

**МЕТОДИКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НОРМАТИВНОГО РЕСУРСУ
ШЛІЦЬОВИХ З'ЄДНАНЬ ТРАНСМІСІЇ ТРАКТОРІВ**

**Кухтов В.Г., д.т.н., проф.¹⁾; О.В. Рябушенко, асистент²⁾;
Буцький І.І., м.н.с.³⁾**

¹⁾*Харківський національний технічний університет
сільського господарства ім. П. Василенка*

²⁾*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

³⁾*Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого*

Запропонована методика та наведені рекомендації щодо підвищення довговічності шліцьових з'єднань тракторів виробництва ХТЗ, що мають недостатній ресурс .

Вступ. Сучасний рівень розвитку автотракторної техніки характеризується постійно зростаючими вимогами щодо надійності машин, підвищуються норми довговічності і безвідмовності. Зокрема, напрацювання на відмову і ресурс до першого капітального ремонту зараз повинні бути не менше як 500-800 годин і 8,0-10,0 тис. годин відповідно. Це призводить до підвищення вимоги до надійності тракторів і їх складових частин.

Аналіз літератури. Питаннями підвищення довговічності шліцьових з'єднань займалися в своїх роботах багато авторів як України та країн СНД. Як показує досвід експлуатації і чисельні дослідження, шліцьові з'єднання тракторів та інших важконавантажених машин належать до швидкозношуваних елементів, від працездатності яких багато в чому залежить довговічність агрегатів.

Існуючі методики розрахунку шліцьових з'єднань, що введені до державних і галузевих стандартів, не враховують дійсних причин пошкоджуваності шліцьових деталей в умовах реальної експлуатації. Недоліками існуючих методів розрахунку є те, що вони не враховують дійсні причини пошкоджуваності шліцьових деталей в умовах реальної експлуатації, а залучення великої кількості поправкових коефіцієнтів ускладнює розрахунки.

Мета та постановка завдання. Серед відомих видів пошкоджень шліцьових з'єднань, що виникають при експлуатації автомобілів і тракторів, найбільш розповсюджений знос контактуючих поверхонь, тому зносостійкість є головним критерієм працездатності більшості шліцьових з'єднань транспортних засобів [1,2]. Всупереч існуючим методикам розрахунку шліцьових з'єднань на так званій беззносний режим роботи, в таких важконавантажених передачах як трансмісія тракторів, зношування є неминучим процесом. Тому можна говорити лише про забезпечення швидкості зношування, при якій граничний знос наступатиме не раніше, ніж з'єднання відпрацює встановлений ресурс. Аналіз динаміки зношування робочих поверхонь шліців показав, що змінення швидкості зношування в інтервалі напрацювання від 2 до 12 тис. го-

дин є незначним [3,4]. Тому для кожної деталі можна прийняти швидкість зношування шліців постійною за термін експлуатації машини. На рис.1 наведені отримані фактичні значення середніх швидкостей зношування шліців деталей трансмісії тракторів ХТЗ класу 30 кН.

