

Міністерство освіти і науки України  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет мехатроніки та інжинірингу

Кафедра надійності та міцності машин і споруд  
імені В.Я. Аніловича

## **ВИПРОБУВАННЯ КАРДАННИХ ШАРНІРІВ ТА ПЕРЕДАЧ**

Методичні вказівки  
до виконання практичної роботи

для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти  
денної та заочної форм навчання зі спеціальності

133 Галузеве машинобудування

Затверджено рішенням  
Методичної ради  
ФМІ ДБТУ  
Протокол № 1  
від 20. 01. 2022 р.

Харків

2022

**УДК 631.3**

Схвалено на засіданні кафедри надійності та міцності  
машин і споруд імені В.Я. Аніловича

протокол № 5 від 19 січня 2022 р.

**Випробування і контроль надійності.** Випробування карданних шарнірів та передач: методичні вказівки до виконання практичної роботи для студентів денної та заочної форм навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти, спеціальності 133 Галузеве машинобудування; Харків. Державний біотехнологічний університет; уклад.: В.І. Іванов, О.І. Алфьоров, М. В. Сліпченко, В.Б. Савченко – Харків : [б. в.], 2022.–10с.

Методичні вказівки призначені для вивчення конструкції стндів з замкненим силовим контуром і методики ресурсних випробувань карданних шарнірів та передач.

Розглядаються кінематичні схеми, конструкція та принципи роботи стндів із замкненим силовим контуром а також методика ресурсних випробувань карданних шарнірів та передач.

**Рецензенти:**

**А. К. Автухов**, д-р техн. наук, завідувач кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні ім. О.І. Сідашенка Державного біотехнологічного університету.

**М. Л. Шуляк**, д-р техн. наук, завідувач кафедри тракторів і автомобілів Державного біотехнологічного університету.

**Відповідальний за випуск: В. Б. Савченко**, к.т.н., доцент.

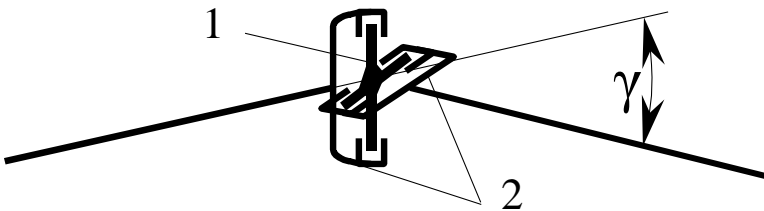
© Іванов В.І., Алфьоров О.І.,  
Сліпченко М.В., Савченко В.Б.  
© ДБТУ, 2022

## ВИПРОБУВАННЯ КАРДАННИХ ШАРНІРІВ ТА ПЕРЕДАЧ

**Мета роботи:** Ознайомитися з причинами і видами руйнування карданних шарнірів. Вивчити конструкції стендів з замкненим силовим контуром і методику ресурсних випробувань карданних шарнірів та передач.

Надійність об'єктів оцінюють за допомогою експлуатаційних або прискорених випробувань. Експлуатаційні випробування потребують значних витрат часу і матеріальних ресурсів. Тому, при розробці нових і удосконаленні існуючих конструкцій машин, частіше віддають перевагу проведенню прискорених стендових випробувань. Це дозволяє суттєво скоротити час отримання результатів за рахунок ущільнення випробувань за часом та підвищення навантажень на елементи, що випробовуються.

Карданний шарнір (рис.1) призначений для передачі крутного моменту між двома валами, осі яких пересікаються під деяким кутом  $\gamma$  (звичайно до  $15^\circ$ ). Він складається з хрестовини 1 з чотирма шипами і чотирьох голчастих підшипників. Пара голчастих підшипників, що знаходяться на протилежних шипах хрестовини, закріплена у отворах вилок 2 кожного з спряжених валів.



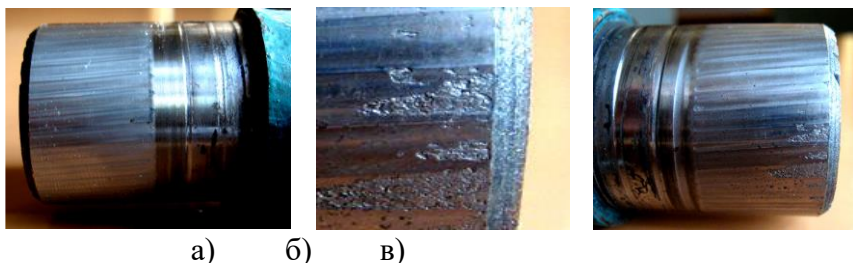
**Рис.1.** Схема карданного шарніру.

