф-ти	$\mu(t)=0,7794 \cdot 10^{-4} \cdot t^{0,95}$	47939	20152	10162	0,533	29952	
6. Диск ведений – шестірня	Поверхні шлі-цьових пазів диска під пес-терню	Спрощовання поверхонь шліцьових пазів диска на величину, яка дорівнює половині відстані між сусідніми поверх-нями шліцьових пазів, замряній на внутріш-ньому діаметрі диска (2,04-2,08 мм)	$\mu(t)=0,2250 \cdot 10^{-3} \cdot t^{0,95}$	18241	12469	288	0,695	7381	
7. Барабан – вал вторинний коробки пере-дач	Контактуючі між собою по-верхні шлі-цьового з'єднання ба-рабана та вала вторинного	Сумарне зношення по-верхонь шліцьового з'єднання барабана і вала вторинного на ве-личину, коли може на-личину, коли може на-половину перекриватися масловідвідний канал (3,27-3,67 мм)	$\mu(t)=0,2054 \cdot 10^{-4} \cdot t^{1,16}$	24745	11071	8221	0,670	15037	

В таблиці 1 наведено значення характеристик потенційного ресурсу спряжень фрикційної муфти. Фактичний же ресурс дорівнює дорівнює доремонтному наробітку коробки передач: середній неробіток до ремонту - 4546 мото-год., середньоквадратичне відхилення - 1443 мото-год., зміщення початку розсіювання - 1358 мото-год., коефіцієнт варіації - 0,453, 80%-й гама-ресурс - 3253 мото-год. Як правило, під час ремонту коробки передач гідропідтискні муфти розбираються і більшість даталей вибраковуються.

### **Висновки.**

1. На основі даних мікрометражу деталей за відомого значення наробітків у рядовій експлуатації визначені характеристики потенційного ресурсу спряжень багатодискової фрикційної муфти коробки передач, яка застосовується в сучасних тракторах типу Т-150К для перемикання передач без розриву потоку потужності.
2. Отримані значення характеристик ресурсу спряжень багатодискової фрикційної муфти коробки передач дозволяють оцінити потенційні можливості конструкції і перспективність використання в тракторних коробках передач як в цілому цього вузла, так і окремих його елементів.
3. Порівняння характеристик потенційного і фактичного ресурсу спряжень багатодискової фрикційної муфти може бути підставою для обґрунтування заходів щодо підвищення доремонтного ресурсу коробки передач в цілому.

### **Список використаних джерел**

1. Адамчук В.В., Грицишин М.І., Третяк В.М. Наукове забезпечення створення і ефективного використання мобільних енергетичних засобів // Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Механізація сільськогосподарства», вип. 96, Глеваха, 2012. - 768 с.- С. 15 – 25.
2. Кухтов В.Г. та ін.. Повышение надежности гидроджимных муфт коробок перемены передач // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарства України/ Збірник наукових праць Укр НДПВТ, вип. 4 (18). – Дослідницьке, 2001 - 222 с. - С.39-49.
3. Сільськогосподарські трактори серії «Слобожанець» ХТА-200-10, ХТА-220-10, ХТА-250-10,-20. Рекламний проспект.
4. Кухтов В.Г. Долговечность деталей шасси колесных тракторов. – Харьков: ХНАДУ, 2004. – 294 с.

5. Бондаренко Г., Ковальчук В. Спрацьовування поверхонь деталей гідропідтискових муфт // Техніка АПК, 1995, №2 – с. 18-20.
6. Бондаренко Г.П. Працездатність дисків тертя тракторних коробок передач з перемиканням під навантаженням // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин/ Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. За ред. М.І. Черновола, вип. 42. ч. 1. – Кіровоград, 2012. – 254 с. – С. 208-211.
7. Технические требования на текущий ремонт шасси тракторов Т-150, Т-150К / В.С. Малахов и др. – М.: ГОСНИТИ, 1973. – 247 с.
8. Технические требования на капитальный ремонт шасси трактора Т-150К/ И.Я. Гришин и др. – М.: ГОСНИТИ, 1983. – 171с.
9. Технические требования на капитальный ремонт шасси трактора Т-150К/ В.А. Кихтенко и др. – М.: ГОСНИТИ, 1988. – 208 с.
10. Технические требования на капитальный ремонт шасси трактора Т-150/ Монах В.М. и др. – М.: ГОСНИТИ, 1986. – 136 с.
11. Pat. 3,446,323 USA. Clutch Plates Having means to Prevent Flutter / Twin Disc, Inc.; ar. Hylpert C.R. – Patented May 27, 1969.
12. Pat. 3,482,668 USA. Clutch Having a Skewed Surfacemeans to Prevent Flutter / Twin Disc, Inc.; ar. Hylpert C.R. – Patented Dec. 9, 1969.
13. Львовский К.Я. и др. Исследование потерь мощности в выключенных работающих в масле фрикционных муфтах // Исследование трансмиссий с переключением передач под нагрузкой и их узлов / Труды НАТИ, вып. 264, с. 8 – 16.
14. Борисов С.Г. и др. Трансмиссии с переключением передач под нагрузкой и тенденции их развития // Исследование трансмиссий с переключением передач под нагрузкой и их узлов / Труды НАТИ, вып. 264, с. 3 – 7.
15. Юденко В.Я., Воробьев В.А. Исследование виброударных процессов во фрикционных дисковых муфтах и тормозах // Вестник машиностроения. – 1982. - №1, - С. 38 – 41.
16. А.с. 1386772. СССР. Многодисковая фрикционная муфта /ВНИИВИД ВНПО «Ремдеталь»; авт. изобрет. Г.П.Бондаренко. - Заявл. 21.05.1986, опубл. 07.04.1988.
17. Патент на винахід 57166 UA Багатодискова фрикційна муфта / ННЦ «ІМЕСГ»; авт. Бондаренко Г.П., Сенько А.І. – Заявл. 03.05.2001, опубл. 16.06.2003
18. Проников А.С. Надежность машин. – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.
19. Ермолов Л.С. и др. Основы надежности сельскохозяйственной техни-



- ки. - М., «Колос», 1974. – 223 с.
20. Михлин В.М. Прогнозирование технического состояния машин. – М.: Колос, 1976. – 258 с.
21. Шор Я.Д., Кузьмин Ф.И. Таблицы для анализа и контроля надежности. –М.: Сов. радио, 1968. – 288 с.

## **Аннотация**

### **ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕСУРСА ОСНОВНЫХ СОПРЯЖЕНИЙ ФРИКЦИОННОЙ МУФТЫ ТРАКТОРНОЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ**

**Бондаренко Г.П.**

*Полученные значения характеристик ресурса сопряжений многодисковой фрикционной муфты коробки передач позволяют оценить потенциальные возможности конструкции и перспективность использования в тракторных коробках передач как в целом этого узла, так и отдельных его элементов.*

**Ключевые слова.** *Предельное состояние; коробка передач; основные сопряжения фрикционной муфты; тракторная коробка передач; фрикционная муфта.*

## **Abstract**

### **PERFORMANCE OF SERVICE LIFE OF MAIN JOINTS OF FRICTION CLUTCH OF TRACTOR GEAR BOX WITH POWER SHIFTING**

**G.P. Bondarenko**

*The obtained values of the characteristics of the resource conjugations tool multidisk clutch gearbox to assess potential design and potential use in tractor transmissions in general this node and its individual elements*

**Key words:** *final conditions; friction clutch; gear box; tractor gearbox; main joints of friction clutch.*