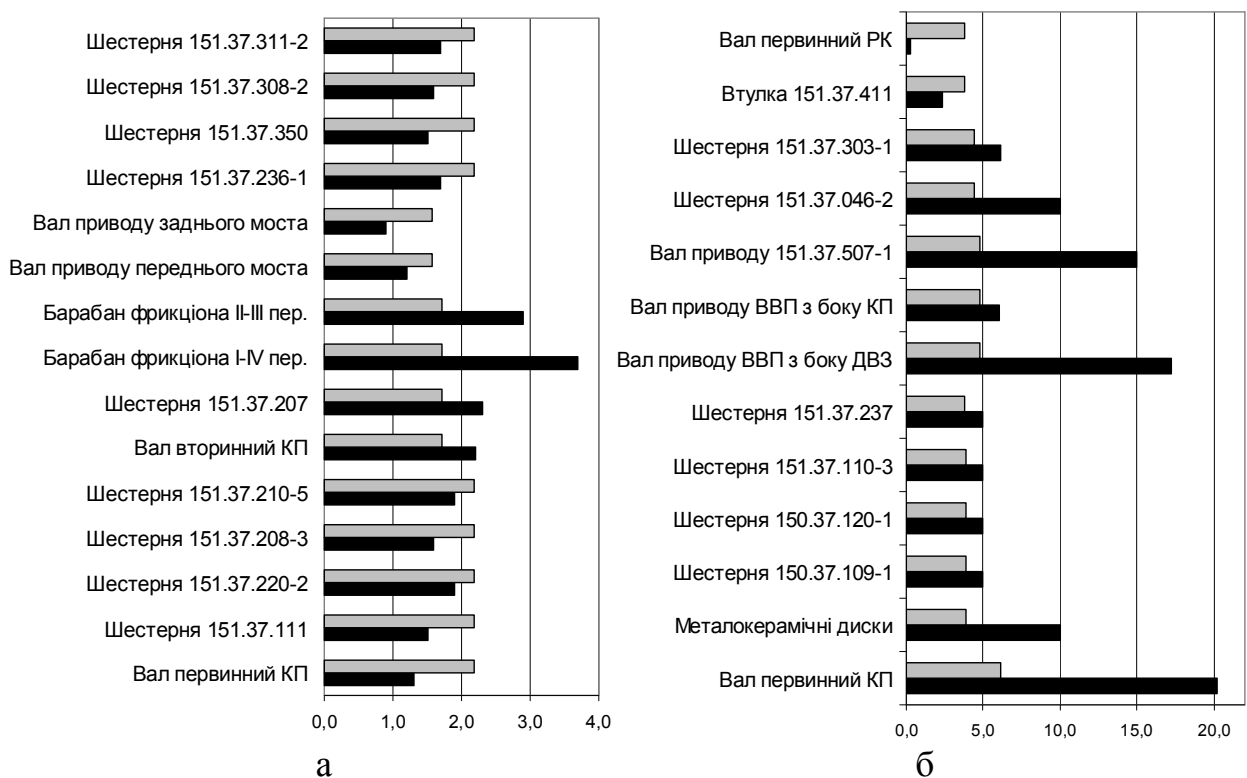


Рис. 1. Середні швидкості зношування бічних поверхонь, мкм/100 год (■ - за даними експлуатації; □ - граничні для забезпечення нормативного ресурсу): а – прямобічних шліців, б – евольвентних шліців

Для виконання умови повного використання ресурсу з'єднання необхідно забезпечити пропорційність середньозважених швидкостей зношування поверхонь деталей у з'єднанні і гранично допустимого зносу.

Вирішення поставленого завдання. Для встановлення впливу основних конструктивно-технологічних параметрів на швидкість зношування шліцьових з'єднань були проаналізовані з'єднання трансмісії тракторів ХТЗ класу 30 кН. Розглядався вплив на швидкість зношування робочих поверхонь шліців початкового проміжку з'єднанні, питомого навантаження і твердості робочих поверхонь. Відповідні регресійні залежності встановлювалися окремо для прямобічних і евольвентних шліців у вигляді

$$V_{cp} = A_1 \cdot x + A_2, \quad (1)$$

де V_{cp} – середня швидкість зношування, мкм/100 год;

A_1, A_2 – постійні коефіцієнти рівняння;

x – досліджуваний параметр у відповідній розмірності.

Оскільки за аналізом статистичних даних для тракторів класу 30 кН в умовах експлуатації швидкість зношування прямобічних шліців виявилася меншою за евольвентні, значно відрізняються відповідні коефіцієнти регре-

сійних залежностей. Також видно, що ступінь впливу питомого навантаження та проміжку на швидкість зношування для евольвентних шліців вища, ніж для прямобічних.