Карданні шарніри тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин виготовляються, в основному, з голчастими

підшипниками без внутрішнього кільця, роль якого виконує зовнішня поверхня шипа хрестовини. Їх працездатність в значній мірі визначається величиною максимальних контактних напружень і кута  $\gamma$ . В залежності від їх величин вихід з ладу підшипників карданного шарніру може відбуватися в результаті пластичної деформації або (та) втомного руйнування робочих поверхонь.

Оскільки стакани і голки голчастих підшипників виготовляють з високоміцних сталей типу 15Г, ШХ15, вони мають досить високу працездатність. В той же час, хрестовини карданних шарнірів виготовляються зазвичай з металу, міцність якого дещо нижча. У зв'язку з цим причиною виходу з ладу карданного шарніра у багатьох випадках є знос шипів хрестовини.

При обертанні спряжених валів кожний підшипниковий вузол хрестовини здійснює обертово-коливальний рух. При невеликому кутовому переміщенні тіл кочення підшипника (голок), їх лінійне переміщення по поверхні шипа зіставляване за величиною з діаметром голок. Це зазвичай призводить до появи місцевих пластичних деформацій поверхні шипа у вигляді канавок (бринелювання), добре помітного на рис.2а.



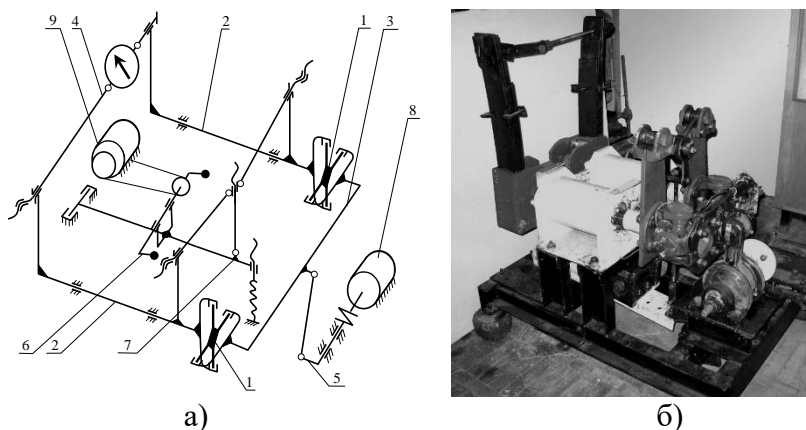
**Рис.2. Пошкодження шипа хрестовини у результаті пластичної деформації (а), втомного (б) і змішаного (в) руйнування.**

При довготривалій роботі під дією високих питомих навантажень на поверхні шипа можливе появлення втомних пошкоджень (піттінгу). Такий вид руйнування частіше за все

пов'язаний з порушенням геометрії карданного шарніру та підвищеними зазорами у спряженні. Оскільки найбільші контактні напруження виникають на кінці шипа хрестовини, тут це пошкодження виявляється найбільш помітним (рис.2б).

На практиці втомне викришування (пітінг) і пластична деформація часто виникають одночасно (рис.2в), що засвідчує про складність процесу спрацювання карданних шарнірів. У зв'язку з цим найбільш вірогідним способом отримання інформації про надійність карданних шарнірів є проведення прискорених стендових випробувань.

Кінематична схема та загальний вигляд стенду для ресурсних випробувань карданних шарнірів наведені на рис. 3.



**Рис.3. Кінематична схема (а) та загальний вигляд (б) стенду для прискорених ресурсних випробувань карданних шарнірів.**

Вилки двох карданів 1, що випробовуються, закріплені попарно на двох паралельних валах 2 і на рамці 3, до якої приєднаний кривошипно-шатунний механізм, складений з шатуна і кривошипа 5. Вал кривошипа приводиться до обертання електродвигуном 6. До валів 2 приєднані вертикальні важелі статичного навантажувача, які виконані у вигляді листових ресор. У верхній частині важелі зв'язані різьбовою тягою 4. Статичне навантаження можливо контролювати динамометром. В

процесі випробувань контроль навантаження здійснюється вимірюванням відстані між верхніми кінцями важелів-ресор. Навантаження карданів змінним високочастотним навантаженням виконує друга пара важелів, закріплених на валах 2 і зв'язаних різьбовими тягами з опорою вібратора 7. Опора встановлена на рамці стенду шарнірно з можливістю кутових коливань у вертикальній площині. Вібратор призводить до дії двигун 9, що обертає пару ексцентриків 6.

Стенд працює наступним чином: після встановлення хрестовин у вилки карданних шарнірів утворюється замкнений силовий контур, який складається з рамки 3, двох карданних шарнірів і двох валів 2 з важелями, стягнутими різьбовою тягою 4. Змінюючи довжину тяги, у контурі створюють статичне навантаження, величина якого контролюється за допомогою динамометра. При включенні привідного електродвигуна 8, кривошипно-шатунний механізм 5 надає коливальний рух рамці 3 з закріпленими на ній вилками карданних шарнірів. У горизонтально розташованих підшипникових вузлах хрестовин здійснюються кутові переміщення, аналогічні переміщенням, що здійснюються під час роботи карданної передачі на машині. Включення електродвигуна 9, що призводить до обертання вал з ексцентриками 6, дозволяє через систему важелів 7 передати валам 2 динамічну складову навантаження, яка імітує при випробуваннях змінні високочастотні навантаження, що виникають при роботі карданного шарніра в умовах експлуатації.

Особливість стенду полягає в тому, що у замкненому силовому контурі єдиними передаточними вузлами, які рухаються є карданні шарніри, що випробовуються. Це забезпечує компактність та високу надійність конструкції стенду і мінімальні витрати енергії на проведення випробувань.

Максимальне статичне навантаження на карданні шарніри ( $M_k$ ) може досягати 4 кНм, амплітуда змінної високочастотної складової навантаження  $M_{ka}$  - до 1 кНм. Кут коливання карданних шарнірів регулюється зміною довжини кривошипу 5 і складає  $\gamma = \pm (0 \dots 6^\circ)$ . Частота обертання кривошипу

постійна, а саме 950 або 1440 об/хв., у залежності від типу привідного електродвигуна.

Тривалість випробувань залежить від режиму випробувань.

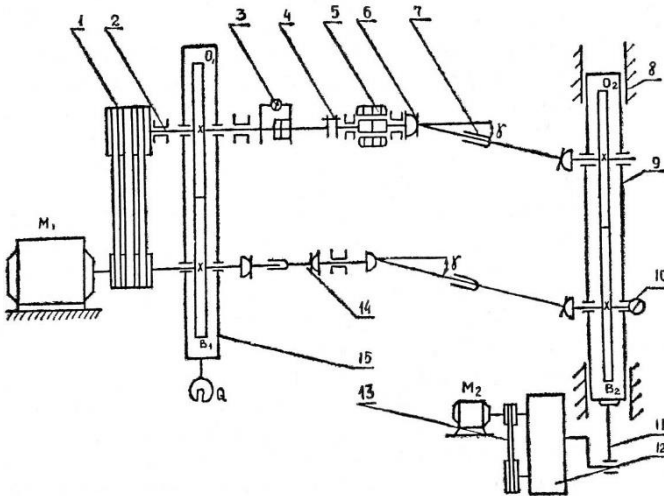
Наприклад, при  $M_k=4$  кНм,  $n=1440$  об/хв.,  $\gamma=3^\circ$  середня тривалість випробувань серійних шарнірів карданів трактора Т-150К складає 150...170 год.

При змінному височастотному навантаженні  $M_{km}=3,5$  кНм,  $M_{ka}=1$  кНм,  $f=50$ Гц,  $n=950$  об/хв.,  $\gamma=3^\circ$  середня тривалість випробувань - 37 год.

Випробування закінчуються при руйнуванні опорних поверхонь шипів хрестовин, зламів голок, що супроводжується підвищенням температури підшипникового вузла більш ніж на  $5^\circ\text{C}$  порівняно з температурою, що встановилася в ході попередніх випробувань. Температура вимірюється постійно за допомогою хромель-капелевої термопари і електронного потенціометра.

На рис.4 наведена типова схема стенду для випробування карданних передач на довговічність.