Таблиця 1. Результати регресійного аналізу швидкостей зношування шліцьових з'єднань

Найменування досліджуваного параметру x	Залежності середньої швидкості зношування бічних поверхонь шліців від конструктивно-технологічних параметрів	
	для прямобічних шліців	для евольвентних шліців
Питоме навантаження на бічні поверхні шліців, кН/см^2	$V_{cp} = 0,34 \cdot p_{cp} + 1,57$	$V_{cp} = 7,83 \cdot p_{cp} + 5,24$
Твердість бічної поверхні шліців, приведена до одиниць HRC	$V_{cp} = -0,03 \cdot HRC + 2,91$	$V_{cp} = -0,09 \cdot HRC + 13,25$
Середній проміжок по бічних поверхнях шліців, мм	$V_{cp} = 0,91 \cdot \Delta h + 1,33$	$V_{cp} = 4,54 \cdot \Delta h + 11,17$

На підставі одержаних регресійних залежностей можна запропонувати конкретні рекомендації щодо підвищення довговічності шліцьових з'єднань трансмісії тракторів класу 30 кН. Якщо задати величину необхідного (нормативного) ресурсу деталі T_n , можна записати вираз для визначення середньої швидкості зношування:

$$V_{cp} = \frac{\Delta P_3}{T_n} = \frac{|P_{поч} - P_{гр}|}{T_n} \quad (2)$$

Величина ΔP_3 є запасом на знос і може бути визначена як різниця між найбільш ймовірним (відповідає середині поля допуску) початковим $P_{поч}$ і гранично допустимим $P_{гр}$ розміром деталі (у нашому випадку це товщина шліцу).

У кожному випадку остаточно спосіб підвищення зносостійкості повинно обрати з урахуванням технологічної можливості виробництва та економічної доцільності. На рис. 2 наведено узагальнену блок-схему пошуку рішень щодо підвищення довговічності шліцьового з'єднання.

Розглянемо запропоновану методику на прикладі деталі трактору ХТЗ класу 30 кН. Шестерня відома I передачі з внутрішніми евольвентними шліцями: середня швидкість зношування складає 10 мкм/100 мотогодин, тоді як для досягнення ресурсу в 8,0 тис мотогодин нормативна швидкість зношування повинна складати не більше 8,8 мкм/100 мотогодин (табл. 1). Твердість робочої поверхні шліців – близько 60 HRC; питоме навантаження – 0,23 кН/см^2 ; середній проміжок в сполученні – 0,41 мм.