Привід стенду здійснюється від асинхронного електродвигуна  $M_1$  через понижуючу пасову передачу 1. Редуктор 15, що навантажує коливається відносно осі 2. Другий кінець осі 2 через динамометр крутного моменту 3, регулюючу муфту 4 і струмознімач 5 з'єднаний з карданним шарніром 6, що випробовується. Нижня частина редуктора 15, що навантажує і, що коливається з'єднана з вантажем  $Q$ . Другий вал редуктора, що навантажує через допоміжний шарнір 14 також з'єднаний з карданним шарніром, що випробовується. Обидва карданні шарніри з'єднані за допомогою телескопічних карданних валів 7 з рухомих редуктором 9, який у напрямних 8 здійснює вертикальне переміщення під дією кривошипно-шатунного механізму 11, що приводиться до руху через понижуючий редуктор 12 і пасову передачу 13 асинхронним електродвигуном  $M_2$ . З нижнім валом рухомого редуктора з'єднаний лічильник числа обертів 10.



**Рис. 4. Схема стенду з замкненим силовим контуром для випробування карданних передач на довговічність:**

- 1 - пасова передача; 2 - ось редуктора; 3 - динамометр крутного моменту; 4 - регулююча муфта; 5 - струмознімач; 6 - карданний шарнір, що випробовується; 7 - карданний вал; 8 - напрямні; 9 - рухомий редуктор; 10 - лічильник числа обертів; 11 - кривошипно-шатунний механізм; 12 - понижуючий редуктор; 13 - пасова передача; 14 - карданний вал; 15 - редуктор, що навантажує (що коливається).

Відмітною особливістю даного стенда є те, що шарніри та телескопи карданних валів, які випробовуються, знаходяться під впливом не тільки крутного моменту, що створюється вантажем редуктора 15, що коливається, але і під дією сил тертя, які виникають в наслідок періодичного телескопування валів.

Змінюючи параметри кривошипно-шатунного механізму, можливо вести випробування карданних передач при кутах  $\gamma$  між валами, що періодично змінюються в межах від 0 до 30°, одночасно з цим змінюється і величина телескопування валів.



## **Контрольні питання**

1. Призначення та будова карданних шарнірів.
2. Основні причини і види руйнування хрестовин карданних шарнірів.
3. Будова і принцип роботи стелу для прискорених ресурсних випробувань карданних шарнірів.
4. Режими ресурсних випробувань карданних шарнірів.
5. Будова і принцип роботи стелу для випробувань карданних передач.

## **Список літератури**

1. Анилович В.Я. Надежность машин в задачах и примерах./ В.Я. Анилович, А.С. Гринченко, В.Л. Литвиненко – Харьков: Око, 2001. – 320 с.
2. Гринченко А.С. Механическая надежность мобильных машин: оценка, моделирование, контроль – Х.:Віровець А.П. «Апостроф», 2012. – 259 с.
3. Погорелый Л.В. Испытания сельскохозяйственной техники./ Л.В. Погорелый, В.Я. Анилович – Научно-методические основы оценки и прогнозирования надежности сельскохозяйственных машин. – Феникс, 2004. – 208 с.
4. Армашов Ю.В., Випробування сільськогосподарської техніки на надійність: Навч. посібник / Ю.В. Армашов, П.К. Охмат Дніпропетровськ, 2002.-.219 с.
5. Випробування і сертифікація техніки АПК: Навчальний посібник/ К.І.Шмат, Є.І. Бондарев, О.В.Мігальов та ін. – Херсон: ОПДІ-плюс, 2004. – 268 с.

Навчальне видання

## ВИПРОБУВАННЯ І КОНТРОЛЬ НАДІЙНОСТІ

# ВИПРОБУВАННЯ КАРДАННИХ ШАРНІРІВ ТА ПЕРЕДАЧ

Методичні вказівки

до виконання практичної роботи

Укладачі:

**ІВАНОВ** Володимир Іванович  
**АЛФЬОРОВ** Олексій Ігорович  
**СЛІПЧЕНКО** Максим Володимирович  
**САВЧЕНКО** Володимир Борисович

Формат 60x84\16. Гарнітура Times New Roman  
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.

Ум. друк. арк. 0,5

Наклад 30 пр.

Державний біотехнологічний університет  
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44