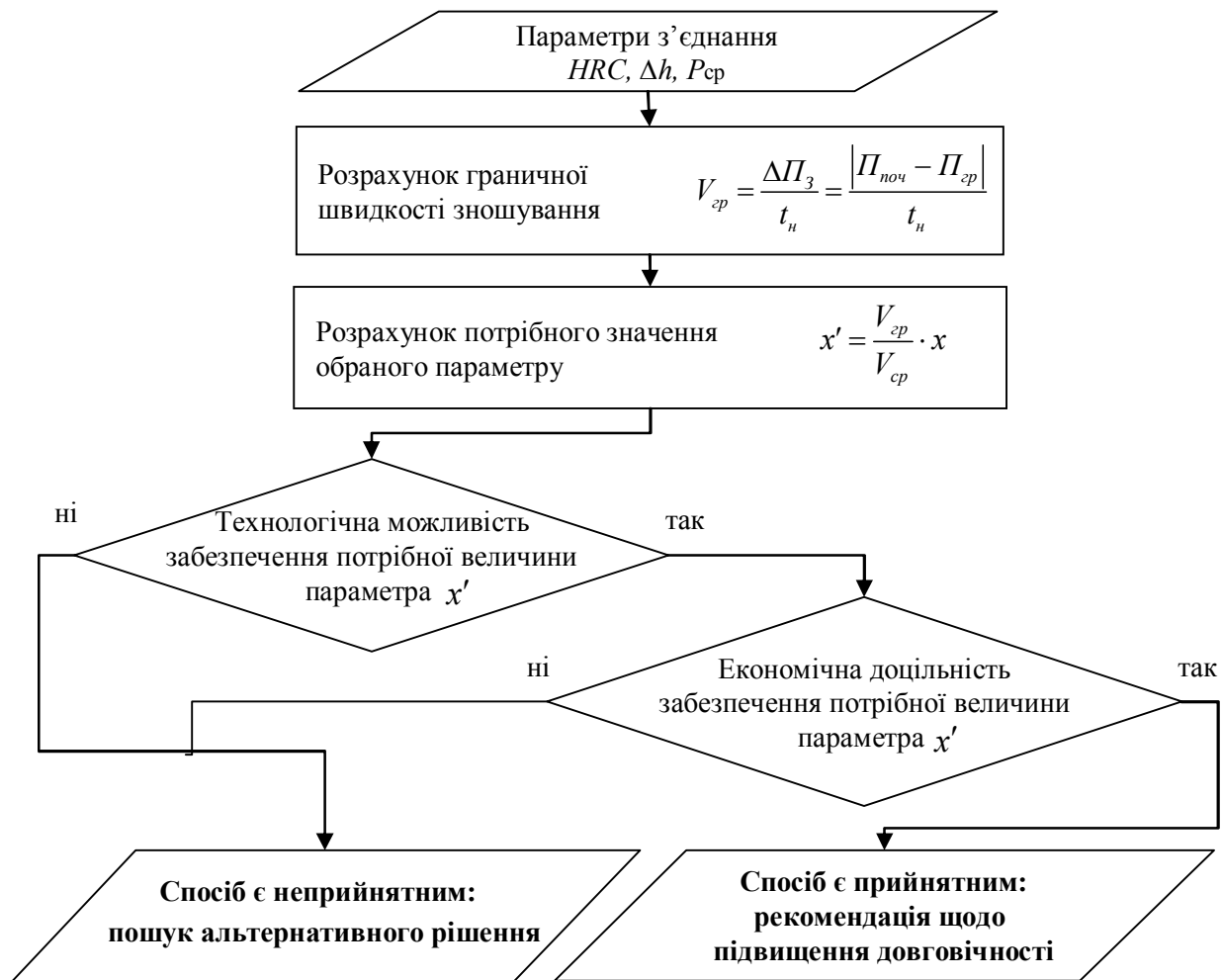


Рис. 2. Блок-схема пошуку рішення щодо підвищення довговічності конкретного шліцевого з'єднання

Позначивши потрібну середню швидкість зношування V_{cp}' , а відповідний їй початковий проміжок в сполученні як $\Delta h'$, можна розглянути систему рівнянь

$$\begin{cases} V_{cp} = 4,54 \cdot \Delta h + 11,17 \\ V_{cp}' = 4,54 \cdot \Delta h' + 11,17 \end{cases} \quad (3)$$

Для забезпечення необхідного ресурсу деталі інтенсивність зношування повинна бути знижена на величину $\Delta V_{cp}' = 10 - 8,8 = 1,2$ мкм/100 м.ч. Вирішуючи з урахуванням останнього значення рівняння 3 одержимо необхідну для отримання потрібної середньої швидкості зношування величину зниження початкового проміжку в сполученні, мм:

$$\Delta h - \Delta h' = \frac{1,2}{5,54} = 0,22. \quad (3)$$

Тобто, при зменшенні величини середнього проміжку в сполученні на 0,22 мм можна розраховувати на зниження середньої швидкості зношування робочих поверхонь шліців шестерні до 8,8 мкм/100 мотогодин, чого буде достатньо для забезпечення необхідного ресурсу деталі.

Рекомендації щодо підвищення довговічності шліцьових з'єднань трансмісії тракторів ХТЗ класу 30 кН наведені у табл.2.

Таблиця 2. Рекомендації щодо підвищення довговічності шліцьових деталей тракторів класу 30 кН

Деталь (найменування, позначення)	Види пошкоджень	Рекомендовані шляхи підвищення довговічності деталей
1	2	3
Барабан фрикціону I-IV пер.	Знос шліців	1. Зменшити питомий контактний тиск до 0,70 кН/см ² шляхом збільшення площі. 2. Підвищити твердість шліців до 28 одиниць HRC введенням термообробки.
Барабан фрикціону II-III пер.	Знос шліців	1. Зменшити питомий контактний тиск до 0,83 кН/см ² шляхом збільшення площі. 2. Підвищити твердість шліців до 24 одиниць HRC введенням термообробки.
Диск гідропідтискної муфти 150.37.074	Знос шліців, викривлення	Підвищити твердість шліців до 35 одиниць HRC.
Вал 155.37.507-1	Знос шліців	Зменшити допустимий зазор з 0,30...0,52 до 0,15...0,30 мм підвищенням точності виготовлення.
Шестерня 151.37.303-1	Знос шліців	Зменшити середній допустимий зазор в шліцьовому з'єднанні з 0,41 до 0,30 мм.
Втулка 151.37.411	Знос шліців	Зменшити питомий контактний тиск до 0,85 кН/см ² .
Шестерня 150.37.109-1	Знос шліців	Зменшити середній допустимий проміжок в шліцьовому з'єднанні з 0,41 до 0,30 мм підвищенням точності виготовлення.
Шестерня 150.37.120-1	Знос шліців	
Шестерня 151.37.110-3	Знос шліців	
Шестерня 151.37.237	Знос шліців	
Вал первинний 151.37.104-2А	Знос зубчастого вінця	Ввести з'єднання пружними компенсуючими елементами замість зубчатого.
Вал головного зчеплення 151.21.043-3	Знос зубчастого вінця	Ввести з'єднання пружними компенсуючими елементами замість зубчатого.
Вал приводу ВВП 151.37.397А	Знос шліців	1. Проводити змащування з'єднання (розробити операції ТО). 2. Зменшити допустимий зазор з 0,30...0,52 до 0,15...0,30 мм.

Висновки. 1. Дослідження довговічності шліцьових з'єднань шасі серійних тракторів класу 30 кН в умовах реальної експлуатації показали, що низка з'єднань не забезпечують нормативний ресурс трактора до першого капітального ремонту 8,0 тис. годин.

2. Встановлені на основі аналізу статистичних кривих динаміки зношування бічних поверхонь шліцьових з'єднань тракторів класу 30 кН регресійні залежності дозволили визначити вплив навантажень, твердості поверхонь деталей і проміжків між ними на швидкість їх зношування.

3. Із використанням одержаних регресійних залежностей для окремих шліцьових з'єднань шасі тракторів класу 30 кН розроблено рекомендації щодо підвищення твердості робочих поверхонь, обґрунтовуванню допусків на виготовлення бічних поверхонь шліців, зменшенню початкового проміжку і питомого навантаження в з'єднанні, що дозволить підвищити їх ресурс до 8 тис. годин.

Список використаних джерел

1. Анилович В.Я. Надежность машин в задачах и прмерах. / В.Я. Анилович, А.С. Гринченко, В.Л. Литвиненко – Харьков: Око, 2001. – 230 с.
2. Кухтов В. Г. Долговечность деталей шасси колесных тракторов / Кухтов В.Г. – Харьков: РИО ХНАДУ, 2004. – 291 с.
3. Долговечность шлицевых соединений колесных тракторов класса 30 кН / [Абдула С. Л., Кухтов В.Г., Рябушенко А.В., Лесь А.Н.] // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. – Вип. 14. – ХДТУСГ, Харків, 2003. – С. 83–91.
4. Кухтов В.Г. Оценка износостойкости шлицевых соединений тракторов / Кухтов В.Г., Рябушенко А.В. // Тракторная энергетика в растениеводстве: Сб. научн. тр. – Харьков, 2003. – вып. 6. - 216-224.

Аннотация

МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЕ НОРМАТИВНОГО РЕСУРСА ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРАНСМИССИИ ТРАКТОРОВ

В.Г. Кухтов, А.В. Рябушенко, И.Г. Буцкий

Предложена методика и приведены рекомендации по повышению долговечности шлицевых соединений тракторов производства ХТЗ, имеющих недостаточный ресурс.

Abstract

THE METHODS OF PROVIDING OF NORMATIVE RESOURCE OF SPLINE CONNECTIONS OF TRANSMISSION OF TRACTORS

V. Khuhtov, A. Ryabushenko, I. Butskiy

In article are resulted a method is offered and recommendations on the increase of longevity of spline connections of the tractors of KhTP production, having an insufficient resource.